

Guzmán

Manual de Criminalística



Ediciones La Rocca

CARLOS A. GUZMÁN

Licenciado en criminalística (UBA). Calígrafo público nacional.
Perito en balística. Comisario (R) de la P.F.A. Ex profesor del
Instituto Universitario de la P.F.A. Miembro de la Asociación de
Egresados de la Academia Nacional del I.B.I.

Manual de criminalística

Investigación en el escenario del delito. Cadáveres enterrados.
Mordeduras en los delitos contra las personas. Huellas dactilares
latentes. Pelos y fibras. Exámenes serológicos. Huellas de calzados
y neumáticos. La prueba documental. *Balística*: armas, sistemas de
puntería, el calibre, munición y cartucho, restos de deflagraciones,
identificaciones balísticas. Huellas de efracción o de herramientas.
Revenidos. Accidentología vial.

Reimpresión



Ediciones La Rocca

BUENOS AIRES

2000

1ª edición: 1997

LA ROCCA
EDICIONES

ab Juan M citiln nira

LA ROCCA
EDICIONES

© 2000. Ediciones LA ROCCA
Talcahuano 467 (C 1013 AAI) Buenos Aires - Argentina
Tel.: (0054-11) 4382-8526
Fax: (0054-11) 4384-5774
e-mail: ed-larocca@sinectis.com.ar
ISBN: 950-9714-93-3
Queda hecho el depósito que previene la ley 11.723
Derechos reservados
Impreso en la Argentina

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, así como tampoco su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y escrito de los titulares del *copyright*. La violación de este derecho hará pasible a los infractores de persecución criminal por incursos en los delitos reprimidos en el artículo 172 del Código Penal argentino y disposiciones de la ley de propiedad intelectual.

PRÓLOGO

La falta de técnica en la iniciación de las investigaciones es una de las causas más frecuentes del fracaso de éstas y, por consiguiente, origen de la impunidad. Siempre hay huellas o rastros que exigen determinados conocimientos para poderlos hallar, recolectar, analizar e interpretar; precisamente en esto radica la utilidad y el valor de métodos de investigación criminal y pruebas forenses, plasmadas en este Manual de criminalística, de Carlos Alberto Guzmán, libro que viene a llenar un vacío de la criminalística argentina, en una época signada por el auge de la alta complejidad de las comunicaciones, la informática y el diagnóstico por imágenes.

Satisface ampliamente las expectativas en la materia: de los alumnos de nivel terciario, para evitar los apuntes irrelevantes o publicaciones extranjeras no adaptables a nuestros sistemas; de las instituciones de seguridad; de los encargados de administración de justicia, en sus distintas especialidades y jerarquías; de los abogados en general, en especial los penalistas; de los licenciados en higiene industrial; de las compañías aseguradoras, para consulta imprescindible en la oficina y biblioteca; de los peritos en general, en especial de los cuerpos técnicos de seguridad de los distintos servicios.

La criminalística nació marcada por la indeterminación de su objeto, áreas de conocimiento, métodos de investigación y relaciones con otras disciplinas.

Fue así primeramente bautizada en 1894 por Hans Gross, en su Manual del juez de instrucción como sistema de criminalística ("Handbuch für Untersuchungsrichter als System der Kriminalis-

tik"). Una aproximación de la disciplina a su verdadero ámbito policial de aplicación la promovió Alongi, con su *Manuale di polizia scientifica* (1897), posteriormente Carrara la denominó *polizia giudiziaria* (1906). Nicéforo introdujo otra denominación: *investigación judicial científica* (1907), que ya había anticipado en el "VI Congreso de Antropología Criminal" de Turin, de 1906. Predominó la denominación de *policía científica*, como en el tratado de Ottolenghi (1910) y en el manual de Reiss (1911), mientras que Constancio Bernardo de Quirós la popularizó en 1908 en su obra *Las nuevas teorías de la criminalidad*. Tiempo después se le fueron dando otras denominaciones, como las de *policía técnica* y *técnica policial* (Locard, *Manual de technique policière*, 1923).

La investigación criminal es una función de policía, no una actividad meramente jurídica, ni menos aun asimilada a la instrucción, como cree la doctrina procesalista. Es una acción que la policía desarrolla en el campo de la técnica investigativa con el auxilio, en caso necesario, de las ciencias físicas y sociales. Forma parte del complejo funcional policial, preventivo-represivo, en estrecha unidad de medios y fines con otras materias, como la de seguridad y de seguridad de Estado, por lo cual su cabal ejercicio requiere el respeto de los principios de unidad funcional, institucional y jurisdiccional. Responde al programa policial-técnico-científico con que se inicia la primera fase del proceso penal, que se desenvuelve paralelamente al mismo y se vuelca en él en la forma de la comprobación legal.

No sólo es interesante este manual por su atractivo contenido, sino que mucho más lo es por la calidad del mismo, el que a pesar de ser tan vasto, ha sido detallado exhaustivamente por su autor.

Nos introduce a él con un revisionismo abarcativo, para comenzar con la tarea más compleja del proceso criminal, como es la investigación en el escenario del delito, que es donde en última instancia quedan plasmadas todas las evidencias visibles o latentes, para después ir desarrollando cada uno de los temas individualmente, como el examen de cadáveres enterrados; las marcas de mordedura en los delitos contra las personas; las huellas dactilares latentes; el estudio completísimo de pelos y fibras; la investigación serológica; el siempre atractivo como importantísimo estudio de las huellas de calzados y de neumáticos; el boom contemporáneo, como lo es el de la prueba documental, en sus distintos aspectos de alta complejidad; la innegable fuerza pericial que imprimen los estudios de balística y de las armas, detallando los sistemas de puntería, el calibre, la munición y

el cartucho, los restos de deflagraciones y las identificaciones balísticas, coronando todo ello con un revisionismo histórico de la identificación de las armas de fuego.

Agrega también las siempre útiles tablas de conversión, equivalencias y coeficientes, que para este tipo de manual son de sumo interés y practicidad.

Desarrolla con singular maestría y soltura literaria, la que también utiliza verbalmente en sus cursos de capacitación y actualización, los temas de investigación de efracción y huellas de herramientas; explica con acabado conocimiento técnico los métodos de revenido; prosigue desarrollando la investigación de sucesos viales y accidentología vial, para terminar con el examen de las pinturas. Da cierre a este manual con una acotada e importante bibliografía especializada.

Realmente, a todos aquellos que alguna vez hemos pertenecido a las fuerzas de seguridad, el autor, con la maestría de su pluma, nos lleva nostálgicamente al pasado —a más de actualizarlos—, y a aquellos que deseen adentrarse en el fascinante mundo de la criminalística, les brinda la única puerta para conocerla, siendo este manual su llave.

Tiene también la curiosa característica de lo estructurado orgánicamente, que siendo un todo comprensible, también lo es en sus partes integrantes, las que son un todo en sí mismas.

Aunque el autor es pariente político de nuestro querido y recordado inspector general (R) Roberto Albarracín (Manual de criminalística, Editorial Policial, 1971), con el que tuve el placer de departir algunas tardes añorando nuestro paso por la institución, no es de ese nexo que se vale para ser reconocido, sino de su paso por la misma durante un lapso de veintiséis años de servicios ininterrumpidos en dependencias del Departamento Scopométrico, la Sección Coordinación Pericial (dependiente de la Dirección General de Pericias), Planimetría y Reconstrucciones Fisonómicas Integrales, la División Medicina Legal y la División Balística de la Policía Federal Argentina, dependencia esta última donde ocupó su jefatura.

La labor desarrollada en lo civil como licenciado en criminalística, como calígrafo público nacional y como técnico scopométrico. Asimismo, como perito de parte en las especialidades balística y caligráfica.

El ser miembro de la Asociación de Egresados de la Academia Nacional del FBI (Federal Bureau of Investigation), de Estados Unidos de Norteamérica.

El perfecto dominio de la lengua inglesa, por haberla estudiado en el Instituto Cambridge de la Argentina, así como el inglés técnico estudiado en la Facultad de Ingeniería de la UBA y la Universidad del Salvador, y el inglés americano, estudiado en la Universidad de Virginia (Washington, EE.UU.).

La labor docente de sus propias especialidades en diferentes áreas de la institución policial.

Este revisionismo curricular del autor, tan sólo de lo más relevante, nos da la pauta de su perfil profesional.

Su perfil altruista lo encuadra en la vocación de servir.

El perito no es quien así se autodesigna o a quien se le revista de tal carácter por simple mandato judicial. No. Es aquel que, merced a su propio valer, a su propia experiencia, puede demostrar, a través de procedimientos técnicos y científicos, la exactitud de lo que afirma, y que, por la discreción, honestidad y delicadeza de sus actos, merece la unánime confianza que en él depositan sus semejantes.

Estas cualidades conforman la personalidad de Carlos Alberto Guzmán, por ello, este Manual de criminalística viene a llenar ese vacío de que hablábamos al principio, de la criminalística argentina, como decíamos, en una época signada por el auge de la alta complejidad de las comunicaciones, la informática y el diagnóstico por imágenes.

FRANCISCO RAMÓN BONARDI

Médico legista - médico psiquiatra
médico del trabajo - presidente del ex
Instituto Médico Legal

Buenos Aires, agosto de 1997

ÍNDICE GENERAL

PRÓLOGO	7
PRINCIPALES ABREVIATURAS	33
INTRODUCCIÓN	35
LA CRIMINALÍSTICA	37

CAPÍTULO PRIMERO EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN EN EL ESCENARIO DEL DELITO

1. El significado de la evidencia física	39
2. Pasos generales para la búsqueda	40
3. Evidencias físicas. Categorías	43
a) Marcas de herramientas (huellas de efracción)	43
b) Impresiones digitales y palmares	43
c) Material orgánico, botánico y zoológico	43
d) Fragmentos vítreos y plásticos	44
e) Pisadas e impresiones	44
f) Pintura	44
g) Prendas de vestir	44
h) Fragmentos de madera	44
i) Polvo	44
j) Cigarrillos, fósforos y cenizas	44
k) Papel	45

l)	Tierra	45
ll)	Fibras	45
m)	Herramientas y armas	45
n)	Grasa y aceite	45
ñ)	Material de construcción y embalaje	45
o)	Documentos	45
p)	Contenedores	45
q)	Fragmentos metálicos	46
r)	Pelo	46
s)	Sangre	46
t)	Material inorgánico y mineral	46
u)	Misceláneas	46
4.	Fundamentos, principios y teoría de la fotografía en el escenario del delito y en la documentación de evidencias	46
5.	La fotografía: su aplicación técnica	50
a)	Vista general	51
b)	Vista en detalle	51
c)	Fotografías de aproximación y macrofotografía	52
d)	Fotografía color	52
6.	La fotografía métrica	52
a)	Método comparativo	52
	Método de las tiras	53
b)	Método por cálculo directo	56
c)	Aplicación de las leyes de la perspectiva	57
	1. Línea de horizonte	58
	2. Punto de vista	58
	3. Líneas de fuga	61
	4. Dirección de las líneas de fuga	62
	5. Dos puntos de vista	62
	6. Trazado de profundidad	62
	7. Referencias	63
	8. Alto y ancho	63
7.	La planimetría y su aplicación en la escena del delito	66
a)	Elementos	67
	1. Plantillas	67
	2. Letras	67
	3. Escalímetros	68
	4. Papel milimetrado	68
b)	Trabajos planimétricos más frecuentes	68
	1. De la localidad o zona	68

2. De la finca	68
3. De detalle	68
4. Sistemas de levantamiento	69
I. Plano horizontal o vista en planta	69
II. Vertical o vista en corte	69
III. Paredes rebatidas	69
IV. Perspectiva	69
Elementos fundamentales del plano	69
—Numérica	70
—Gráfica	71

CAPÍTULO II CADÁVERES ENTERRADOS

.....	75
1. Preplanificación	75
2. Descubrimiento	76
3. Excavación	80
4. El cadáver	82
5. La búsqueda de un cuerpo enterrado	83

CAPÍTULO III MARCAS DE MORDEDURAS EN LOS DELITOS CONTRA LAS PERSONAS

.....	87
1. Reconocimiento, investigación y examen	87
2. Fotografiado preliminar	88
3. Limpieza de las zonas afectadas	88
4. Fotografías finales	90
5. Levantamiento de las impresiones por mordedura	91

CAPÍTULO VI HUELLAS DACTILARES LATENTES

1. Introducción	93
2. ¿Qué es una huella dactilar latente?	94

3. El examen en el lugar del hecho	95
4. Métodos para revelar huellas latentes	96
a) Polvos	96
b) Empolvado de huellas digitales latentes	98
c) Fotografiado de la huella	99
d) Levantamiento de la huella latente revelada	99
e) Revelado químico de huellas dactilares latentes	100
5. Detección de huellas latentes mediante el uso del láser	105

CAPÍTULO V PELOS Y FIBRAS

1. Pelos	109
a) Bioquímica de los pelos	111
b) Estudio microscópico de los pelos	111
c) Tinción y moldeado	114
d) Anomalías debidas a enfermedades nodulares del pelo ..	115
1. Tricorrexis nudosa	115
2. Tricoptilosis	115
3. Triconodosis	116
4. Cabellos de Baynet	116
5. Monilethrix	116
e) Anomalías en caso de alopecia	117
1. Cabellos caducos	117
2. Cabellos en signo de exclamación	117
3. Cabellos cadáveres	117
f) Anomalías que toman la forma de una distrofia generalizada que afecta a todas las pilosidades del cuerpo	117
g) Cabellos anillados	118
h) Infecciones debidas a parásitos del pelo o del cabello y del folículo	118
2. Fibras	118
a) Las fibras y el medio	121
b) Propiedades ópticas de las fibras textiles	122
c) Características microscópicas que pueden exhibir las fibras textiles	122
d) Valor del examen de las fibras	123

CAPÍTULO VI EXÁMENES SEROLÓGICOS

.....	125
1. La sangre	125
2. Interpretación geométrica de las manchas de sangre	126
a) Leyes de la física respecto de los fluidos	127
b) Distancia y dirección	128
c) Gotas secundarias y ángulo de impacto	128
d) Documentación	130
e) Examen de las ropas	132
3. El semen	132
4. La saliva	132
5. La orina	133
6. Condición de secretores y no secretores	133
7. Limitaciones en los ensayos de agrupamientos de manchas de semen y saliva	133
8. Algunas consideraciones sobre el "ADN"	134

CAPÍTULO VII HUELLAS DE CALZADOS Y NEUMÁTICOS

1. Introducción	139
2. Huellas en arcilla o en tierra arcillosa	140
3. Huellas en la arena o superficies polvorientas	141
4. Huellas en la nieve	142
5. Moldes confeccionadas con yeso	143
a) Cómo llevar a cabo el molde	144
b) Huellas de neumáticos	145

CAPÍTULO VIII LA PRUEBA DOCUMENTAL

1. Aspectos teóricos del examen e identificación de manuscritos	147
2. Examen de escrituras: algunos conceptos básicos	148

3. Examen de escrituras. Principios de la no identificación	151
4. Exámenes de falsificaciones	152
5. Técnicas comunes de desfiguración	155
6. Fuentes para acopio de escrituras o firmas indubitadas ...	156
7. Falsificación mediante calcado	157
Elementos de delación	158
8. El material impreso como evidencia	159
a) Tipografía	160
b) Talla dulce	160
c) Heliogravado	161
d) Litografía	161
e) "Offset"	163
f) Flexilografía	163
g) Impresión tipo plena (entallada)	163
h) Termografía	164
i) Distinción de procedimientos de impresión	164
1. Examen del seco	165
2. Examen de los filetes	165
3. Examen del texto	165
4. Examen de las ilustraciones	165
j) Reprografía	166
1. Reprografía en blanco y negro	167
2. Diazocopia	167
3. Termocopia	167
I. Termocopia directa	167
II. Termocopia indirecta	168
4. Copia electrostática (o xerografía)	168
I. Copiadoras electrostáticas por reporte	168
II. Copiadoras electrostáticas directas	169
5. Reprografía en color	169
I. Fotocopiadoras por transferencia	169
II. Fotocopiadoras directas	170
9. La fotocopia como elemento dubitado o cuestionado	170
El examen de un documento a través de su fotocopia	173
10. El papel como evidencia	174
Papel inflamable	176
11. La tinta	177
a) Generalidades	177
b) Tintas a base de componentes naturales	177
c) Tintas a base de componentes sintéticos	177

d)	Diferentes tipos de tintas	178
1.	Tintas corrientes	178
I.	Tintas para estilográficas	178
II.	Tintas para estilográficas con punta de fibra ...	178
III.	Tintas chinas	178
IV.	Tintas para tampones	179
V.	Tintas para bolígrafos	179
VI.	Tintas para cintas de máquinas de escribir	179
2.	Tintas especiales	180
e)	Reacciones tinta-papel	180
f)	Estudio físico-químico de las tintas	181
1.	Métodos ópticos	181
I.	Acción de las radiaciones ultravioletas	182
II.	Acción de las radiaciones infrarrojas	183
i)	Examen comparativo de las tintas	183
ii)	Revelado de los textos enmendados	184
III.	Acción de la luz visible	184
2.	Métodos analíticos	185
I.	Microrreacciones (o spots-tests)	185
II.	Cromatografía	186
III.	Electroforesis	189
g)	Identificación de las tintas	189
h)	Edad de las tintas	191
1.	Fecha de la tinta en sí	191
I.	Con respecto al período de fabricación de la tinta	191
II.	Con respecto al envejecimiento de la tinta	191
2.	Fecha relativa de dos tintas	192
12.	Clasificación e identificación de escritos mecanográficos dubitados	193
a)	Clasificación	194
b)	Identificación	194
13.	Análisis de escrituras mecanográficas	199
a)	El paso mecánico	200
b)	Características de los diferentes tipos de máquinas	201
c)	Determinación de la marca de una máquina convencional autora de un escrito	201
d)	Identificación de una máquina de escribir convencional	201
1)	Defectos de los tipos	203
2)	Defecto de interlineado	204

3. Moción	204
e) El cuerpo de escritura	204
f) Tiempos de ejecución	205
g) La identificación del dactilógrafo	205
h) Identificación de tipo de máquina de escribir de espacios proporcionales	206
i) Máquinas a esfera	207
1. Identificación de la máquina	208
2. Identificación del dactilógrafo	209
3. Determinación de tiempos de ejecución	209
j) Las máquinas de escribir electrónicas marca "Olivetti" ..	209
1. Características identificativas	210
I. Estampación incompleta de caracteres (si se trata de cinta de polietileno) o entintado irregular de la impresión (cinta de nylon)	210
II. Las interlíneas son irregulares	210
III. La corrección no queda centrada con el carácter impostado	210
IV. Los caracteres imprimen defectuosamente su parte superior o inferior	211
V. Los caracteres imprimen defectuosamente sus laterales izquierdos o derechos	211
VI. La calidad de la escritura no es uniforme y en forma de banda se extiende a lo largo de todo el texto en sentido vertical	211
VII. El presionado del estampado es irregular	211
14. Los sellos de goma y sus impresiones como evidencia	211
15. Adulteración de documentos manuscritos	214
16. Adulteración y falsificación de documentos de identidad, billetes de banco, etcétera	215
a) Instrumental técnico necesario	215
b) Medidas comunes de seguridad	215
1. Caracteres magnéticos	215
2. Grabado ciego o en seco	216
3. Fibras	216
4. Fibras fluorescentes	216
5. Holograma	216
6. Tinta fluorescente	216
7. Ornamentaciones (Guilloche)	216
8. Patrón geométrico	216

9. Tinta fugitiva	216
10. Ojales de metal	216
11. Fondo de impresión (subtinte)	216
12. Impresión tipo plena	217
13. Imagen latente en impresión tipo plena (calco- grafía)	217
14. Laminado	217
15. Cinta de seguridad	217
16. Citocromía	217
17. Impresión tipográfica	217
18. Números perforados	217
19. Muestras de marcación ("planchettes")	217
20. Imagen retrorreflexiva	218
21. Impresión simultánea	218
22. Indicia confusa	218
23. Sello de agua	218
24. Encuadernación o costura	218
c) Tipos de adulteraciones más frecuentes	219
1. Sustitución de la fotografía	219
2. Sustitución de páginas	219
3. Alteración manual	219
4. Borrado mecánico o químico	219
5. Alteración completa por pegado	219
17. Identificación de cifras numéricas manuscritas	220
a) Forma	220
b) Calidad de la letra	222
c) Variantes	223
d) Examen de las diez cifras	224
1. El uno	224
2. El dos	224
3. El tres	225
4. El cuatro	225
5. El cinco	225
6. El seis	226
7. El siete	226
8. El ocho	226
9. El nueve	227
10. El cero	227
e) Observaciones especiales	227
f) Letra disimulada	228

g) Conclusiones	228
18. Peritajes sobre escrituras en copia carbónica	229

CAPÍTULO IX BALÍSTICA

1. Concepto	231
2. Balística interior	232
a) Accionamiento del disparador y percusión	235
b) Ignición	236
c) Recorrido del proyectil en el ánima	237
3. Balística exterior	238
a) Densidad seccional	240
b) Coeficiente balístico	240
c) Estampido de boca y de proyectil	241
d) Influencias atmosféricas	243
e) Influencia de la luz del sol	243
f) Rendimiento de tiro	244
g) Trayectoria del proyectil en el vacío y en el aire	246
h) Estabilidad del proyectil	248
i) Comportamiento de los proyectiles para cartuchos de escopeta	249
j) Desvío por movimiento giratorio	251
k) Resistencia del aire	251
l) Giro sobre el eje transversal	252
m) Desviación lateral respecto de la línea regular de vuelo	252
n) Alcance del proyectil	252
ñ) Caída del proyectil	254
o) Pérdida de energía	255
p) Proyectiles en caída libre	255
q) Trayectoria	256
r) Movimientos horizontales y verticales	259
s) Las ecuaciones de la balística exterior	259
t) Métodos de medición de la velocidad de un proyectil ..	261
1. Péndulo balístico	261
2. Cronógrafo balístico	262
4. Balística de efecto	264
a) Blancos sin vida	267

b)	Formación de orificios de bala en láminas de acero	268
c)	Energía de impacto	269
d)	Huella del proyectil	270
e)	El canal de la herida	271
f)	La fórmula de Hatcher sobre el poder de detención relativo	273
g)	El así llamado poder de detención ("stopping power") ...	274
h)	El criterio de la baja	277
i)	Pérdida de energía	278
j)	Volumen de la cavidad temporaria	279
k)	La anomalía de la penetración	279
l)	Cálculo de la penetración del proyectil (Cranz, 1921) ...	280
m)	Los cartuchos "Magnum"	283
n)	Experiencia médica práctica con heridas producidas por armas de fuego	284
ñ)	El rebote	289
o)	Disparos indirectos	291
p)	La deformación de los proyectiles	292
q)	Deformación paradójica	295
r)	Experimentos biomédicos y velocidad del proyectil	295
s)	Efectividad de la herida	297
5.	Impacto de proyectiles en vidrio	298
a)	Materias primas	299
b)	Función de cada componente	299
c)	Algunas aplicaciones especiales del vidrio plano	300
1.	Control térmico	300
2.	Doble vidriado hermético	300
3.	Aislación acústica	300
4.	Seguridad	301
I.	Templados	302
II.	Laminosos	302
5.	Vidrios antibala	302
6.	Vidrio armado: seguridad contra incendios	303
d)	Consideraciones técnicas sobre la problemática de rotura de vidrios	303
1.	Orden de ocurrencia de un impacto, una pedrada o una fractura	312
2.	Cristales astillados o reventados	312
6.	Determinación de trayectorias de proyectiles disparados con armas de fuego en zonas urbanas	316

a)	Definiciones	317
1.	Trayectoria	317
2.	Ángulo de tiro	317
3.	Ángulo de incidencia	317
4.	Ángulo de penetración	317
b)	La utilización del láser y otros métodos convencionales	318
c)	Impactos de bala en vehículos	322
d)	Impactos de bala sobre las personas	322
e)	Impactos de bala que no producen perforaciones	325

CAPÍTULO X

A R M A S

1.	Definición	329
2.	Armas blancas	329
3.	Armas de proyección	330
4.	Armas arrojadizas	330
5.	Armas de fuego	330
a)	Armas de lanzamiento	330
b)	Arma portátil	330
c)	Arma no portátil	331
d)	Arma de puño o corta	331
e)	Arma de hombro o larga	331
f)	Arma de carga tiro a tiro	331
g)	Arma de repetición	331
h)	Arma semiautomática	331
i)	Arma automática	331
j)	Fusil	332
k)	Carabina	332
l)	Escopeta	332
m)	Fusil de caza	332
n)	Pistolón de caza	332
ñ)	Pistola	332
o)	Pistola ametralladora	332
p)	Revólver	333
6.	Armas de acción neumática o de gas carbónico	333
7.	Consideraciones técnicas sobre las armas más usuales	333
a)	El revólver	333

b) La pistola	339
c) La escopeta	340
1. De carga manual (tiro a tiro)	345
2. De repetición	345
3. Semiautomática	345
I. El dispositivo de "polichoke" y su utilización ..	345
II. Los disparadores	346
III. Extractores y expulsores	349
IV. La banda y el guión	349
d) El pistolón	349
e) La pistola ametralladora	350
f) Pistolas, rifles y carabinas de acción neumática o de gas comprimido	350
8. Condiciones de funcionamiento y aptitud para el tiro de un arma de fuego. Su determinación	354
9. Aptitud para el tiro de cartuchos. Su determinación	356
10. Celosidad. Fuerza de tracción necesaria para producir el disparo	356
11. Disparos normales, accidentales o involuntarios	358

CAPÍTULO XI SISTEMAS DE PUNTERÍA

.....	363
1. El "diopter"	367
2. El túnel	367
3. Las miras telescópicas	369
4. Oclusión ocular	369
5. Optrónicos: rayos infrarrojos e intensificadores de imagen	372
6. Emisores láser	373

CAPÍTULO XII EL CALIBRE

1. El calibre de las armas de fuego con ánima rayada y ánima lisa	375
a) Ánima cilíndrica	377
b) Ánima cónica	377

c)	Peso absoluto de la bala	383
d)	Peso relativo de la bala	383
e)	Dimensión diametral del ánima	386
1.	Designación milimétrica	387
2.	Designación en pulgadas decimales	388
3.	Designaciones multidimensionales	390
4.	Designaciones mixtas y complejas	395
2.	Determinación del calibre y marca del arma empleada sobre la base del proyectil objeto de estudio	401
a)	Determinación del calibre del arma empleada	402
b)	Determinación de la marca del arma empleada	405
3.	Determinación del calibre y marca del arma empleada sobre la base de la vaina objeto de estudio	407
a)	Determinación del calibre del arma utilizada	408
b)	Determinación de la marca del arma empleada	408

CAPÍTULO XIII MUNICIÓN Y CARTUCHO

1.	Munición	417
2.	Cartucho	417
a)	Cartuchos de fuego anular	420
b)	Cartuchos de fuego central	420
c)	Cartuchos de fuego anular para armas cortas	420
d)	Cartuchos de fuego central para armas cortas	427
e)	Cartuchos semimetálicos para escopeta	427
1.	Calibre 12	428
2.	Calibre 20	429
3.	Calibre .410	429
4.	Referencias de interés	430
f)	Importancia de los perdigones	433
1.	Perdigones comunes	434
2.	Perdigones endurecidos	434
3.	Perdigones cobreados	435
4.	Tamaño de los perdigones	435
5.	¿Por qué se deforma el perdigón?	436
g)	Las balas de escopeta	437
h)	Los cartuchos de postas	440

i)	Accesorios para cartuchos de escopeta	442
1.	Tacos	442
2.	Elementos que aumentan o disminuyen la concentración de los perdigones	443
3.	La vaina	445
a)	Mecánica del funcionamiento de un disparo	445
b)	Métodos de fabricación	446
c)	Recordatorio histórico	448
d)	Características de construcción	450
e)	"Headspace"	460
f)	El fulminante	461
4.	Balas o proyectiles	462
a)	Cabeza, punta u ojiva	464
b)	Cuerpo	464
c)	Base o culote	465
d)	Estructura	465
e)	Materiales utilizados y blindaje	466
f)	Calibre	467
g)	Inscripciones	468
h)	Fabricación	469
i)	Tipos de balas	470
1.	Comunes	470
2.	Especiales	470
1.	Para armas con cañón de ánima rayada	470
i)	De punta expansiva	470
ii)	De blindaje perforado	471
iii)	Punta perforada	471
iv)	Punta hueca	471
v)	Punta blanda	471
vi)	Punta blindada expansiva	472
vii)	Punta perforada ocupada por una cuña ..	472
viii)	Perforantes	472
ix)	Trazadores	473
x)	Incendarios	474
xi)	Explosivos	474
xii)	Perforantes trazadores	474
xiii)	Perforantes incendiarios	475
xiv)	Trazadores, perforantes e incendiarios ..	475
xv)	De fragmentación	475
xvi)	De reglaje	475

xvii) Múltiples	476
xviii) Para desarrollar altas velocidades	476
xix) Para el tiro a distancias reducidas	477
xx) Para cartuchos de ejercicio	477
xxi) Para cartuchos de fogueo o de salva	478
II. Para armas con cañón de ánima lisa	478

CAPÍTULO XIV

RESTOS DE DEFLAGRACIONES

1. Interrogantes periciales más frecuentes que se vinculan con la deflagración de la pólvora originada por el disparo de un arma de fuego	483
a) Pólvora negra	484
b) Pólvora sin humo	485
2. Investigación de restos de deflagración de pólvora (carga impulsora) y detonantes (carga fulminante)	485
a) Detalles importantes	487
b) Conclusiones	488
3. Distribución espacial de los residuos de pólvora depositados en una superficie. Determinación de la distancia de disparo	489
a) Factores que afectan los residuos de pólvora	490
b) Algunas consideraciones sobre la longitud del cañón ..	493
c) Influencia de la pólvora propulsora en los residuos	494
d) Conclusiones	495
e) Examen microscópico de la evidencia	497
4. Restos de deflagración de pólvora en el cañón o ánima del arma, y tiempo de disparo	498
a) Investigación de sustancias oxidantes	500
b) Investigación de nitritos	500
c) Investigación de óxido de hierro	500
5. Análisis de las huellas dejadas por cartuchos de munición múltiple, disparados con escopetas	500

CAPÍTULO XV

IDENTIFICACIONES BALÍSTICAS

1. Personalidad del arma de fuego	505
a) Importancia del estriado para la identificación de proyectiles	506
b) Evolución de las técnicas de confección del rayado del cañón	507
2. Identificación de proyectiles	514
a) Huellas en sus superficies	514
b) Proyectiles testigos	518
c) Procedimientos para la obtención de proyectiles testigos	520
d) Métodos de comparación	521
El microscopio de comparación	525
e) Marcas adicionales y objetos adheridos o pegados a proyectiles	529
f) Características de clase	530
g) Observaciones generales relativas a los proyectiles (balas disparadas)	530
3. Identificación de vainas servidas y cartuchos percutidos sin estallar	532
a) Huellas de percusión en cartuchos de fuego anular	533
b) Huellas de percusión en cartuchos de fuego central	539
1. Huellas de espaldón	540
2. Huellas de extractor	541
3. Huellas de botador	543
4. Otras marcas o huellas	543

CAPÍTULO XVI

HUELLAS DE EFRACCIÓN O DE HERRAMIENTAS

Examen de las huellas	545
a) El examen	545
b) La madera como evidencia	549
1. Identificación de la madera	550

2. Características individualizadoras	550
3. Posibilidades investigativas	550
4. Examen de laboratorio	551
c) Síntesis del tema tratado	554

CAPÍTULO XVII REVENIDOS

.....	557
1. Métodos frecuentes para realizar marcaciones seriales	559
a) Por vaciado	559
b) Por pintado	559
c) Por grabado mecánico	559
d) Por escritura con metal fundido	559
e) Por grabado eléctrico	560
f) Por grabado químico	560
g) Por estampado en láminas metálicas que se adosan al objeto mediante tornillos o remaches	560
h) Por estampado mediante cuños metálicos aplicados por percusión	560
2. Métodos utilizados para la eliminación de marcas seria- les	561
a) Pulido	561
b) Lijado	561
c) Punteado eléctrico	561
d) Soldadura	561
e) Corrección por adición	561
3. Métodos de revenido	562
4. Revenido de inscripciones en materiales no metálicos	562
a) Sobre elementos de material plástico	562
b) Sobre madera	562
c) Sobre objetos de cuero	563

CAPÍTULO XVIII
INVESTIGACIÓN DE SUCESOS VIALES.
ACCIDENTOLOGÍA VIAL

.....	565
1. Accidentología vial	565
a) El hombre y el conocimiento	566
b) El hombre y el estado físico	566
c) El hombre y el estado psíquico	566
d) El vehículo	567
1. De seguridad activa	567
2. De seguridad pasiva	567
e) El camino	567
f) El factor humano	568
1. La personalidad	568
2. La motivación	568
3. La actitud	568
4. La emoción	568
g) El factor psicológico: distracciones, intoxicaciones, al- cohol, monóxido de carbono, fatiga o cansancio	569
1. Límites de alcoholemia reconocidos	569
2. Monóxido de carbono	570
3. Fatiga o cansancio	570
h) Accidentes por imprevistos (enfermedades)	570
1. Dolencias cardíacas	570
2. La epilepsia	571
3. La diabetes	571
i) Cinturones de seguridad	571
j) Falta de visibilidad	572
k) Encandilamiento	572
l) Condiciones meteorológicas - visibilidad reducida	572
ll) La niebla y el humo	573
m) La lluvia y la nieve	573
n) Señalización	573
2. La velocidad como causa de accidente	573
3. Tiempo y distancia de parada	574
4. Reacciones del conductor	575
a) Reacción refleja	577

b)	Reacción simple	577
c)	Reacción compleja	577
d)	Reacción discriminatoria	577
5.	Calles en mal estado	577
6.	Reglamentación de tránsito	578
7.	Nociones sobre principios de funcionamiento de los sistemas de dirección y frenos	578
a)	Dirección	578
b)	Frenos	580
8.	Vidrios de seguridad para vehículos	581
a)	Rotura del parabrisas	581
b)	Vidrios de seguridad	582
1.	Vidrio templado	582
2.	Vidrio laminado	583
9.	Neumáticos	583
a)	La seguridad intrínseca	584
b)	La correlación vehículo-neumático-conductor	584
c)	Mantenimiento y estado de conservación	585
d)	Desgaste de neumáticos	586
1.	Delanteros	586
2.	Traseros	586
e)	Factor de adherencia	586
f)	Marcas de neumáticos	587
g)	Marcas y huellas de deslizamiento	589
10.	El tacógrafo	589
11.	Señalamiento	590
a)	Señales de reglamentación	590
b)	Señales de prevención	590
c)	Señales de información	590
12.	Demarcación horizontal	590
a)	Eje divisorio	590
b)	Línea de carril	591
c)	Flechas	591
d)	Línea de borde	591
e)	Línea de pare	591
f)	Senda peatonal	591
g)	Línea canalizadora	591
h)	Cocheras	592
13.	Marcas en el pavimento	592
a)	Línea longitudinal discontinua	592

b)	Línea longitudinal continua	592
c)	Líneas longitudinales dobles	592
d)	Senda peatonal	592
e)	Flechas de guía	592
f)	Señalamiento en curvas	592
g)	Líneas oblicuas	593
h)	Cruce ferroviario	593
14.	Otras demarcaciones horizontales	593
a)	Acceso a garaje	593
b)	Sector de paradas	593
c)	Paso a nivel	593
d)	Letras y números	593
e)	Isletas	593
f)	Cordones	594
15.	Reconstrucción de accidentes	594
a)	Descartadas por erróneas	595
b)	Posibles	595
c)	Probables	596
d)	Ciertas	596
16.	El peritaje mecánico	596
17.	El peritaje físico-matemático	597
18.	Datos conocidos y necesarios en la reconstrucción de accidentes	598
19.	Interrogantes periciales más frecuentes	599
20.	Elemento humano mínimo e indispensable para la labor pericial	599
21.	Importancia del estudio de las lámparas o bombillas en caso de accidentes de tránsito	600
a)	La lámpara nueva	600
b)	La lámpara de incandescencia de uso normal	605
c)	La lámpara de incandescencia bajo el efecto de los choques (accidentes)	605
1.	Se rompe o se casca el bulbo de cristal de la bombilla	606
2.	El bulbo de cristal está intacto (ninguna fisura ni rotura)	607
d)	Algunas consideraciones complementarias	608
e)	Conclusiones	610
f)	Reseña que permite resolver los casos sencillos	610
g)	Recomendaciones a tener en cuenta durante la inter- vención con bombillas de incandescencia	610

22. El examen del velocímetro, un auxiliar en la investigación de accidentes	611
23. La importancia de los rastros de pintura en el peritaje de los accidentes de tránsito	613
24. Fórmulas físico-matemáticas aplicables	613

CAPÍTULO XIX

EXAMEN DE PINTURAS

.....	615
1. Componentes	615
a) Excipientes	615
b) Pigmentos y sustancias colorantes	616
c) Tinturas	616
d) Disolventes	616
2. Pruebas microscópicas	616
3. Instrumental	617
a) El espectrofotómetro	617
b) El espectrógrafo	618
c) Rayos X	618
 BIBLIOGRAFÍA	 619

PRINCIPALES ABREVIATURAS

ap./s	apartado/s
art./s	artículo/s
B.O.	Boletín Oficial
cap.	capítulo
cols.	colaboradores
decr.	decreto
decr.-ley	decreto ley
decr.-reg.	decreto reglamentario
D.G.F.M.	Dirección General de Fabricaciones Militares
etc.	etcétera
inc./s	inciso/s
nº	número
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
p./s	página/s
sec.	sección
t.	tomo
vol.	volumen

INTRODUCCIÓN

Cuando tomamos la decisión de encarar esta obra, surgió en nosotros el temor de que todo lo que en ella plasmáramos fuese penosamente imperfecto. Como los temores inmovilizan, los apartamos de nuestra mente y pensamos en aquellos a quienes iba dirigida, pretendiendo satisfacer la acuciosa expectativa de vastos sectores interesados en la materia, generalmente existente en publicaciones extranjeras no adaptadas a nuestro sistema.

La administración de justicia, dada su creciente complejidad en el mundo moderno, no puede escapar a la evolución de las ciencias humanas y a la de las diversas funciones sociales que se hacen cada vez más exigentes en lo que respecta a la calidad y el valor de los criterios que las determinan. Persiguiendo la verdad y la equidad más rigurosas, se ha visto obligada a requerir el auxilio de datos cada vez más objetivos y de medios de prueba más indiscutibles.

La indisoluble relación entre la ciencia y la técnica, hacen imposible la no especialización. Surge así la figura del perito y su objeto, como aporte objetivo, concreto y permanente, en un profundo compromiso con la verdad. Ya nadie discute la primacía de la prueba indiciaria que se desprende de los signos materiales de la actividad criminal, debidamente interpretada por un experto, contrariamente a lo que ocurre con el valor relativo de los testimonios y con los artificios engañosos de la confesión.

Si bien la criminalística ha ensanchado su campo con las múltiples posibilidades de aplicación de los datos científicos a los diversos problemas planteados por las investigaciones judiciales, hemos

tratado en nuestra labor de respetar la autonomía indiscutible de la medicina legal, la toxicología y la criminología, impuesta por la verdad histórica y la lógica.

Este libro representa para nosotros la concreción del deseo de pasar a otros la experiencia y el caudal de material acumulados durante largos años de trabajo ininterrumpido como auxiliares de la justicia, con la esperanza de que lo encuentren útil. Hemos tratado de ser prácticos, ágiles, profundizando o no ciertos temas de acuerdo con las necesidades concretas y actuales, sin ignorar los avances tecnológicos puestos en práctica o en etapa de desarrollo, que sirven y servirán, respectivamente, de ayuda en el quehacer pericial.

Nos dirigimos entonces al perito ávido de material de consulta unificado, al magistrado, al jurista, y a todo aquel que de una u otra manera necesite plantear interrogantes periciales y conocer el rigor científico de sus respuestas.

Agradecemos a quienes nos motivaron e incentivaron, y dedicamos este esfuerzo personal a los que, junto a nosotros, lucharon denodada e incondicionalmente por el bienestar de la sociedad, a través de una honesta labor técnica con innumerables variantes, en búsqueda de la justa verdad.

EL AUTOR

Buenos Aires, agosto de 1997

LA CRIMINALÍSTICA

En el área de la investigación criminal, la ciencia multidisciplinaria denominada criminalística ha emergido como una importante fuerza que tiene impacto en prácticamente todos los elementos del sistema judicial criminal. La misma ha sido definida como "la profesión y disciplina científica dirigida al reconocimiento, individualización y evaluación de la evidencia física, mediante la aplicación de las ciencias naturales, en cuestiones legales".

Las raíces de esta profesión se remontan al siglo XIX, pero sólo en los últimos tiempos ha atraído la atención de proyectistas e investigadores del derecho procesal penal. En el pasado, el interés mayor sobre tales técnicas científicas usualmente lo generaban acontecimientos que conmovían al público y a la prensa, y que los técnicos o especialistas eran incapaces de resolver. En la actualidad, el alto grado de profesionalismo y el desarrollo de cada vez más refinados métodos y técnicas, han estimulado la acrecencia y el interés vinculados con la materia.

Esta ciencia única ha sido retratada en la literatura como una entidad que puede suministrar información objetiva, de otra manera inalcanzable, para el investigador y para el sistema judicial, a través del examen de la evidencia física.

Sus objetivos son similares a los de las ciencias naturales, vale decir, entre otros, dedicarse a la búsqueda de la verdad a través de la aplicación del método científico, a diferencia de la subjetividad del testimonio que está más abierto a la especulación.

Obviando toda mención biográfica y/o anecdótica, vinculada

con los predecesores teóricos y técnicos que a través de los años fueron estructurando la temática que se abordará en el presente libro, debido a que la literatura existente al respecto es bastante amplia y explícita, digamos para concluir que esta ciencia criminalística es de la más rancia estirpe policial y se ocupa de reconstruir la historia de un hecho pretérito, a través de los vestigios materiales que deja en su accionar el delincuente. A estos vestigios se los ha dado en llamar *testigos silenciosos o mudos*; ellos, debida y rigurosamente analizados e interpretados, garantizarán al hombre sus derechos más preciados: la vida y la libertad.

CAPÍTULO PRIMERO

EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN EN EL ESCENARIO DEL DELITO

1. *EL SIGNIFICADO DE LA EVIDENCIA FÍSICA*

Cuando se exploran los objetivos principales de la investigación en el escenario del delito, las áreas de importancia pueden resumirse de la siguiente manera: colección o acopio de la evidencia física, reconstrucción del hecho, identificación y eslabonamiento del sujeto con el escenario del suceso y establecimiento de la causa probable de arresto. En la persecución de tales objetivos, el área policial encargada de la colección, preservación y documentación de la evidencia, así como de la investigación en el lugar del hecho, ha descubierto en ello un *arte*.

Con el propósito de desarrollar una comprensión del rol prominente que juega la evidencia física en el entorno legal contemporáneo, una evolución perspectiva es una necesidad. Básicamente hay tres caminos principales, disponibles para coadyuvar en la solución de un hecho: confesión del sujeto, manifestaciones de una víctima o testigos, y la información obtenida a través de la evidencia física.

Dejando de lado los aspectos jurídicos involucrados con la confesión y siguiendo con el orden antes establecido, digamos que los dichos de testigos pueden ser no dignos de confianza, dependiendo ello de la persona que ha presenciado un delito y las condiciones físicas que rodearon su visión del mismo. La evidencia física, final-

mente, es normalmente inanimada y provee realidades o hechos imparciales; se ha dicho repetidas veces que constituye el testigo mudo del evento. Si se la utiliza con eficacia puede superar una serie de afirmaciones conflictivas y confusas ofrecidas por testigos que observaron el mismo incidente al mismo tiempo.

El suministro potencial que brinda la evidencia física guarda relación directa con la actitud de aquéllos encargados de obtenerla. La actitud más benéfica y constructiva es aquella que enfatiza que su detección siempre será lograda cuando el tiempo y el esfuerzo sean utilizados de una manera metódica. Nada estará excluido de consideración y la búsqueda no terminará hasta que se esté completamente seguro de que todas las posibilidades han sido exploradas.

De igual valor al desarrollo de las adecuadas actitudes será el control de la emoción. Las influencias emocionales que puedan existir deben ser reconocidas y controladas, en orden a que la búsqueda sea organizada y metódica.

2. PASOS GENERALES PARA LA BÚSQUEDA

El siguiente listado intenta ser *alimento para el pensamiento* antes que la imposición de un sistema inalterable y contiene los pasos lógicos a seguir para lograr con el menor margen de error, la detección, documentación y secuestro adecuado de la evidencia física:

- a) acceso al lugar;
- b) aseguramiento y protección del mismo;
- c) inspección preliminar;
- d) descripción narrativa;
- e) fotografiado;
- f) relevamiento planimétrico;
- g) evaluación de la evidencia en forma de impresiones dactilares latentes;
- h) evaluación de la evidencia física;
- i) búsqueda detallada;
- j) recolección, registro, señalización y preservación de la evidencia;
- k) investigación final para asegurar que el estado del escenario del hecho ha sido documentado tan completamente como fuera posible;

l) abandono del lugar.

Para evitar la contaminación del lugar y ganar la posibilidad mayor de documentar la condición original del escenario, todo el personal interviniente debe hacer el máximo esfuerzo para asegurarlo y protegerlo. Tal esfuerzo requiere atención continua y no puede ser exitoso si se emplea una forma de acceso fortuita. Es necesario pensar en los conceptos *asegurar* y *proteger* como dos deberes separados pero interrelacionados; antes de que el área completa pueda estar realmente protegida, debe primero estar adecuadamente asegurada. Esto último necesitará que en principio se fije el perímetro del escenario, luego de lo cual todos los esfuerzos posibles estarán dirigidos a prevenir la alteración de las condiciones originales. En tal sentido, el control sobre todas las personas que puedan ingresar tiene extrema significación.

La inspección preliminar es el paso de la investigación donde se desarrollan los fundamentos básicos de administración, organización y logística, para satisfacer las necesidades de un escenario en particular. Los propósitos específicos más significativos de la inspección son:

- a) establecer control administrativo y emocional;
- b) delinear la extensión del área de búsqueda;
- c) organizar los métodos y procedimientos que se necesiten;
- d) determinar las necesidades de potencial humano y equipos;
- e) desarrollar una teoría general del delito;
- f) identificar y proteger la evidencia en tránsito;
- g) preparar una descripción narrativa de la escena.

Con el propósito de cumplir con estos pasos, la inspección preliminar comienza cuando se toma conciencia de que el lugar ha sido totalmente asegurado y protegido. Se emprenderá luego una recorrida como para tener una sólida comprensión del lugar, incluyendo la existencia y ubicación de detalles sencillamente observables y de posible valor como evidencia, sumándose a ello los elementos que fácilmente puedan sufrir cambios (por ejemplo: condiciones climatológicas y de iluminación). Es importante que esta recorrida sea efectuada por la menor cantidad posible de personas, con el objeto de operar de manera coordinada.

En términos de conducción exitosa, la inspección preliminar es el paso más importante, ya que promueve un plan organizado de acción y evita la actividad física impensada que destruiría la evidencia pertinente.

La descripción narrativa se prepara durante los escalones preliminares de la inspección. Esencialmente, esta descripción es una forma de documentar la escena tal como fue encontrada, no debe ser confundida con la utilización de bosquejos (croquis), fotografías y anotaciones detalladas, los que sí se llevan a cabo más tarde. Normalmente no posee la precisión desarrollada en la búsqueda real y está limitada al resultado de la fácil observación visual.

Esta descripción puede prepararse de tres maneras diferentes: manuscrita (notas), con grabaciones de la voz, o bien en vídeo, los que permiten agregar imagen y sonido simultáneamente. Cada uno de estos métodos acusa capacidades y limitaciones inherentes, que deberían ser evaluadas en forma realista antes de su utilización.

Finalmente digamos que dicho elemento constituirá las anotaciones originales de quien investiga y será empleado para refrescar posteriormente su memoria. Contendrá una descripción precisa y además debería incluir:

- fecha, hora y localización de la búsqueda;
- condiciones climatológicas y luminicas;
- identidad de otros participantes en la búsqueda;
- tareas encomendadas al personal;
- condición y posición de la evidencia encontrada.

Los lugares donde se han cometido delitos no permanecerán imperturbados mucho tiempo; por ende, deben ser fotografiados tan pronto como sea posible, preferentemente antes de que cualquier persona sea autorizada a ingresar.

Las vistas fotográficas exteriores deben tender a establecer la ubicación de la escena desde una distancia que incluya un punto de referencia. Asimismo deberán existir tomas de media distancia para fijar las posiciones relativas de detalles de la evidencia cercanamente relacionados y, finalmente, registros con acercamiento suficiente como para captar detalles individuales.

Cuando se trate de escenarios interiores, la labor fotográfica estará canalizada a establecer la ubicación del edificio; se registrarán los diferentes ambientes del inmueble desde puntos de observación típicos, utilizando cuando sea necesario para mostrar las posiciones relativas de todos los detalles útiles, una lente gran angular; también se harán tomas de media distancia y de acercamiento, tal como se indicara anteriormente.

La evidencia fotográfica es necesaria para el registro de las condiciones individuales de cada elemento antes de ser recuperado.

Debe mostrar la evidencia en detalle y contener una escala. También reproduce huellas de zapatos, neumáticos y demás impresiones que no pueden ser registradas de otra manera, o bien, antes de que sean levantadas mediante molde.

El relevamiento planimétrico previo al que realiza el profesional adecuado, consiste en la representación gráfica manual de las condiciones en que se encuentra el escenario. La misma no reemplaza al material fotográfico y debe ser utilizada para mostrar las dimensiones de los muebles, ventanas, puertas, etc.; distancias de diferentes objetos a lugares de acceso y salida; distancia entre objetos y medidas que indiquen la exacta ubicación de cada evidencia, tomadas desde dos puntos de referencia tales como puertas, paredes, etcétera.

Evaluada la evidencia en forma de impresiones dactilares latentes, armas, vainas, proyectiles, impactos, manchas, fibras, etc., y practicada una última búsqueda final detallada, se procederá a la recolección, registro, señalización y preservación de la evidencia, con la intervención de los especialistas del caso. Al respecto se destaca la importancia que reviste la preservación e identificación de elementos, mediante el auxilio de contenedores apropiados (cajas, bolsas, etcétera).

3. EVIDENCIAS FÍSICAS. CATEGORÍAS

a) *Marcas de herramientas (huellas de efracción).*— Se incluyen todas las condiciones físicas en las que resulte evidente que un objeto utilizado como herramienta, actuó sobre otro, creando impresiones, marcas de fricción u otras estriaciones. Un destornillador, cortafíos, paragolpes de automóvil, o el cañón de un arma, pueden producir huellas de herramientas.

b) *Impresiones digitales y palmares.*— Comprende esta división todas las impresiones, latentes o visibles, incluyendo también las de pie descalzo y las de guantes y otros tejidos.

c) *Material orgánico, botánico y zoológico.*— Se clasifican tí-

picamente en esta categoría los excrementos, residuos de origen botánico y manchas de comida.

d) *Fragmentos vítreos y plásticos.*— Trozos de vidrio o plástico, rotos o astillados, descubiertos en lugares donde se sospecha que ha habido un accionar delictivo.

e) *Pisadas e impresiones.*— Huellas de patinada (o frenada) y arrastre, huellas de pie calzado, depresiones en tierra blanda o vegetación y toda otra forma de huella. Las marcas de herramienta no deberían estar incluidas en esta categoría.

f) *Pintura.*— Líquida o seca, en posiciones donde podría haber sido transferida a transeúntes. Áreas con pintura fresca, superficies agrietadas o descascaradas de ventanas y colisiones entre vehículos, son ejemplos frecuentes.

g) *Prendas de vestir.*— En esta categoría deben incluirse prendas abandonadas, transportadas, quitadas o descartadas por delinquentes, damnificados o víctimas, así como también las características individuales de las fibras.

h) *Fragmentos de madera.*— Los ejemplos más frecuentes son la fragmentación y astillado de la madera hecha por un ofensor al patear o romper por golpe un lugar de ingreso.

i) *Polvo.*— Hechos donde el *polvo* (todas las formas de contaminación de superficies) ha sido perturbado por el ofensor en el acto criminal.

j) *Cigarrillos, fósforos y cenizas.*— El descubrimiento de cualesquiera de estos materiales combustibles, o sus restos, en ubicaciones que sugieran su relación con los ofensores.

k) *Papel*.— Casos donde el papel mismo pueda ser investigado en su posición o ubicación original, y donde las impresiones latentes u otras sustancias contaminantes puedan estar presentes en su superficie.

l) *Tierra*.— La presencia de tierra o material similar, en lugares donde la identificación o individualización parezcan posibles.

ll) *Fibras*.— Se incluyen ambas, naturales y sintéticas, descubiertas primariamente en rincones o bordes, o en superficies donde las fuerzas electrostáticas o mecánicas provocaran una transferencia.

m) *Herramientas y armas*.— Casos en los que herramientas y armas fueran encontradas en la escena del hecho o en automóviles, y donde existiera una fuerte posibilidad de que tales objetos estuvieran involucrados en un acto criminal.

n) *Grasa y aceite*.— Cualquier lubricante o sustancia similar, que a veces posee contaminación ambiental, encontrada en un lugar que sugiera relevancia en un hecho delictuoso.

ñ) *Material de construcción y embalaje*.— Todas aquellas sustancias encontradas en áreas de trabajo y que no pertenezcan a ninguna de las otras categorías.

o) *Documentos*.— Papel escrito o impreso, capaz de ser relacionado con una persona o instrumento en particular. Ejemplos: notas dejadas en suicidios y robos.

p) *Contenedores*.— Todas las botellas, cajas, latas y otros

contenedores que contengan sustancias u otros residuos de naturaleza informativa.

q) *Fragmentos metálicos.*— Materiales encontrados cerca de maquinaria industrial y escenas de colisiones, y otros desechos con alta probabilidad de ser transferidos a los ofensores.

r) *Pelo.*— Cualquier pelo (o cabello) humano o animal, encontrado en un ambiente, con razonable probabilidad de poder ser vinculado con un ofensor.

s) *Sangre.*— Cualquier sangre sospechosa, líquida o seca, animal o humana, presente en una forma que sugiera relación con la ofensa o los individuos involucrados.

t) *Material inorgánico y mineral.*— Sustancias inorgánicas que no caigan en cualquier otra categoría.

u) *Misceláneas.*— Todo otro fenómeno físico.

4. *FUNDAMENTOS, PRINCIPIOS Y TEORÍA DE LA FOTOGRAFÍA EN EL ESCENARIO DEL DELITO Y EN LA DOCUMENTACIÓN DE EVIDENCIAS*

La comunidad policial constantemente debe repasar su misión para determinar el empleo apropiado del medio fotográfico. Esta revisión demanda necesariamente que sean exploradas una variedad de áreas posibles, puesto que las obligaciones en materia fotográfica y metas diferirán en determinadas ocasiones.

Una aplicación extremadamente importante de la fotografía involucra la documentación ilustrativa de los distintos escenarios del delito. Dado que se necesita un registro visual completo del hecho para asegurar una cabal investigación y un subsecuente procesamiento, hay problemas teóricos, legales y técnicos que deben ser

estudiados con anterioridad. Queda implícitamente establecido que una serie de fotografías pobremente planeadas, ejecutadas y exhibidas tienen el potencial de afectar en forma directa el éxito de otros esfuerzos en la investigación criminal en el lugar del hecho. Por ende, la fotografía en el escenario del suceso es una de las mayores facetas integrales de todo el procedimiento de investigación.

Antes de que pueda ser concretada una descripción de la escena mediante la fotografía, deben ser discutidos el propósito y las reglas iniciales básicas, como antecedente para un acercamiento comprensivo. El lógico propósito de aquélla es dar a conocer una grabación visual del lugar del hecho y todas sus características pertinentes. Sin embargo, la mejor ejemplificación del rol de la fotografía puede ser manifestada como la presentación de una *historia* lógica contada por el escenario, en forma visual. Para mantener este objetivo, la primera idea a ser considerada es la de que el escenario debe estar imperturbado, lo más razonablemente posible, antes de que se tomen las fotografías. Tal situación ayudará a establecer que las tomas tal como fueron realizadas, ilustran las características originales y no contaminadas del lugar. Deberán llevarse a cabo numerosas vistas fotográficas, con la idea de que el costo de la película no invalida el inmenso valor de la perfección. Cuando haya dudas sobre si debe o no tomarse una fotografía, la solución es simple: tomarla. La percepción tardía no ayudará seguramente, cuando una parte de la escena que parecía no tener significancia no fue fotografiada y se transforma en algo de inmensa importancia con fecha posterior.

El registro fotográfico debe ser organizado y estará representado por la progresión *general a específico* (general a lo particular). En esencia, esta circunstancia involucrará la cobertura de la escena del crimen desde tres puntos principales: *a)* larga distancia; *b)* distancia media, y *c)* acercamiento mayor. Dicha técnica no sólo se aplica a la escena como un todo sino a cada segmento de la investigación. Por ejemplo, las fotografías con largo o amplio alcance visual de un complejo de departamentos, pueden mostrar vistas aéreas de toda la zona de la escena; de la misma manera se considerarán las vistas de un dormitorio registradas desde un largo pasillo que conduce al mismo.

La interpretación del significado de *larga distancia* (o vista general), *distancia media* (o vista parcial) y *acercamiento mayor* (o vista en detalle), dependerán del área inmediata en la cual fue cometi-

do el hecho, así como también del sitio total involucrado. Concorde con lo enunciado, cada escena de la comisión del delito debe ser tratada y fotografiada separadamente. Las fotografías pueden entonces efectivamente ser utilizadas no sólo como grabaciones pictóricas, sino como reproductoras de eventos.

Un aspecto importante a tener en cuenta en relación con las variadas distancias de registro fotográfico, es el punto de vista general establecido para las ubicaciones de la cámara. Estas ubicaciones permitirán al observador de las copias fotográficas, orientarse de una manera lógica respecto del escenario. Por ejemplo, en una superficie interior (sala de estar de un hogar) las fotografías estarían representadas de la siguiente manera: las vistas de larga distancia de toda la escena tienen por finalidad reproducir el área como si una persona la estuviera viendo desde la posición de pie. Para ello, el fotógrafo posicionará la cámara a la altura de los ojos. Las tomas de media distancia usualmente se llevan a cabo de manera tal que muestren la escena desde aproximadamente 3 a 6 metros de distancia a partir del elemento a documentar.

Para que el observador pueda asociar la escena general del delito con áreas separadas de la escena fotografiada, tales áreas deberán contener suficientes detalles que permitan esta asociación. Las tomas de acercamiento mayor o en detalle, normalmente se practican desde 1,5 metros o menos, a partir del objeto. La atención de este último tipo de fotografías está dirigida a detalles que no podrían ser vistos y estudiados con las tomas de larga y media distancia.

Los esfuerzos extremos deben estar dirigidos al empleo de escalas de medición cuando se fotografían elementos en el escenario de los hechos, ya que ello permitirá obtener medidas y relaciones de distancia. Siempre que sea posible, deberán aparecer en las tomas dispositivos de medición.

Una técnica provechosa para referencia rápida de las tomas fotográficas, es la de confeccionar un gráfico que indique la ubicación, dirección y sentido en que ha sido concretada cada una, pudiéndose también aclarar la altura de la cámara.

Cuando consideramos este tema, podemos categorizar las tomas de acuerdo con la distancia, de la siguiente manera: a) focalizadoras del emplazamiento del delito; b) concentradoras de la naturaleza del hecho; c) centralizadoras de los resultados del delito; d) caracterizadoras de la evidencia física existente en la escena, y e) fo-

calizadoras de la actividad subsiguiente que no ocurriera directamente en la escena inmediata.

Las fotografías del emplazamiento deberían representar los varios lugares que son parte del área de la escena del delito. Son ejemplos de ello las vistas aéreas y las tomas externas e internas de la vivienda. La naturaleza del crimen debería estar demostrada por las fotografías, de manera tal que auxilie a la investigación en la determinación de su tipo y contribuye a diferenciar, por ejemplo, un homicidio de un suicidio, en casos que no ofrezcan fáciles respuestas. De más está mencionar la importancia que reviste la documentación de la evidencia física.

Las fotografías de la actividad subsiguiente representan una consecuencia de la actividad investigativa en el lugar del hecho, y las de la autopsia, así como las de damnificados o sospechosos para mostrar golpes o heridas, son ejemplos primarios de esta categoría. Una integración de la información registrada fotográficamente en la escena real y áreas subsiguientes, revelará una mayor profundidad de comprensión de las realidades en el escenario de los hechos. En cuanto a la documentación de la evidencia física, se resalta el hecho de que constituirá un componente principal en el establecimiento de la cadena de custodia de los elementos introducidos en el juicio.

Dada la cantidad y tipo de fotografías que normalmente se llevan a cabo ante un hecho, debe existir un registro cronológico de las exposiciones tomadas, que contenga la pertinente información técnica y práctica para auxilio del fotógrafo. El procedimiento común utilizado es el llenado de una planilla, amén del fotografiado de una carátula previamente diseñada en oportunidad de cada intervención. Es imperativo que en tal planilla exista la siguiente información: *a)* identidad del fotógrafo; *b)* fecha y hora; *c)* ubicación específica del lugar del hecho; *d)* orientación y descripción de la escena fotográfica; *e)* tipo de cámara; *f)* tipo de película; *g)* fuente lumínica; *h)* distancia de la cámara al sujeto u objeto; *i)* condiciones ambientales; *j)* distancia focal de la lente; *k)* velocidad del obturador; *l)* apertura de diafragma. La acumulación de esta información ayudará al fotógrafo a establecer el *cómo, cuándo y dónde* del lugar del hecho.

Como beneficio adicional, la planilla brindará información relativa a los procedimientos adecuados de revelado de negativos y copias. La evidencia fotográfica (negativos y copias) debe ser tratada en la misma forma no destructiva de preservación y protección, como cualquier otra forma de evidencia física.

Sin importar los esfuerzos fotográficos en el lugar del hecho, las fotografías deben pasar el examen de admisibilidad legal. Las pautas generales utilizadas para la revisión de credibilidad de las fotografías son: *a)* representación precisa; *b)* libre de distorsión; *c)* importante y apropiada; *d)* imparcial.

Con la finalidad de lograr un producto aceptable, el fotógrafo debe poseer el conocimiento básico que le permita elegir, mantener y operar el equipo. Debe asimismo estar compenetrado de las capacidades operacionales fundamentales y limitaciones en las áreas de: *a)* película; *b)* iluminación; *c)* equipo de iluminación; *d)* tipos de cámaras disponibles para propósitos específicos; *e)* tipos de lentes y su empleo; *f)* equipo suplementario que incrementará la eficiencia (trípode, filtros, etcétera).

De todo lo expuesto surge el planteamiento de que, aun una persona que posea un elevado nivel de experiencia y conocimientos en fotografía, no está calificada de por sí para desempeñarse como fotógrafo en el escenario de un delito. Esta última tarea involucra la comprensión de todos los aspectos de dificultades que puedan existir. Tomar fotografías es una cosa, documentar fotográficamente un escenario delictual es otra.

5. LA FOTOGRAFÍA: SU APLICACIÓN TÉCNICA

Tal como lo expresáramos anteriormente, ocurrido un hecho criminal corresponde al funcionario policial investigador hacerse presente en el lugar a fin de tomar contacto real con el evento, para de esta manera poder elaborar una primera evaluación de los acontecimientos producidos y tomar las medidas convenientes en primera instancia. De tal manera, de acuerdo con las características propias del hecho, dispondrá en el momento oportuno la concurrencia de los especialistas técnicos correspondientes, teniendo en cuenta que la labor no puede llevarse a cabo en forma indiscriminada sino en estricto orden.

Dentro de tal ordenamiento, por lo general actúa en primer término el fotógrafo, quien deberá documentar todo lo referido a la escena del delito y sus adyacencias, antes de que se mueva o modifique algo; por ello, su labor debe extenderse todo el tiempo en que operen el resto de los especialistas.

Las tomas fotográficas a efectuar, por lo general, son las desarrolladas a continuación:

a) *Vista general.*— Usualmente mediante el empleo de un objetivo gran angular, registrando todo siempre desde los cuatro ángulos si se trata de un recinto. Las tomas correspondientes a pasillos, habitaciones contiguas, etc., se harán en forma amplia y generalizada.

b) *Vista en detalle.*— Puede referirse al cuerpo de la víctima, un mueble, un arma, una rotura o rastros de efracción, trayectoria de proyectiles, impactos, etcétera.

Sintetizada de esta manera la tarea del fotógrafo, indiquemos que debe tomarse como *regla general* que, al procederse a la toma fotográfica debe antes colocarse junto al objeto a fotografiar una regla o cinta métrica, a fin de poder establecer posteriormente al ampliar, posibilidades de cálculo fotogramétrico.

En todos los casos en que se efectúa este tipo de tomas no debe olvidarse que el eje óptico de la cámara debe estar vertical al objeto, o lo que es lo mismo, *el plano de la película debe estar paralelo al plano en que se encuentra el objeto* (de esta forma se evita la deformación de la perspectiva, con el consiguiente inconveniente para el cálculo de medidas).

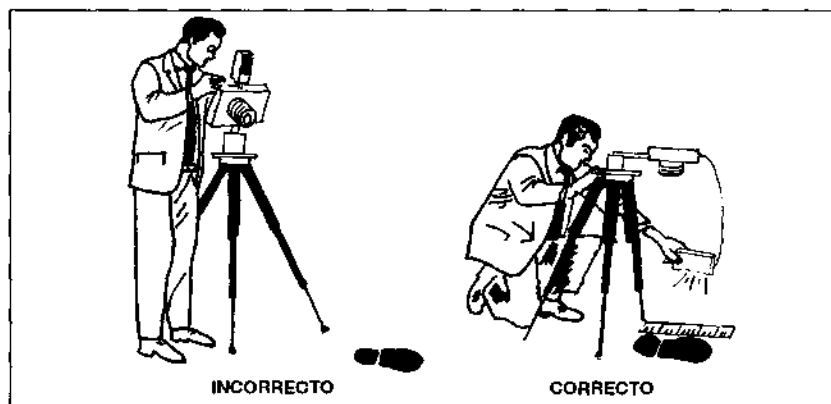


Figura 1

c) *Fotografías de aproximación y macrofotografía.*— Las mismas se llevarán a cabo cuando se consideren importantes posteriores ampliaciones de pequeños detalles o huellas, tales como impresiones dactilares, manchas, heridas, lugares de impactos, etcétera.

d) *Fotografía color.*— Ya es de práctica su utilización, sobre todo en la pericia médico-legal, a fin de obtener un registro exacto, desde el punto de vista cromático, del cadáver o personas lesionadas, manchas que después pueden variar, etcétera.

6. LA FOTOGRAFÍA MÉTRICA

Normalmente existen muy pocas posibilidades, por no decir ninguna, de obtener datos métricos de las fotografías comunes. Para obtener esta clase de datos, ya sea en forma comparativa o bien sobre la base de elementos o referencias ajenos a la fotografía, es necesario registrarlas bajo determinadas condiciones técnicas.

Obviamente para la obtención de este tipo de tomas existen cámaras especiales, denominadas *métricas*, que permiten rescatar cualquier medida de los elementos fotografiados, pero son muy costosas y no están por consiguiente al alcance de cualquiera. Este problema puede resolverse en forma satisfactoria empleando la cámara fotográfica común, bajo ciertas condiciones de trabajo. Normalmente pueden llevarse a la práctica dos métodos cuya aplicación es sumamente fácil, tanto en su faz operativa como en el cálculo. Ellos son: a) método comparativo, y b) método por cálculo directo.

a) *Método comparativo.*— Este método consiste en la toma de fotografías, en las cuales debe incluirse un elemento cuyo tamaño sea conocido y sobre la base del cual posteriormente se calcularán las medidas del resto de los componentes de las mismas.

El sistema puede practicarse de dos formas, en lo que hace a la ubicación de la cámara fotográfica: 1) con el plano focal paralelo al plano que contiene al objeto; o 2) con el plano focal formando

un ángulo cualquiera con el plano que contiene al objeto (perspectiva). Los casos fundamentales de aplicación son los que se presentan en el denominado *método de las tiras*, desarrollado a continuación.

Método de las tiras. Se trata de un método de trabajo apto para el desarrollo de la fotografía métrica en el interior de habitaciones o bien en lugares cerrados de cualquier naturaleza. Para la toma respectiva, la cámara debe ubicarse en el plano focal paralelo a la pared de la habitación situada frente a la cámara. Antes del registro fotográfico deben colocarse en una de las paredes paralelas al eje óptico de la cámara, tiras de papel o tela de un color que haga contraste con el de la pared, de 5 cm de ancho y 1 metro de longitud.

Estas cintas se distribuyen estratégicamente a todo lo largo de la pared, haciendo que la habitación quede prácticamente dividida en una serie de planos verticales, pudiéndose así concretar el cálculo de medida de los objetos contenidos en cada uno de ellos, refiriéndolos a la cinta que se encuentra más cercana. Cuanto mayor sea la cantidad de cintas que se coloquen, mayor será también la exactitud a tener en los parámetros del cálculo, puesto que no hay que olvidar que tanto las cintas como los objetos se van a ir reduciendo en tamaño en forma proporcional al alejamiento de la cámara, dadas las leyes de la perspectiva.

Una vez obtenida la fotografía, para calcular la medida de un objeto cualquiera contenido en la habitación, bastará con determinar cuál es la tira que se encuentra más cerca de aquél, debiéndose además efectuar con toda exactitud las siguientes mediciones:

—medida de la tira ya mencionada (ubicada en la pared), obtenida de la copia fotográfica.

—medida en la fotografía del tamaño del objeto cuya dimensión real se desea calcular.

El cálculo matemático se lleva a cabo mediante el planteamiento de una simple proporción que es básica para todos los casos de fotografía métrica. La misma se enuncia de la siguiente manera: "La medida de la tira en la fotografía es a la medida real de la misma, como la medida del objeto en la fotografía es a su medida en la realidad". El único cuidado que es necesario tener en cuenta para la aplicación de este sencillo método es que la tira que se tome para el cálculo sea la más cercana al objeto incógnita.

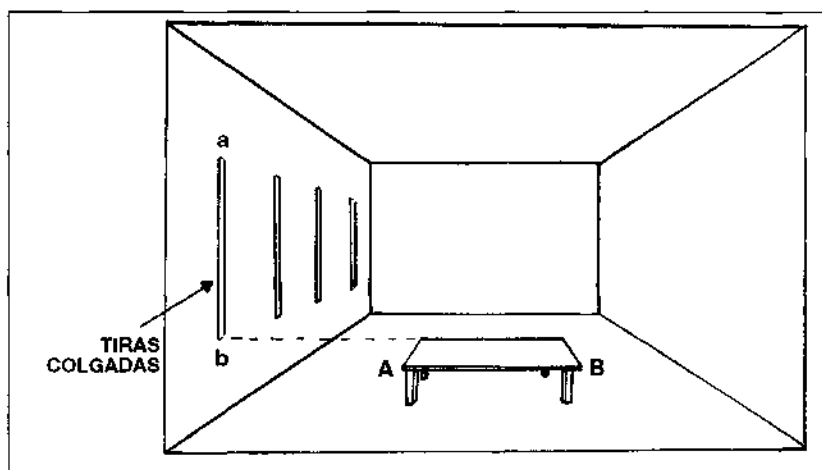


Figura 2

Datos
Medidas en la fotografía

$AB = 2,7 \text{ cm}$

$ab = 3,4 \text{ cm (100 cm en la realidad)}$

Cálculo

$$\frac{ab}{100 \text{ cm}} = \frac{AB}{x}$$

$$x = \frac{AB \times 100 \text{ cm}}{ab} = \frac{2,7 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}}{3,4 \text{ cm}} = 79,4 \text{ cm}$$

$x = 79,4 \text{ cm}$ implica el valor real del largo de la mesa.

En muchas oportunidades resulta de real interés la práctica de la fotografía métrica en la toma de objetos en detalle, y es aquí donde se pueden presentar varios casos. Los principales son los que a continuación se especifican en los ejemplos que se incluyen:

Ejemplo n° 1:

En este caso el elemento se debe presentar con el plano focal paralelo al plano que contiene al objeto. Al lado del mismo se coloca una regla o bien cualquier objeto de dimensión conocida, a los efectos del posterior cálculo, el que, al igual que en el caso del método de las tiras, va a responder a la siguiente proporción:

Tamaño del objeto de comparación medido en la fotografía (regla) = 8 cm.

Tamaño real del objeto de comparación = 5.8 cm.

Tamaño del objeto incógnita medido en la fotografía = 4,4 cm.

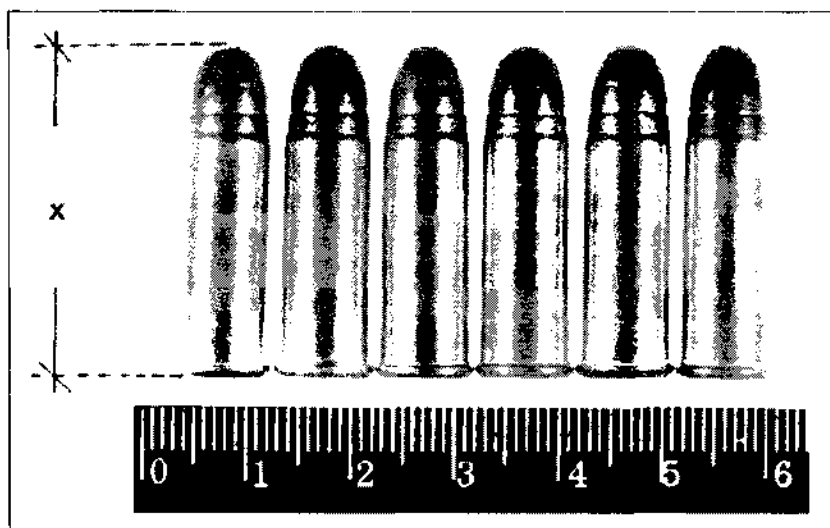


Figura 3

$$\frac{8 \text{ cm}}{5,8 \text{ cm}} = \frac{4,4 \text{ cm}}{x}$$

$$x = \frac{5,8 \text{ cm} \times 4,4 \text{ cm}}{8 \text{ cm}} = 3,19 \text{ cm}$$

$x = 3,19 \text{ cm}$ implica la medida real de la altura del cartucho de bala fotografiado.

Ejemplo n° 2:

Se trata del mismo caso que en el ejemplo anterior, pero en lugar de tomar un objeto cualquiera como referencia (regla en el ejemplo n° 1), se toma uno de los lados del mosaico donde se encuentra el elemento. La toma fotográfica debe realizarse con el plano focal de la cámara paralelo al plano focal que contiene al objeto. El cálculo se hace aplicando la fórmula del ejemplo n° 1.

b) *Método por cálculo directo.*— En este caso para los cálculos de medidas en la fotografía no es necesario que ésta tenga ningún elemento de referencia conocido.

Para la práctica de este método es condición indispensable que el plano focal de la cámara sea paralelo al plano que contiene al objeto, siendo además necesario conocer la distancia que media entre el emplazamiento de la cámara y el objeto, y saber cuál es la longitud focal así como también el tamaño de la imagen medido en el negativo de la toma fotográfica. Cuando se realiza la toma de una fotografía en las condiciones expresadas, se cumple la *ley de los focos conjugados*, donde:

O - tamaño objeto (incógnita);

D - distancia objeto-cámara;

F - longitud focal de la cámara;

I - tamaño imagen medida en el negativo.

La fórmula empleada en el ejemplo que damos a continuación permite el cálculo de cualquiera de los cuatro elementos mencionados, siempre y cuando se tengan los tres restantes.

*Ejemplo:**Datos:*

I = 1,6 cm

F = 5 cm

D = 50 metros

Cálculo:

$$\frac{O}{I} = \frac{D}{F}$$

$$O = \frac{I \cdot D}{F}$$

$$O = \frac{1,6 \text{ cm} \cdot 5000 \text{ cm}}{5 \text{ cm}}$$

$$O = 16 \text{ metros}$$

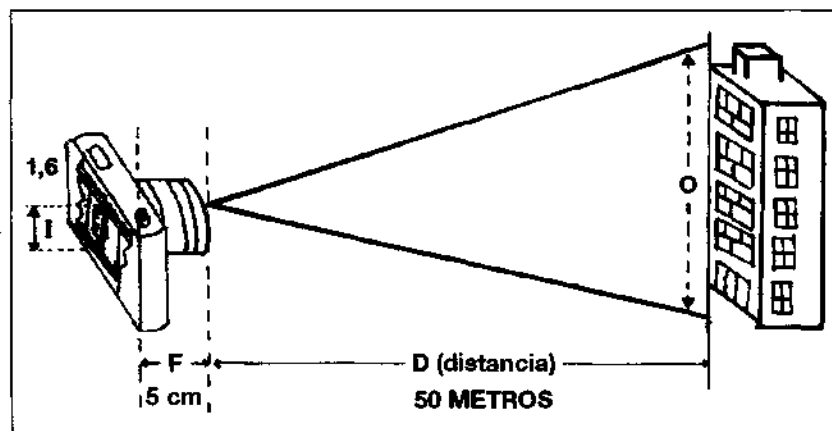


Figura 4

c) *Aplicación de las leyes de la perspectiva.*— Hemos visto varios sistemas y casos diferentes de obtención de medidas en fotografías, logradas ya por medios comparativos o por cálculos matemáticos. Si con esa misma finalidad logramos aplicar algunos conceptos fundamentales de las leyes de la perspectiva utilizadas normalmente en el aprendizaje del dibujo, veremos que con simples trazados podemos lograr importantes soluciones en la fotointerpretación.

Teniendo en cuenta que las leyes de la perspectiva están basadas en la realidad óptica de nuestra visión, las mismas son invariables, y justamente, la mejor comprobación de las reglas del dibujo al respecto, fue la fotografía, donde se pudieron apreciar en forma plana las mismas reglas dadas en las obras de los más antiguos dibujantes y pintores. De igual manera en que la fotografía vino a justificar, confirmar y auxiliar al dibujo, éste puede también ser útil a su vez a la técnica fotográfica y su interpretación métrica.

1. *Línea de horizonte.* Tanto en el trazado de un dibujo como en la obtención de una fotografía, la línea de horizonte se encuentra siempre *a nivel de la vista*. Toda la visión y por lógica la perspectiva de una cosa, conjunto de cosas o un paisaje, cambia si bajamos o subimos el nivel de la vista. Si subimos a un edificio o lugar elevado, veremos que el horizonte estará siempre a la altura de nuestros ojos, igualmente si nos sentamos en el cordón de la vereda o a nivel de tierra, el horizonte bajará a la altura de nuestra vista.

Teniendo en cuenta esa regla podremos saber qué fotografía fue obtenida a una altura determinada, vale decir, a qué altura se encontraba el nivel de los ojos del fotógrafo y si fue sacada desde el ángulo derecho, izquierdo o centro.

2. *Punto de vista.* Es el lugar sobre el horizonte de la fotografía o dibujo, hacia donde convergen todas las líneas de fuga, tanto sean planos horizontales (piso o techo) o planos verticales (paredes) y es el lugar donde exactamente se fijó la vista.

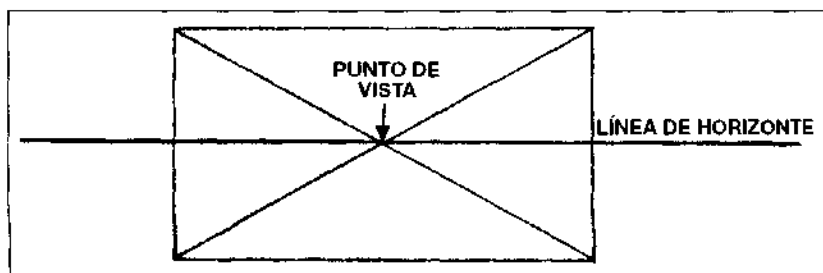


Figura 5

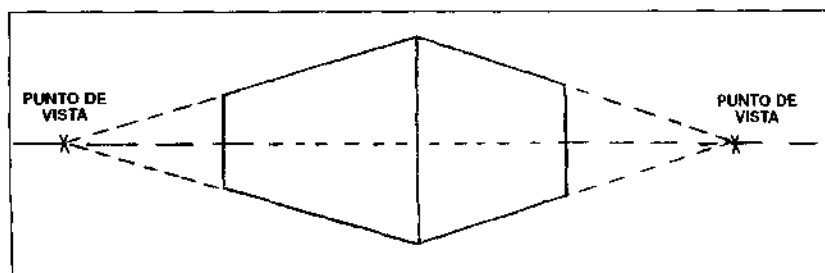


Figura 6

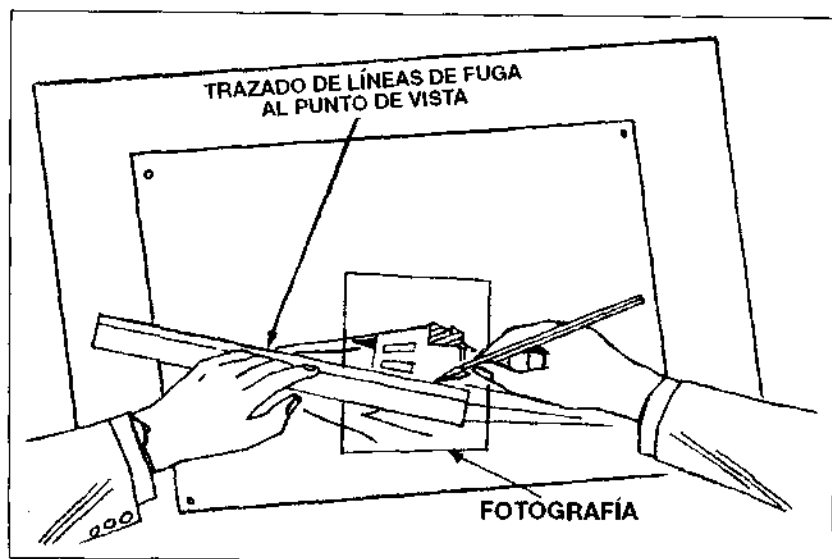


Figura 7

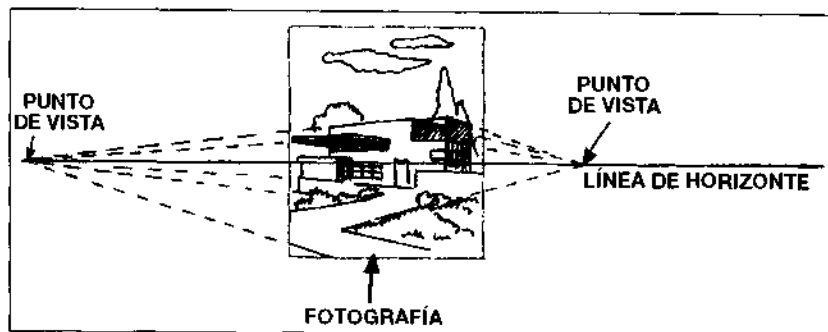


Figura 8

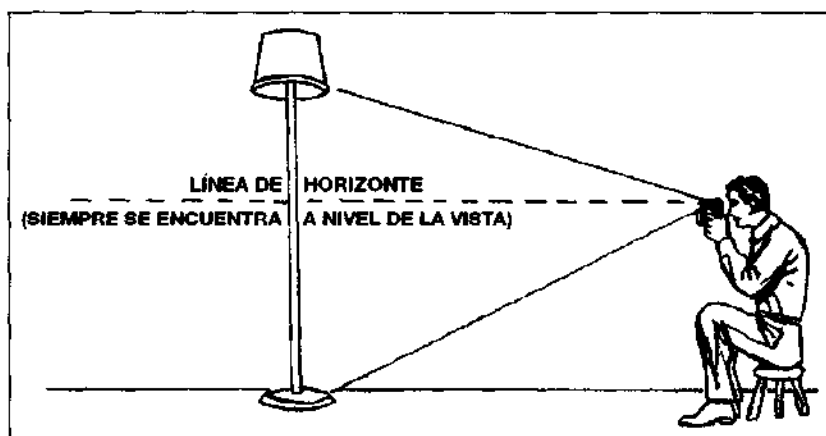
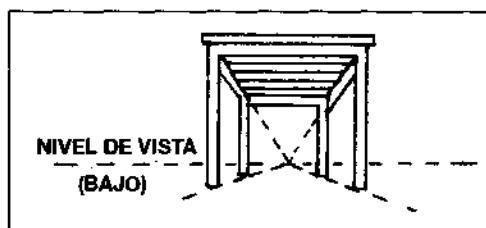
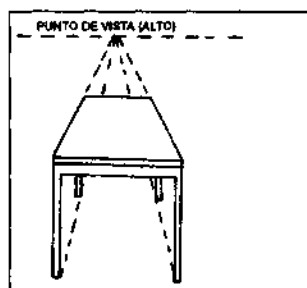


Figura 9



Figuras 10 y 11

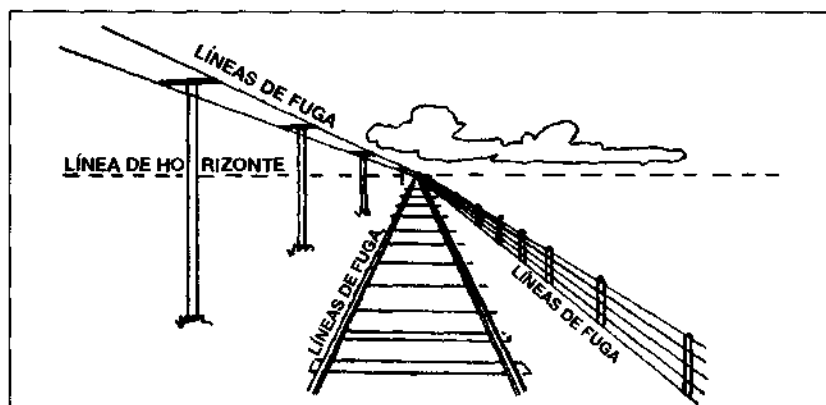


Figura 12

3. *Líneas de fuga.* Son las líneas paralelas que partiendo del primer plano del dibujo o fotografía en cualquiera de los lados del cuadrado o rectángulo, van a encontrarse en un mismo punto en forma convergente. De esta manera se representa gráficamente el achicamiento natural de las cosas a medida que se alejan hacia el horizonte.

Al mismo tiempo se determina que la medida real entre dos líneas paralelas se mantiene desde su nacimiento hasta su reunión en el punto de vista. Esto quiere decir que una vez trazadas las líneas de fuga, por ejemplo en una línea de edificios, nos permitirán obtener las diferentes alturas de los mismos desde el primer plano hasta el horizonte. En el mismo también estará trazada la línea del horizonte. Con ésta y las líneas de fuga podremos establecer, por ejemplo:

a) que la fotografía fue tomada desde una altura comprendida entre el 4º y 5º piso;

b) contando las líneas de fuga de abajo hacia arriba, la altura de puertas y ventanas y, si lo creemos conveniente, subdividir las distancias entre líneas (que, por ejemplo, podrían tener un metro) en las subdivisiones que se consideren necesarias (ver ap. 8: *Alto y ancho*).

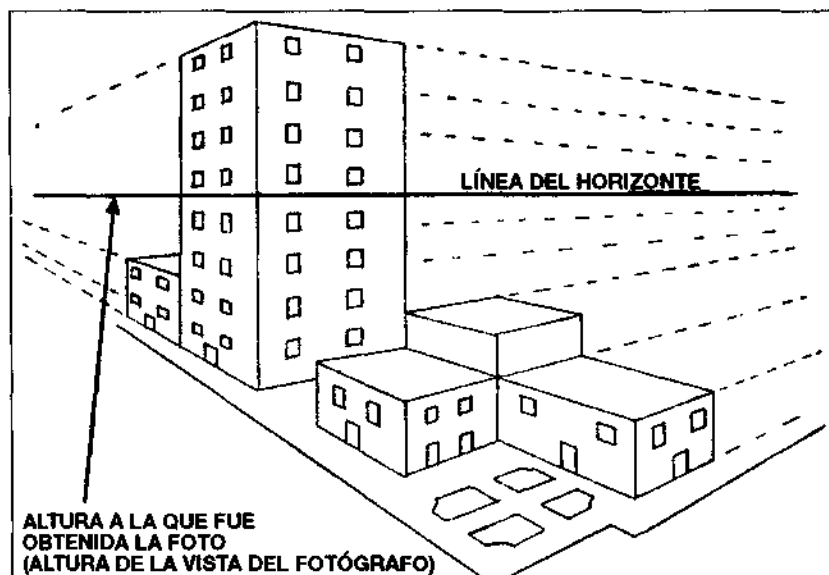


Figura 13

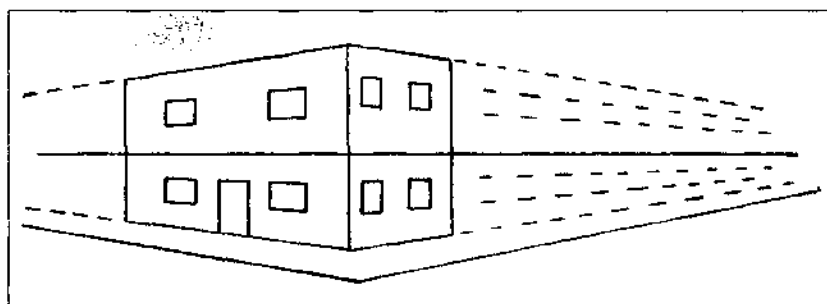


Figura 14

4. *Dirección de las líneas de fuga.* Las líneas de fuga que se encuentran sobre nuestro nivel de vista, bajarán siempre hacia el horizonte, y las que se encuentran bajo el nivel de vista, subirán hacia el mismo.

5. *Dos puntos de vista.* Suele ocurrir que en el trazado de líneas aparezcan dos puntos de vista, uno a la derecha y otro a la izquierda; esto sucederá siempre que observemos un edificio desde una esquina o, por ejemplo, mirando un cubo en la misma forma.

6. *Trazado de profundidad.* Si a un rectángulo lo dividimos en tres franjas horizontales —por ejemplo de un metro de ancho cada una— y luego trazamos una línea diagonal, veremos que en los puntos de intersección de ésta con las horizontales podremos trazar líneas verticales que dividirán el rectángulo en partes iguales. Esto mismo sigue siendo correcto si el rectángulo se encuentra en perspectiva.

Por lo tanto, si con una referencia dada en profundidad logramos formar una primera baldosa de dimensiones conocidas, obtendremos en cada punto de intersección entre la diagonal trazada y las líneas de fuga, la distancia equivalente a la baldosa o medida de referencia (letras A, B, C y D en el dibujo respectivo). Contando las mismas tendremos medidas reales de profundidad. Terminada la trayectoria de la diagonal ya no habrá inconveniente en trazar otra diagonal con base en otra baldosa lograda. Ello se puede conseguir considerando el tamaño de la ampliación fotográfica todas las veces que se quiera.



7. *Referencias.* La referencia de medida de profundidad es muy necesaria en caso de preparar ex profeso una fotografía con fines métricos. Para el caso bastará con una varilla, tira, metro o marca de tiza de 0,50 o 1 metro. En caso de no tenerse referencia prefijada puede explotarse la cuenta de baldosas en profundidad. No disponiendo de ello, deben estudiarse detenidamente los frentes de los edificios, y tratar de ubicar en ellos alguna medida de las que se consideren conocidas (una puerta, una ventana, una tapa de luz o de gas, un ladrillo a la vista, un aparato acondicionador de aire que dé al exterior, o cualquier otro detalle). Es importante destacar que dicha medida puede encontrarse en cualquier parte del trayecto en profundidad.

8. *Alto y ancho.* De acuerdo con lo tratado anteriormente, se puede establecer que la altura será medida por las líneas de fuga que parten del primer plano; para una relación de proporción se podrá señalar el lugar antes de obtener la fotografía, con una tira o madera, metro o marca de tiza. Es muy importante destacar que una medida de referencia para la altura (por ejemplo apoyada contra la pared), servirá igualmente para las medidas de ancho, ya que todas las medidas de la primera línea del plano (de los cuatro lados) son reales, y solamente allí; hacia el punto de fuga, van disminuyendo continuamente. Si no se cuenta con la referencia prevista debe razonarse y buscar las referencias lógicas como:

a) Sabemos que las veredas generalmente tienen baldosas de 0,20 x 0,20, 0,50 x 0,50, o 0,60 x 0,40; de esta forma tendríamos que cinco de las primeras nos darían 1 metro o 2 de las segundas lo mismo.

b) Si no fueran visibles las marcas conviene saber que las medidas normales de veredas son de 3 metros de ancho en calles comunes; 4 metros en avenidas y alrededor de 2 metros en calles céntricas de la Capital Federal. De igual manera servirá de referencia el ancho de la calle o avenida.

c) También puede aportar datos un vehículo que se encuentra en primer plano y cuya medida sea conocida.

Es importante señalar que las deformaciones de perspectiva que pueden causar lentes gran angulares, no llegan a anular los trazados de medición ya enunciados. En lo que atañe a la medición de

la altura, puede haber una variación en la toma cuando se considera que pudo haber sido hecha con máquinas réflex, cuyo sistema de enfoque ubica el visor a la altura del pecho o de la cintura del fotógrafo.

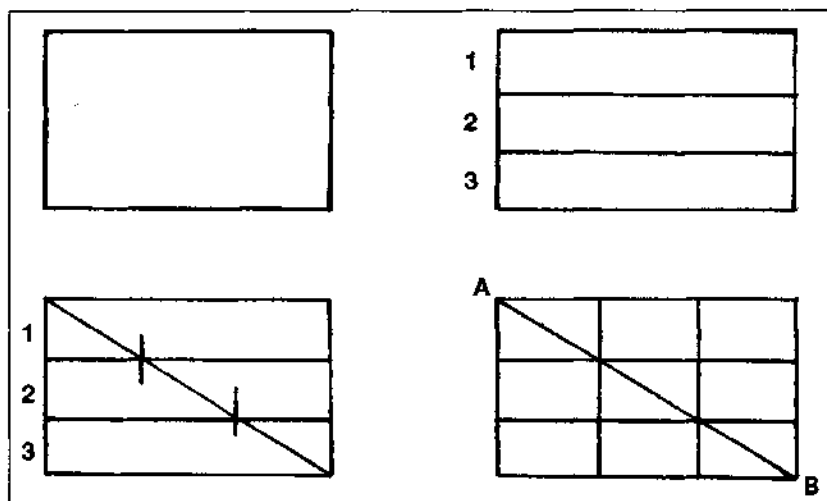


Figura 15

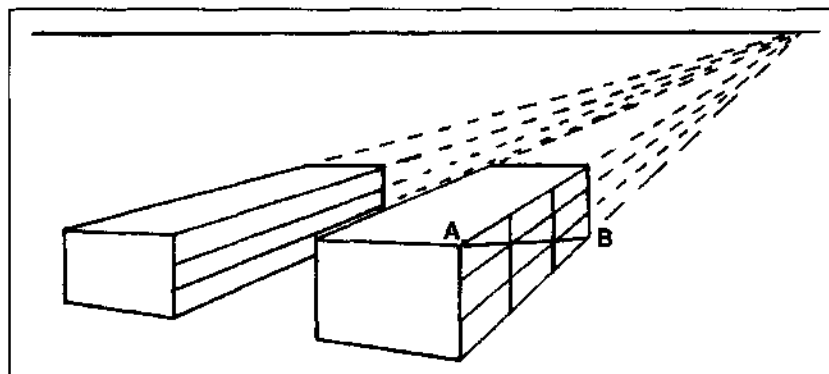


Figura 16

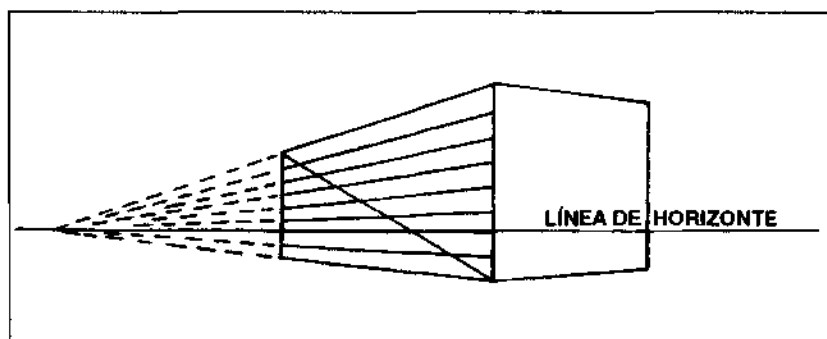


Figura 17

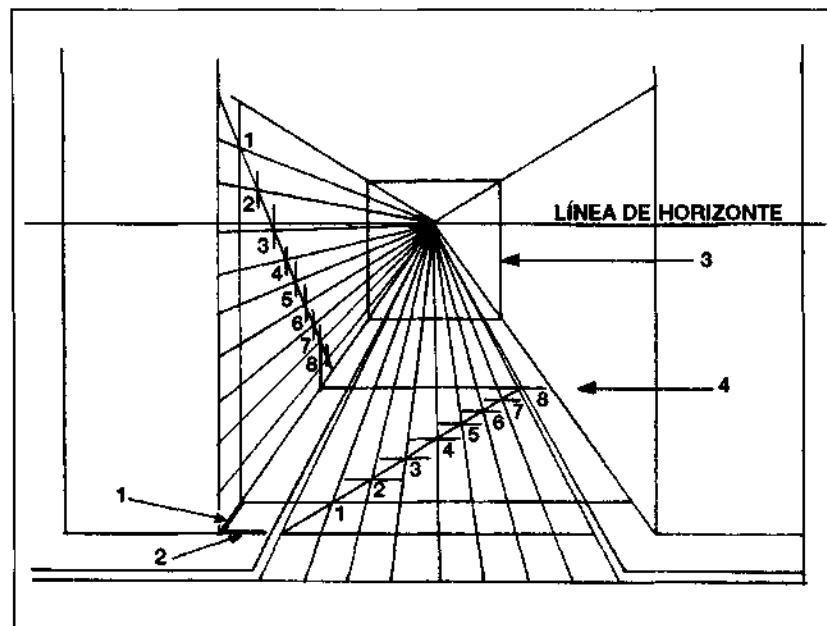


Figura 18

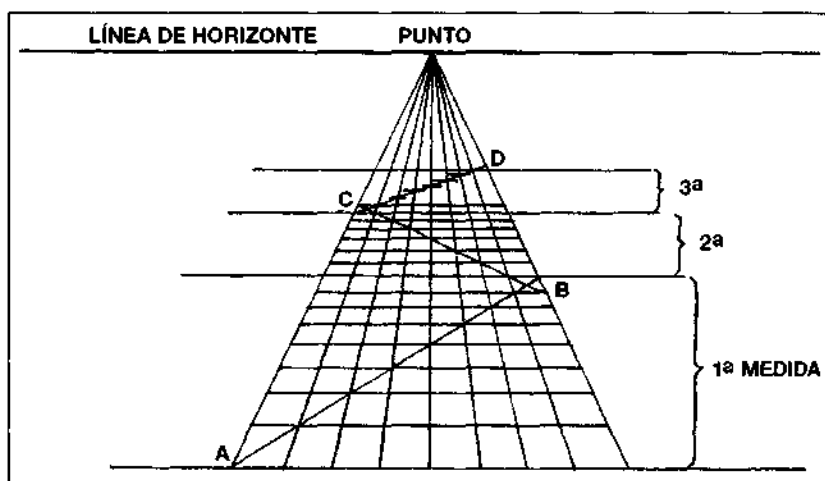


Figura 19

7. LA PLANIMETRÍA Y SU APLICACIÓN EN LA ESCENA DEL DELITO

Además de la labor propia del dibujante-planista (técnico especializado), todos los autores que han tratado el tema están de acuerdo en que el investigador no sólo debe llevar debida nota de sus observaciones, referencias, datos y demás detalles de relevante importancia, sino que, además, deberá llevar a cabo un plano, bosquejo o croquis en el que incluirá ubicaciones de objetos, cuerpos y huellas, referencias métricas y demás acotaciones pertinentes. Desde ya éste no será un plano profesionalmente elaborado pero sí deberá constituir una perfecta *ayuda memoria* para el interventor.

Dicho elemento debe cumplir con las siguientes reglas básicas:

a) El plano debe estar orientado de acuerdo con los puntos cardinales, que figurarán en él.

b) Quien lo realiza debe tomar y verificar las medidas por sí mismo, no pudiendo confiar esta operación a otra persona ajena a la especialidad.

c) El plano no debe estar sobrecargado, vale decir, no debe contener nada que no esté directamente vinculado con el hecho investigado, ya que la fotografía se encarga de registrar y documentar el contenido total de la escena del delito y sus adyacencias.

d) El planista no debe confiar en su memoria para acotar o enmendar algo que debe figurar en el croquis. Todo debe anotarse en el mismo lugar, puesto que la memoria es falible.

e) El croquis debe ser hecho a escala. La misma varía con la mayor o menor extensión del lugar a representar a través del plano. A mayor extensión menor escala. La escala aplicada debe consignarse en el plano para su total y mejor interpretación.

La autoridad que interviene en un hecho no está obligada a ser un técnico, pero sí es necesario que pueda aprovechar al máximo las posibilidades que brindan las ciencias, las artes y las técnicas aplicadas a la investigación policial, debiendo adquirir destreza y seguridad en las disciplinas que estén a su alcance, ya que la suma de todo lo adquirido en provecho de la función forma al profesional.

Una buena ilustración vale más que mil palabras. En la actualidad, la confección de planos está al alcance de todo el que posea prolijidad, orden y exactitud. Ya no es imprescindible en todos los casos contar con un dibujante profesional, dado que existen en el comercio una enorme cantidad de elementos, equipos y materiales que, además de facilitar la tarea, le dan a la misma un efecto profesional (no consideraremos en este sentido los valiosos programas creados para ser empleados en computadoras, ya que requieren una inversión más onerosa).

a) *Elementos.*— Una clasificación de los elementos comentados sería la que se incluye a continuación:

1. *Plantillas.* Existen planchas de plástico, acrílico o celuloide en las escalas habitualmente utilizadas (1:100; 1:50; 1:25, etc.), en las que sólo es necesario pasar el lápiz, lapicera o marcador por los bordes del hueco para dar forma a personas, vehículos, muebles, artefactos, árboles y vegetación, flechas, círculos, elipses, etcétera.

Por lo tanto, ya descartaremos aquí la antigua tarea del dibujante, y posiblemente la más difícil para el profano. Para las tareas comunes y diarias bastarán 3 o 4 plantillas básicas.

2. *Letras.* Éste es otro de los grandes problemas superados, ya que hay una enorme cantidad de modelos, tamaños y colores, que

se aplican por presión o autoadherencia. No debemos excluir como opción el empleo de letrógrafos o plantillas con letras y números para su uso con marcadores o fibras especiales.

3. *Escalímetros.* Existen en forma plana, en reglas de tres caras o en prácticos estuches de bolsillo que comprenden pequeñas reglas planas flexibles. Cualquiera de estos sistemas no tiene menos de 8 escalas.

4. *Papel milimetrado.* De mucha utilidad son las hojas de papel, en varios tamaño de uso, en las que se encuentran líneas reticuladas horizontales y verticales que dividen en centímetros y milímetros. Es imprescindible el uso de las mismas cuando se quiere prescindir del escalímetro, ya que las líneas del papel milimetrado permiten trabajar con absoluta seguridad en planos de escalas 1:100; 1:50, etcétera.

Con lo explicado podemos apreciar que los problemas considerados de mayor importancia en cuanto a la técnica del dibujo están superados.

b) *Trabajos planimétricos más frecuentes.*— 1. *De la localidad o zona.* Se utiliza para graficar los pormenores de toda la zona aledaña al lugar del hecho, los trayectos de vehículos o personas, los pormenores que se crea puedan tener relación o importancia con lo investigado o que revisten interés general.

2. *De la finca.* Es el plano que abarca toda la parcela de terreno donde se halla ubicada la casa en la que se cometió el delito. Además reproduce, en su proyección horizontal, los contornos de todas las dependencias internas de la casa. Este trabajo resulta de interés para ubicar todo el recorrido seguido por él o los delincuentes desde su entrada hasta su salida del lugar, e incluso el desplazamiento en las habitaciones de la misma.

3. *De detalle.* Se efectúa circunscribiendo el mismo al recinto, habitación o lugar, donde en virtud de la apreciación se estima se haya cometido el hecho delictuoso.

4. *Sistemas de levantamiento.* Ellos son: horizontal, vertical, paredes rebatidas, y perspectiva.

I. *Plano horizontal o vista en planta:* Es el que grafica el perímetro de la habitación o finca con todos los objetos y muebles que contiene. Se dibuja sobre el plano del piso como si estuviera visto desde el techo.

II. *Vertical o vista en corte:* Es el dibujo de paredes o frente de una casa, vale decir lo que es dable ver si seccionáramos con un plano vertical un determinado sector del inmueble. En él se detallan las aberturas y todos los detalles de interés en señalar (manchas, impactos, etcétera).

III. *Paredes rebatidas:* En el mismo se grafica la parte del suelo como en un plano horizontal, más los correspondientes a las paredes, que también se representan en forma horizontal, como si las mismas se hubieran volcado mediante bisagras, hacia los costados. Este tipo de plano tiene origen en las primitivas maquetas de cartón que se plegaban luego de dibujarlas, dando representación real del lugar. Debe tenerse en cuenta al confeccionar el mismo, que un objeto arrimado a una pared tiene doble representación, una por su base en el plano centro horizontal correspondiente al piso, y la otra, por su altura y ancho (la correspondiente a la pared).

(ver figura 20 en p. 70)

IV. *Perspectiva:* Es el plano que se realiza cuando se desea tener una apreciación general en profundidad del lugar. De los tratados hasta el presente, es el único que debe ser realizado por un dibujante o alguien que posea conocimiento de las leyes de la perspectiva. Puede suplirse con fotografías.

Elementos fundamentales del plano: Todo plano debe tener una serie de especificaciones, sin las cuales dejaría de prestar verdadera utilidad, siendo las principales la escala, la orientación y la referencia.

En lo que hace específicamente a la escala, diremos que se denomina así a la relación existente entre el terreno y el plano que se ha dibujado del mismo. Es imprescindible para obtener datos métricos del lugar o cosas graficadas en el mismo. La escala puede ser:

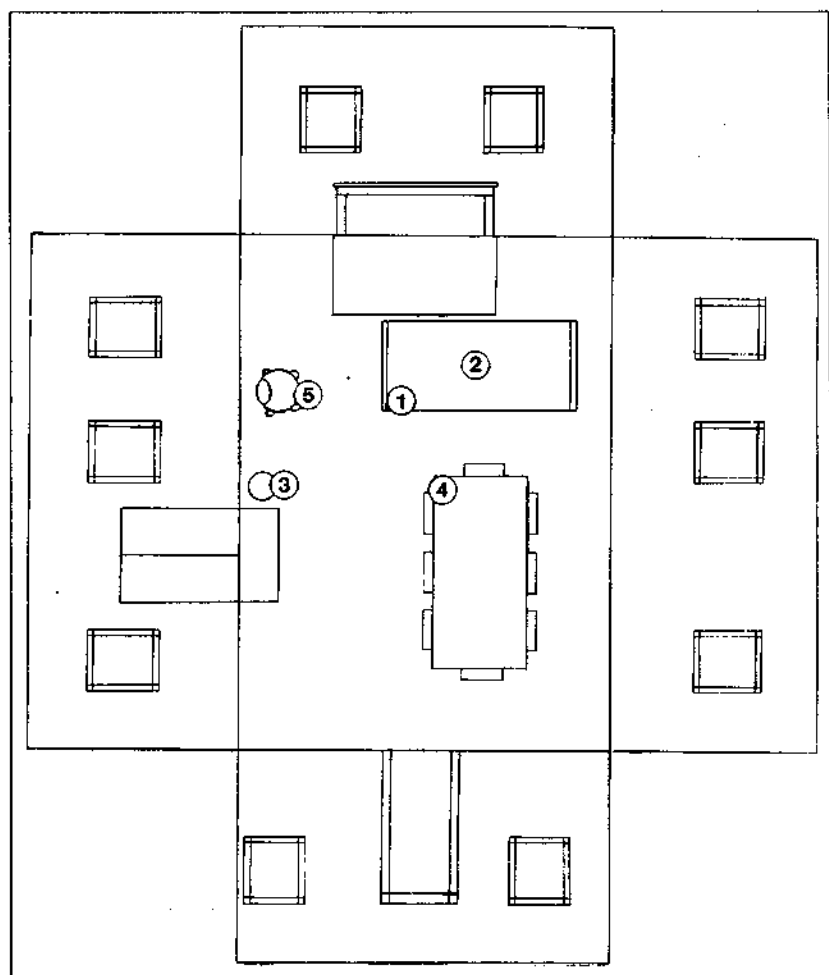


Figura 20

Modelo de plano de paredes rebatidas. Faltan las referencias, las medidas y la escala.

—*Númerica*: Se expresa en números; por ejemplo 1:100, lo cual significa que una parte del plano debe multiplicarse por 100 para determinar la medida correspondiente al terreno graficado.

—*Gráfica:* Consiste en un segmento numerado, del cero hacia la izquierda con la medida que se desea representar; por ejemplo, en una escala 1:100, cada metro del terreno está graficado en el plano por 1 cm; por lo tanto, en la base del plano, normalmente a la derecha, trazaremos determinados tramos de 1 cm (denominándolos metros en el plano), y hacia la izquierda del cero representaremos los tramos de la escala en fracciones menores, por ejemplo: 10 fracciones de 1 mm, que representarán 1 decímetro de terreno cada una. En esa forma podremos medir cualquier valor del gráfico, aun sin elementos de medición, utilizando un compás o un simple papel que apoyaremos sobre el gráfico.

ESCALAS MÁS UTILIZADAS

<i>Planos</i>	<i>Escalas</i>	<i>1 cm del dibujo representa a:</i>	<i>1 metro real se representa por:</i>
	1:1	0,01 m real	1:00 m en el dibujo
	1:5	0,05 m real	0,20 m en el dibujo
De detalles	1:10	0,10 m real	0,10 m en el dibujo
	1:20	0,20 m real	0,05 m en el dibujo
	1:25	0,25 m real	0,04 m en el dibujo
	1:50	0,50 m real	0,02 m en el dibujo
Generales	1:100	1,00 m real	0,01 m en el dibujo
	1:200	2,00 m real	0,005 m en el dibujo
De ubicación	1:500	5,0 m real	0,002 m en el dibujo
	1:1000	10,00 m real	0,001 m en el dibujo

INDICACIÓN DE MEDIDAS, REPRESENTACIÓN CORRECTA

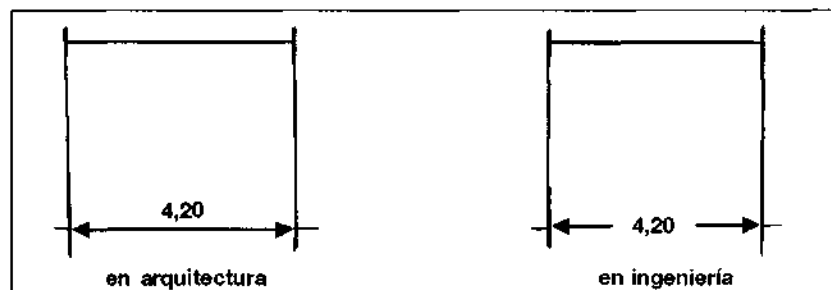


Figura 21

MÉTODO DE LAS COORDENADAS CARTESIANAS

Para lograr una perfecta localización de un punto en el plano, se fijan otros mediante la medida de sus distancias normales a una base común. La línea base común se denomina *abscisa* y las líneas que parten de ella hacia un punto determinado *ordenadas*. Cuando se desea fijar con mayor precisión el punto en cuestión, se puede realizar llevando al mismo dos ordenadas, partiendo cada una de ellas de una base o abscisa diferente.

Ejemplo:

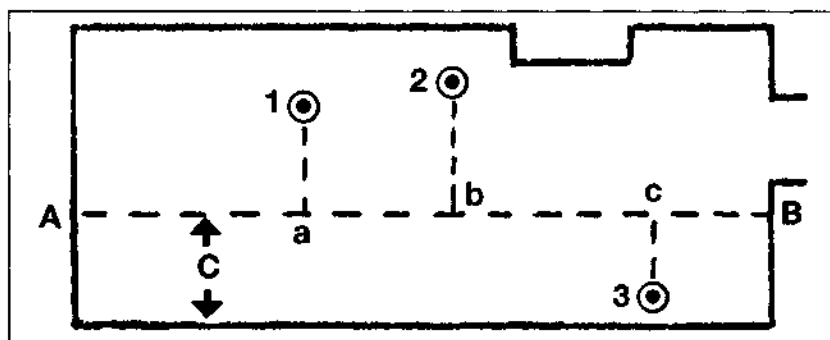


Figura 22

Abscisa: $\overline{AB}$

Ejemplo para el punto "1": abscisa $\overline{Aa}$; ordenada $\overline{1a}$

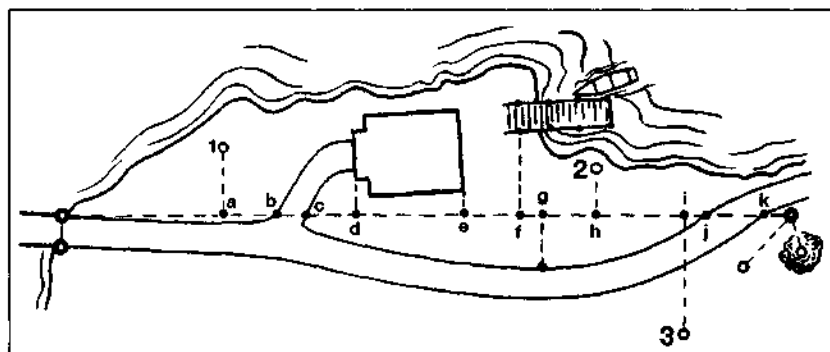


Figura 23

Modelo de plano con aplicación del método de las coordenadas.

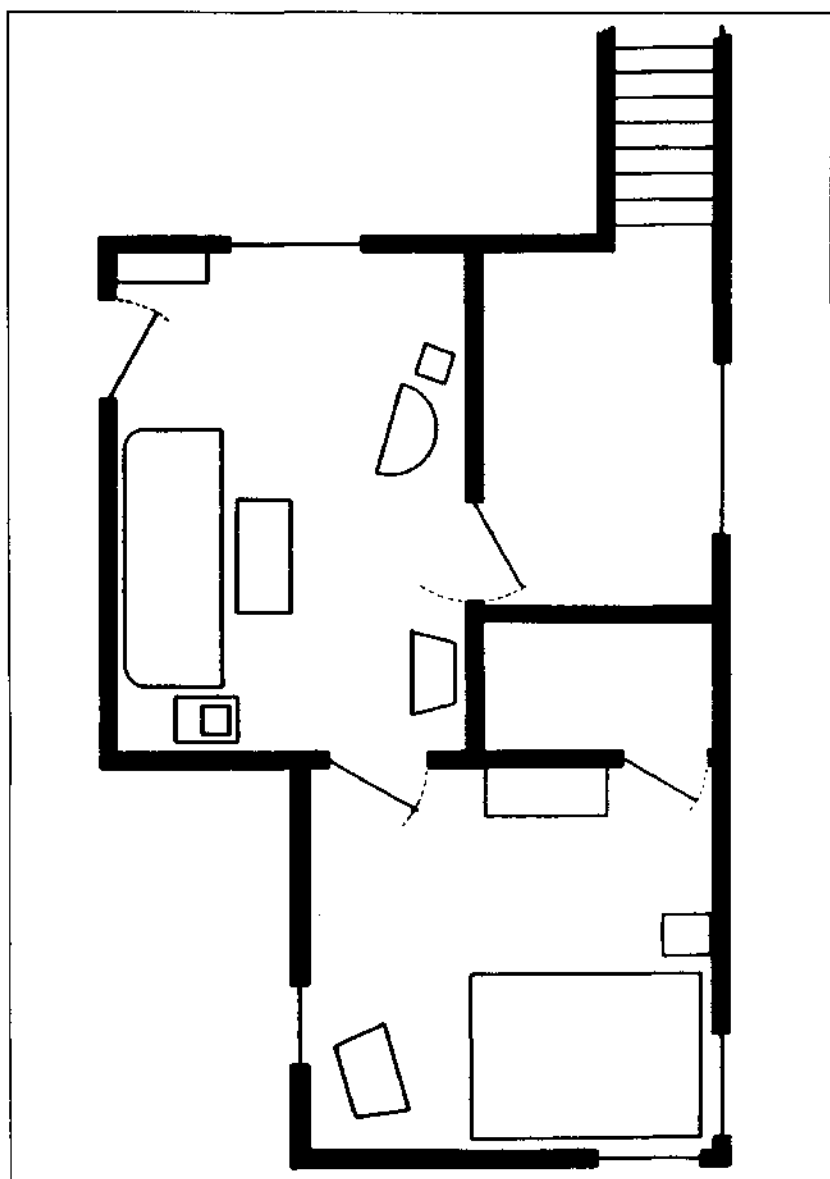


Figura 24

Ejemplo simple de plano horizontal o vista en planta.

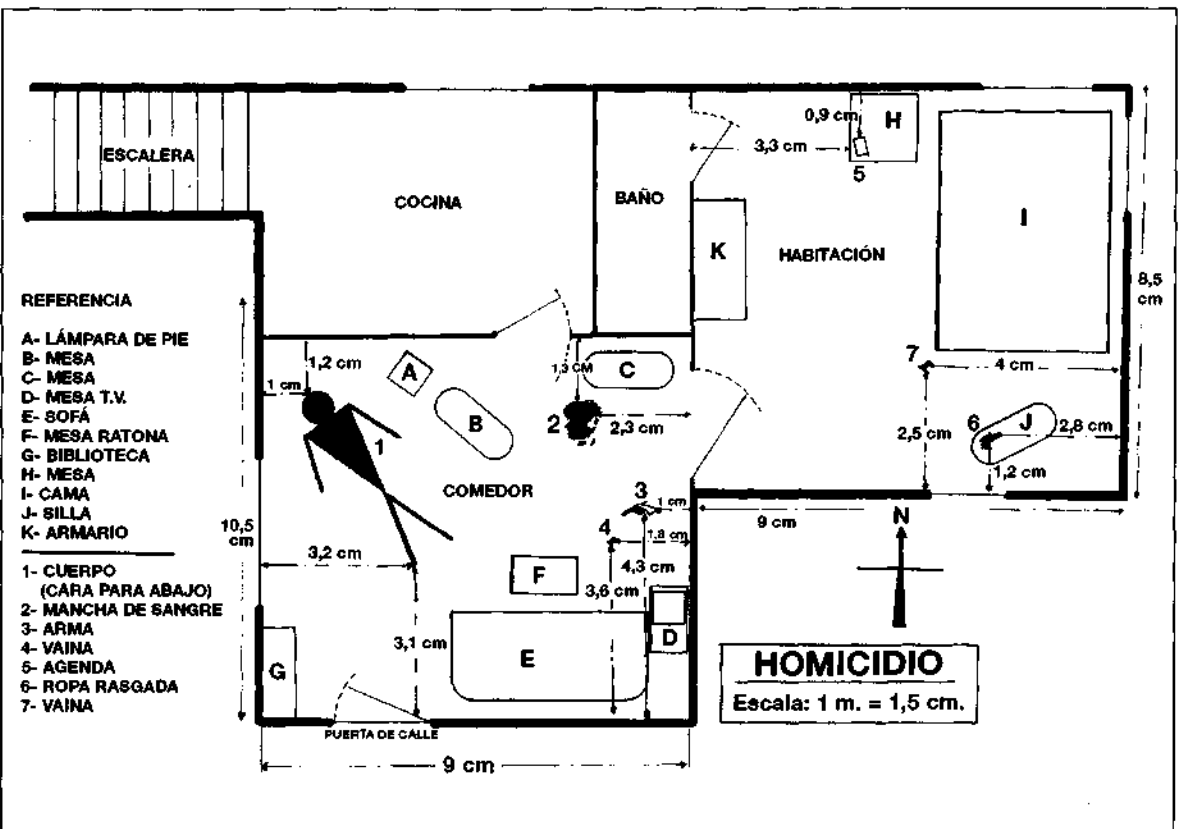


Figura 25

Esquema planimétrico completo ejemplificativo de un hecho de homicidio.

CAPÍTULO II

CADÁVERES ENTERRADOS

Dentro de la multitud de problemas que un investigador tiene que enfrentar en el escenario de un homicidio, existe otro que funciona como agravante y es aquel en que la víctima ha sido enterrada. Estos hechos por lo general no son comunes, pero tampoco son tan raros como para imposibilitar una instrucción y un entrenamiento especializados para su adecuado manejo.

Es un hecho bien reconocido que los errores cometidos durante las investigaciones preliminares, especialmente en los casos de homicidio, pueden muy bien ser fatales para la culminación exitosa de la tarea emprendida.

Aunque no haya dos casos o sucesos exactamente iguales, los hechos básicos se mantienen: el principal y quizás único testigo está muerto y la investigación obliga a quienes la realizan a hacer uso de todo el talento y entrenamiento que posean. Parte de estos dos elementos debería estar dirigida hacia la preplanificación para la crisis y el reconocimiento de la existencia de asistencia experta especializada, a la que se puede recurrir para obtener ayuda.

1. *PREPLANIFICACIÓN*

En el caso de cadáveres enterrados, la preplanificación debería incluir, además de todas las facetas administrativas del caso, un lis-

tado de variados y necesarios expertos forenses (de rápida localización), dentro del cual deberían contemplarse los siguientes:

—un médico legista, quien podrá interpretar y diagnosticar los cambios provocados por el deceso y las lesiones;

—un arqueólogo forense, quien podrá llevar a cabo estudios científicos sobre restos de diferentes materiales, culturas y actividades de la vida humana pasada;

—un antropólogo forense, a cuyo cargo estará la apreciación, clasificación y estudio de restos óseos, con el propósito de establecer su origen, raza, características físicas, relación social y cultural, sexo, etcétera;

—un odontólogo forense, para proveer asistencia en la identificación de cuerpos a través del examen dental y cotejo con el material de archivo que hubiera de los mismos, así como también para interpretar las huellas de mordeduras;

—un toxicólogo forense, para que se expida sobre la presencia de venenos u otras sustancias tóxicas en el cuerpo hallado;

—un psiquiatra forense, para temas de orden mental, emocional y desórdenes del comportamiento;

—un entomólogo, quien aplicará sus estudios sobre la vida de los insectos, y

—un botánico, para todo lo relativo a la vida de las plantas.

El empleo de la palabra *forense* en cada una de las especialidades médicas, significa la relación y aplicación de hechos médicos a problemas legales.

Obviamente, también la presencia del técnico especialista en la escena del crimen y el apoyo que le brinda el laboratorio de criminalística, son de vital importancia.

Resulta así evidente que el investigador no va a encontrarse sólo para responder las preguntas: ¿quién?, ¿dónde?, ¿cuándo?, ¿qué?, ¿por qué? y ¿cómo? En todos los casos de homicidio es él quien está y debería estar a cargo de los procedimientos pertinentes, soportando la responsabilidad del éxito o del fracaso.

2. *DESCUBRIMIENTO*

Existe un determinado número de hechos vinculados con cuerpos enterrados, que comienzan a desarrollarse como resultado del

hallazgo accidental, sin previo conocimiento o sospecha del lugar donde se encontraba.

La primera obligación de un funcionario responsable de tal caso, es establecer una lista de prioridades, dejando de lado las presiones tanto internas como externas que pudieran surgir. Inmediatamente después de notificado del hallazgo, se canalizarán los medios adecuados para salvaguardar la escena, antes de su arribo, siempre que ello sea posible.

Generalmente ocurre que quien descubre un cadáver enterrado es un obrero de la construcción, un cazador, o alguien que simplemente pasaba por el lugar. Hecha la notificación por parte del mismo a la autoridad competente, se dispondrá el inmediato acordado del lugar, tal como se hace con cualquier otro escenario delictual, prohibiendo el acceso de cualquier persona antes de la llegada del investigador a cargo, para que pueda apreciar la situación antes de que se produzca cualquier daño.

Si el cuerpo no ha sido removido de su sepultura, deberá requerirse la presencia de un arqueólogo, un médico legista y un técnico especializado en la detección y manejo de evidencias.

El arqueólogo es diestro en la excavación sistemática y cuidadosa de una sepultura; la mayor parte de esta fase de la investigación debería ser dejada en sus manos, mientras que el resto del equipo lo asiste en la medida de lo necesario.

El médico legista es el experto más familiar para las fuerzas policiales, y su presencia, además de ser corriente, resulta de enorme importancia, ya que puede brindar asesoramiento valorable e imparcial cuando se investigan las diversas formas de muerte.

Salvo que existan circunstancias especiales o inusuales, generalmente no hay necesidad de apuro en esta etapa; si por ejemplo, las condiciones climáticas son desfavorables, conviene dejar una vigilancia apropiada y esperar el mejoramiento de la situación. Si hubiere premura por iniciar la excavación, será adecuada la implementación de una carpa sobre el lugar, hecho éste que deberá ser incluido en la preplanificación. Las mismas reglas o pautas deberían aplicarse durante las horas nocturnas, ya que nada se gana y todo se puede perder con una excavación prematura.

Después de que el área esté asegurada, todos los miembros del equipo reunidos y la planificación sustanciada, podrá comenzar el trabajo real. Aquí es perfecta y especialmente aplicable la regla de

oro del homicidio: "Nunca mueva, toque o altere nada, hasta que haya sido anotado, graficado y fotografiado".

Antes que nada se llevará a cabo un relevamiento topográfico y planimétrico del sector en estudio y de sus adyacencias, con las referencias métricas del caso. La búsqueda podrá entonces continuar, ya sea en forma visual como con asistencia mecánica (detector de metales, etc.). Se tomarán vistas fotográficas integrales, incluyendo algunas áreas de toda la zona, de ser posible. El equipo se moverá gradualmente, documentando todo hasta su arribo al sitio de la sepultura, tratando en las idas y venidas de utilizar siempre el mismo camino (al menos en la etapa inicial de la búsqueda), para preservar tanto como sea posible el área general.

Es conveniente que el fotógrafo esté acompañado por los técnicos o los investigadores, quienes podrán advertirle sobre la presencia de cualquier evidencia física, tal como huellas de neumáticos, prendas de vestir, posibles armas o cualquier otro elemento probablemente conectado con el hecho.

Las fotografías no deberán incluir personas u objetos ajenos a la escena, pero sí contendrán números, reglas y flechas que señalen el norte magnético.

Cuando se cava una tumba y la tierra extraída se ubica cerca de la misma, la superficie del terreno se ve perturbada; por ende, se considerará lugar de la sepultura o tumba al sector donde exista tal perturbación.

De tal manera, considerando el tamaño promedio del cuerpo de un ser humano, y la superficie total de la tumba junto con la tierra perturbada a su alrededor, podemos decir que muy probablemente el largo total afectado será de aproximadamente 2,50 metros y el ancho de 1,80 metros. La profundidad guardará relación directa con la composición del suelo y la cantidad de tiempo que haya dedicado el sujeto para llevar a cabo su tarea.

Cuando la tierra extraída se deposita sobre el terreno, la vegetación existente puede comprimirse y/o romperse. Cuando se llena nuevamente la tumba, parte de esta vegetación quedará dentro del pozo.

(ver figuras 26 y 27 en p. 79)

Aquí es donde aparece la figura del botánico, quien podrá indicarnos o hacer estimaciones acerca del tiempo de que datan los daños de la vegetación, teniendo en cuenta la altura, la distribución, así como profundidad de los sistemas de raíces pertenecientes al lugar.

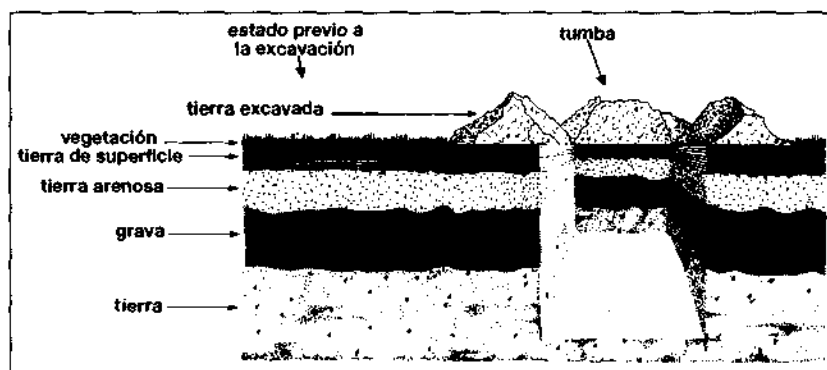


Figura 26

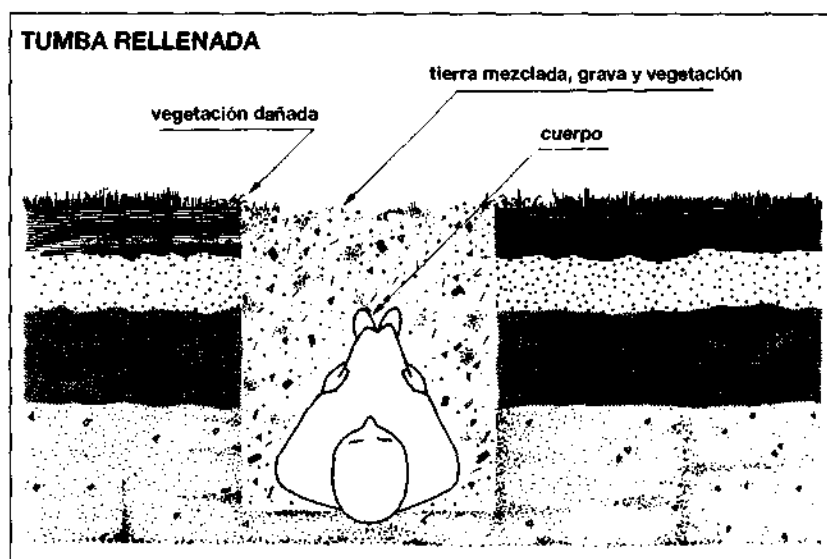


Figura 27

Si no se dispone de un botánico, se deberán tomar mediciones y extraer muestras para estudios posteriores. Los daños que produce la excavación y posterior llenado, pueden verse y medirse durante muchos años, en la medida en que se los compara con el crecimiento normal y no perturbado de las adyacencias.

Si se recogiera algún insecto muerto del interior de la sepultura, un entomólogo podrá dar información sobre su tiempo de vida, actividades, etc., incluyendo las larvas en su examen, si las hubiera. El estudio del tipo, ciclos de vida, etc., permitirá a este profesional expedirse sobre una fracción de tiempo mínimo, respecto de la muerte. También es importante recoger muestras de larvas de moscas a medida que se va escalonando la búsqueda en la tumba, las que podrán ser remitidas al examinador en una solución de 85% de alcohol, para su preservación.

3. *EXCAVACIÓN*

La superficie de la tumba deberá ser ahora limpiada para extraer materiales extraños o ajenos y lograr visualizar su delimitación real. Ello deberá concretarse con herramientas tales como una zapa de hoja plana o una paleta de mano. Las dimensiones obtenidas se anotarán en el plano o mapa correspondiente y se dará comienzo entonces a la excavación.

Se tendrá extremo cuidado en preservar los límites exactos de la sepultura original o de los residuos no perturbados, si parte del lugar ha sido dañado durante el descubrimiento. Cuando la tierra original fue removida y luego arrojada nuevamente en el pozo, las diferentes capas y composiciones de tierra y vegetación se mezclaron. La remoción lenta y cuidadosa de este material, puede revelar las huellas de herramientas hechas en los bordes externos y aun mostrar el tipo de hoja empleado, ya sea curvo o recto, con suficientes definiciones como para, posteriormente, efectuar una identificación con el material (herramientas) que se pudiera secuestrar.

Antes de esta excavación y luego de que se hayan tomado las fotografías del sitio en su condición original, se procederá a cuadricular en un plano y en el propio lugar, mediante estacas y cuerdas o hilos tensados, tanto en el sentido horizontal como vertical (a medida que se profundiza). El dibujo completo reflejará con precisión

los diferentes niveles verticales en que fueron detectados elementos, y las distancias en el sentido horizontal.

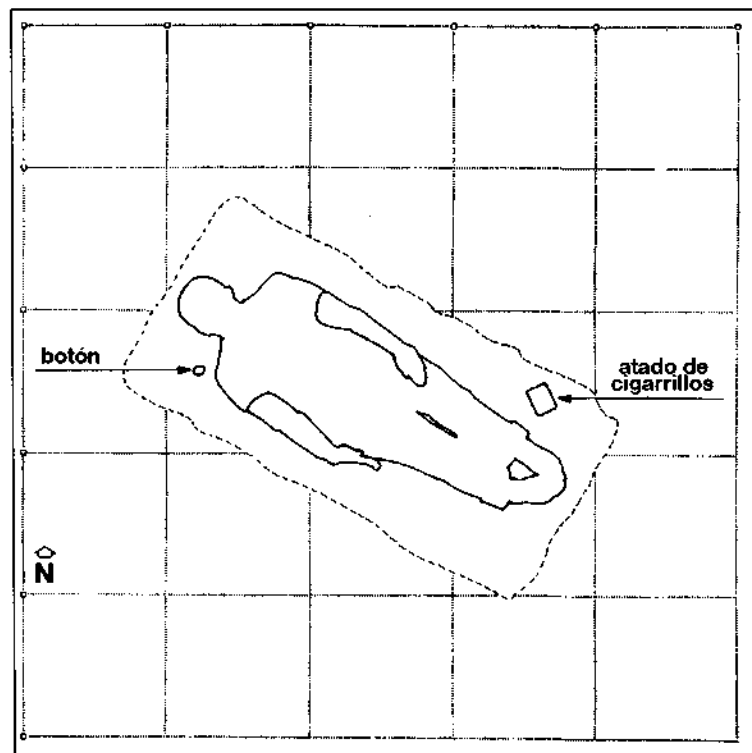


Figura 28

Vista en planta con cuadrículado hecho de estacas y cuerdas.

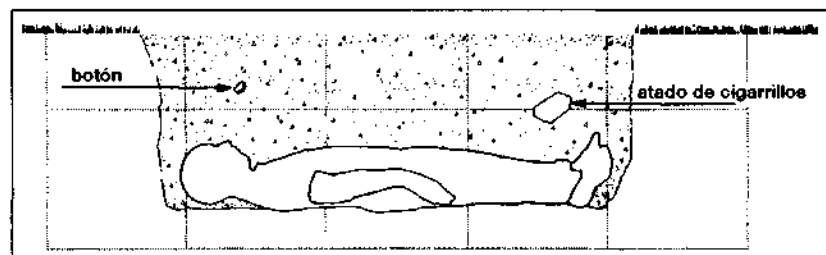


Figura 29

Vista en corte.

Deberán recogerse muestras de suelo, para comparación, en cada lugar donde sea detectado algún elemento de interés, además de ser convenientemente documentado. No debe olvidarse que cualquier objeto puede conservar huellas digitales latentes.

4. EL CADÁVER

Cuando el cuerpo no está cubierto y tiene tejidos, el médico le-gista puede llevar a cabo un examen superficial de la escena. Cuando éste ha concluido y se han tomado las vistas fotográficas respectivas, se dispondrá de una sábana limpia para depositar el cuerpo extraído, de manera tal de poder preservar cualquier evidencia que no haya sido vista en el momento y que se podría perder en el traslado. De tal manera, y de ser posible dentro de una bolsa plástica hermética, se enviará el cadáver a la morgue para la posterior autopsia.

A continuación se fotografiará nuevamente la tumba y el área o superficie inmediatamente por debajo del lugar donde yacía el cuerpo, se examinará y excavará algunos centímetros más. Aquí es importante la posesión de un detector de metales para el hallazgo de posibles proyectiles disparados a la víctima luego de colocada en la sepultura, o para la localización de cualquier otro elemento metálico de interés.

Como se expresara anteriormente, si un cuerpo desenterrado tiene aún restos de tejidos, corresponde la realización de una autopsia. Este examen *post-mortem*, donde se llevan a cabo análisis de sangre y otros fluidos corporales, rayos X, etc., puede revelar la causa de la muerte, si las heridas presentes fueron realizadas con anterioridad o posterioridad al deceso, las posibles armas empleadas, la identificación del fallecido y demás información necesaria y esencial para la investigación exitosa del caso.

La presencia de un cuerpo en avanzado estado de descomposición no es razón para desesperarse, ya que muchas cosas pueden aprenderse de lo que parece ser la desahuciada caricatura de un ser humano.

Si se trata de restos óseos de apariencia humana, cabe entonces la intervención de un antropólogo, quien posee los conocimientos como para ofrecer la siguiente información:

a) *Sexo*: Los huesos críticos para esta determinación son la pelvis, el cráneo (85% de precisión), el fémur y el sacro.

b) *Edad*: Los huesos críticos son la pelvis, los dientes, el cráneo y los huesos largos (la determinación de la edad se hace dificultosa una vez que la persona posee más de 25 años).

c) *Grupo étnico/raza*: El cráneo y los dientes son buenos indicadores.

d) *Estatura*: Los huesos críticos son el fémur, la tibia, el peroné, el húmero y el radio.

Debe hacerse notar que existen ciertas limitaciones respecto de los huesos humanos, cuando se trata de:

a) *Estimar la fecha de la muerte*: Con tantas variables, generalmente sólo es posible dentro de límites amplios.

b) *Causas de la muerte*: No siempre se encuentran registradas en los huesos (o esqueleto), pero los signos encontrados pueden ser *post-mortem*.

c) *Reconstrucción de los tejidos blandos faciales*: Se trata de un área actualmente en estudio, que muestra resultados prometedores, aun cuando todavía no ha sido totalmente desarrollada.

d) *Historias clínicas*: Pueden señalar viejas fracturas, trabajos dentales, problemas de espalda, etc., pero es una fuente de información limitada. Es importante recordar que un antropólogo no puede indicar la fecha de la muerte dentro de un marco útil de tiempo, o dar la causa de la muerte.

Es lógico que el personal policial no pueda recibir un entrenamiento extenso sobre la anatomía del cuerpo humano, suficiente como para hacer análisis de huesos presumiblemente humanos. No obstante ello, una somera enseñanza proporcionada por antropólogos podría ser útil para distinguirlos de restos animales.

5. LA BÚSQUEDA DE UN CUERPO ENTERRADO

A veces sucede que a través de un ciudadano informante o mediante una confesión, se toma conocimiento de la existencia de un cadáver enterrado en un lugar determinado. Como siempre estamos hablando de superficies cubiertas de tierra, una vez en las cer-

canías del sitio exacto (el cual a manera ejemplificativa suponemos desconocer), el único indicador visual puede llegar a ser una depresión originada por el paso del tiempo.

La observación desde un helicóptero puede evitar la búsqueda terrestre, ya que permite detectar rápidamente cualquier perturbación de la tierra o la vegetación.

Se han logrado muchos progresos con la fotografía infrarroja (térmica). La película de este tipo detecta el calor; en tal sentido no olvidemos que un cuerpo emite calor a medida que los tejidos comienzan a pudrirse o descomponerse. Sin embargo, si tal procedimiento se lleva a cabo inmediatamente después de que ha sido enterrado o, por el contrario, mucho tiempo después, no habrá más generación de calor y la película no captará nada.

Cuando se hace necesario conducir una búsqueda a pie en una zona sospechosa, son necesarios algunos implementos mecánicos que servirán de ayuda, especialmente en aquellos casos donde la inspección visual ha dado un resultado negativo. La primera acción será sondear. Ello se lleva a cabo con una caña de acero inoxidable, de aproximadamente 1 cm de diámetro y 1,5 metros de largo, la cual posee en su extremo superior una manija soldada en forma de "T". El extremo opuesto de la misma debe estar cortado en forma de chafán (elíptica) para darle filo y poder de penetración. El éxito del sondeo dependerá de la habilidad para distinguir superficies bajo tierra que se encuentren perturbadas o no, circunstancia ésta que también puede lograrse con varias penetraciones de prueba para captar la sensibilidad de la caña a la penetración.

Una vez detectado un punto *blando*, indicativo de una posible sepultura, se debe suspender el sondeo para no dañar el cadáver. En esta oportunidad entra en escena otro implemento que es capaz de verificar la presencia o ausencia de un cuerpo, sin necesidad de excavar. Tal instrumento, que utiliza gas metano como fuente primaria de verificación, opera sobre la detección de sulfuro de hidrógeno, fosfuro de hidrógeno, dióxido de carbono, amoníaco y gases metanos que se forman de un cuerpo en descomposición.

La formación de gas es mínima a bajas temperaturas. A temperaturas elevadas, el gas que se forma puede ser detectado mediante el empleo de la sonda destinada al efecto.

Luego de localizado el sitio, se inserta una sonda que determina la temperatura, permitiendo ello poner el instrumento de gas a la sensibilidad correcta. Los vapores de los gases de un cadáver en-

terrado ascenderán por el interior de la tierra en forma de "V", con la concentración más grande apuntando hacia el cuerpo. Por lo tanto, una sonda insertada cerca del cuerpo o a demasiada profundidad podría no captar el gas.

Lo expresado implica la necesidad de concretar varias pruebas a diferentes profundidades para asegurar una cobertura completa. Este sistema también puede emplearse bajo concreto, patios, carreteras, pisos en general, previa realización de un pequeño orificio.

El descubrimiento y posterior excavación para extraer un cuerpo enterrado es un desafío que debe ser encarado con paciencia y habilidad, echando mano de todos los recursos técnicos disponibles.

DETECTOR DE VAPOR

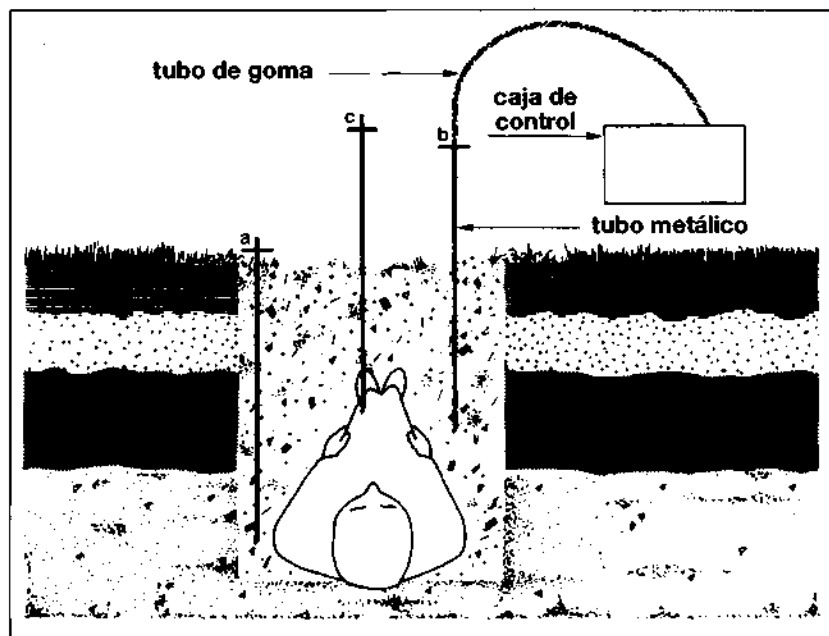


Figura 30

- a - Muy profundo; vapores que se pierden.
- b - No sobre el cuerpo pero poco profundo para captar vapores.
- c - Directo sobre el cuerpo; vapores más potentes.

CAPÍTULO III

MARCAS DE MORDEDURAS

EN LOS DELITOS CONTRA LAS PERSONAS

Adecuadamente conservadas y protegidas, las marcas de mordeduras pueden ofrecer un importante vínculo entre la víctima y el asaltante. Sin embargo, debería hacerse notar que aunque puedan ser frecuentes las mordeduras de los delincuentes respecto de damnificados o víctimas, la situación inversa también es incriminante.

Si bien no siempre es posible, resulta ideal poder contar con un odontólogo forense (o legal) desde el comienzo de la investigación de un caso. De cualquier manera, dado que es el funcionario policial quien primero entrevista a un damnificado o ve el cuerpo del occiso, es importante que proteja el o los lugares donde existan mordeduras, para que el odontólogo legal pueda analizar la evidencia y testifique en el momento adecuado.

1. *RECONOCIMIENTO, INVESTIGACIÓN Y EXAMEN*

Los investigadores deberán sospechar de cualquier marca o contusión con apariencia de mordedura, ya sea en personas muertas (víctimas) o inconscientes (damnificados). Las huellas aludidas, ya sea que existan en las personas mencionadas o en el autor del hecho, no serán lavadas hasta que se hayan cumplimentado ciertos pasos necesarios.

Este tipo de huellas puede revelar características de uno o más dientes o bien aparecer en forma de herradura. La otra posibilidad es que puedan observarse tanto las marcas de los dientes superiores como inferiores. Sintetizando, el número variará de uno a varios.

2. FOTOGRAFIADO PRELIMINAR

Las muestras fotográficas serán el tipo de evidencia más valioso y debe ser concretado inmediatamente después del suceso, en caso de ser factible. Puede emplearse película blanco y negro o color, con iluminación apropiada, tratando de que la cámara sea preferentemente de 35 mm (o bien otro modelo que no distorsione la imagen). Esta última deberá estar ubicada en forma perpendicular a las diferentes zonas dañadas, que por lo general van a ser curvas, colocando previamente una escala métrica.

3. LIMPIEZA DE LAS ZONAS AFECTADAS

Luego de tomadas las fotografías iniciales, el personal de laboratorio (empleando técnicas no contaminantes) deberá limpiar con algodón embebido en agua destilada o solución fisiológica salina, el lugar afectado. Munido de guantes estériles para evitar contaminación, trabajará desde la periferia hacia el centro de la huella, permitiendo que el algodón humedezca, para luego colocarlo en un recipiente estéril que se marcará y sellará.

(ver figuras 31 y 32 en ps. 89 y 90)

Se recomienda también la toma de muestras, mediante similar procedimiento, de sectores donde no haya mordeduras, con fines de control. Las evidencias así recogidas se enviarán al laboratorio para su posterior análisis.

Esta técnica tiene por finalidad determinar el grupo de sangre (A, B, O, AB) del *secretor* (víctima o acusado). El personal de laboratorio debe asegurarse la obtención de muestras de sangre y saliva de la víctima, y si el acusado fuera habido, igual procedimiento se realizará con él.

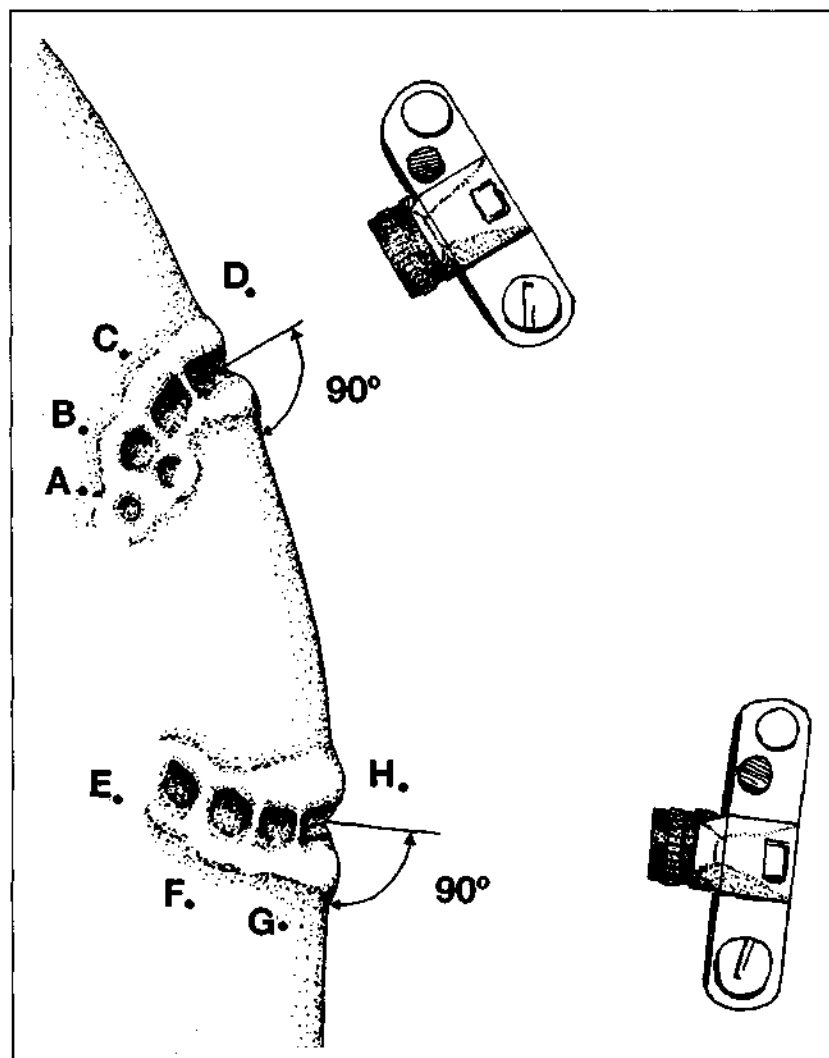


Figura 31

Forma de fotografiar una mordedura.

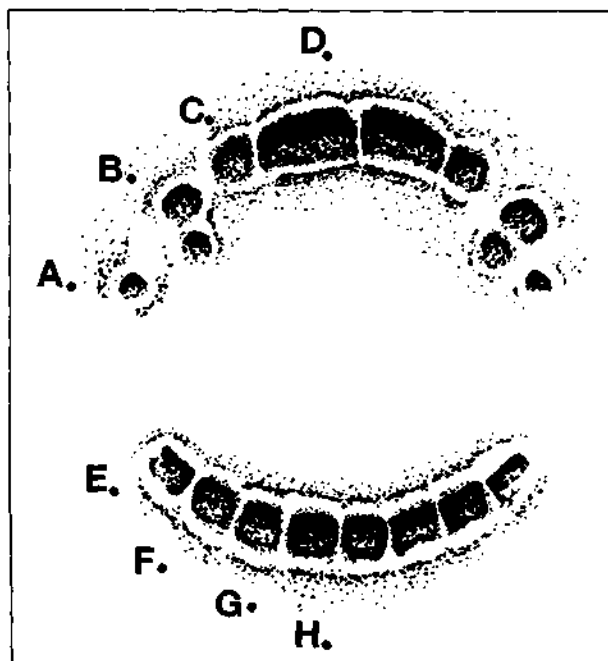


Figura 32

Resultado que se obtiene.

4. FOTOGRAFÍAS FINALES

Luego de obtenidos los residuos de saliva, se limpia el área y se obtienen vistas fotográficas que denoten la relación o ubicación de la o las marcas con el resto del cuerpo.

Las vistas de aproximación de cada huella deben ser repetidas a intervalos de 24 horas durante 5 días, tanto en las personas vivas como en las muertas, dado que por lo general las mismas se hacen cada vez más evidentes y distintivas con el paso del tiempo.

Tanto la autopsia (u obducción) como las incisiones o suturas (según el caso) en las proximidades de las mordeduras, en lo posible deben ser evitadas, hasta tanto no se hayan registrado fotográficamente.

5. LEVANTAMIENTO DE LAS IMPRESIONES POR MORDEDURA

Estas impresiones deben ser *capturadas* por un odontólogo legal o técnico especializado en la toma de moldes. De no ser ello posible, se recomiendan los siguientes pasos o procedimientos:

a) Orientar la superficie afectada en forma horizontal, para que el material a emplear no caiga o no salga de la mordedura.

b) Colocar el material para toma de impresiones suavemente sobre el área y dejar que se fije. El tiempo que ello toma se prolonga si el cadáver está refrigerado.

c) Colocar la cinta ortopédica sobre el material mencionado, previo calentamiento en agua; ello le dará rigidez, sin distorsión.

d) Untar nuevamente con la mezcla para toma de impresiones, por encima de la cinta ortopédica, asegurándola en su lugar. Luego de ello puede fabricarse un modelo de la huella.

Además de lo hasta aquí expresado, es importante, según los casos, obtener un molde de la dentadura del sospechoso o acusado, cuando fuera habido.

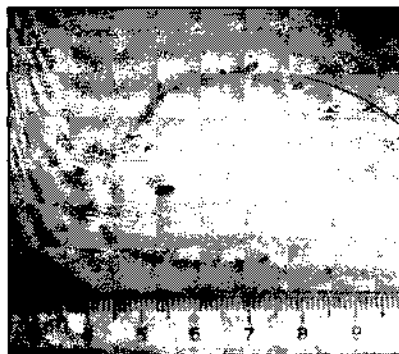


Figura 33

Documentación fotográfica (métrica) de la mordedura.



Figura 34

Colocación de la mezcla para levantamiento de impresiones.

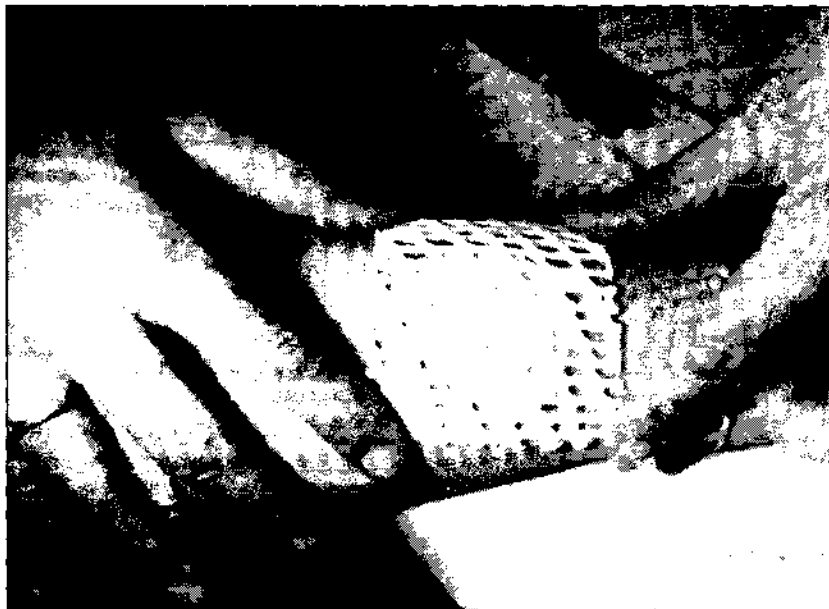


Figura 35

Colocación de la cinta ortopédica.

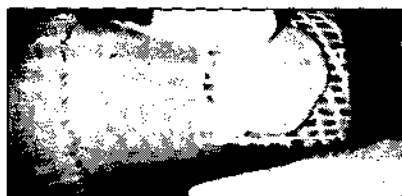


Figura 36

Nueva colocación de la mezcla.

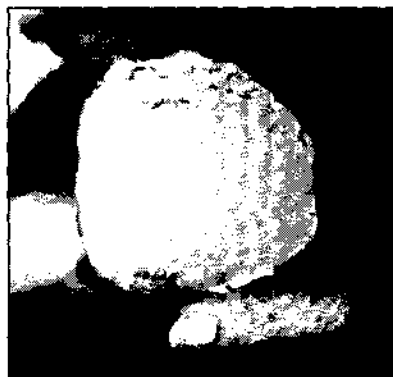


Figura 37

Molde terminado.

CAPÍTULO IV

HUELLAS DACTILARES LATENTES

1. *INTRODUCCIÓN*

Es una realidad totalmente aceptada que las huellas dactilares constituyen una forma de identificación absoluta de un individuo y que se han transformado en la evidencia física más valiosa que pueda encontrarse en el escenario de un delito.

Hay varios factores que actúan contra el delincuente cuando comete un ilícito; ha sido aceptado universalmente que el mismo no puede evitar dejar algo tras de sí ni tampoco dejar de llevarse algún elemento consigo. Lógicamente nos interesa lo que puede dejar, y ese algo lo constituyen las huellas dactilares.

Así como ha avanzado la tecnología aplicada al estudio del escenario de los hechos, también han avanzado las medidas de precaución tomadas por aquellos que delinquen, para evitar su detección. Con mucha frecuencia y después de un exhaustivo examen, el técnico especializado llega a rendirse, suponiendo que el autor del hecho utilizó guantes. En muchos casos es cierto, pero los verdaderos profesionales han aprendido a través de la experiencia a buscar más allá de las cosas obvias que pudieran haberse tocado. Tal es el caso del que se quitó el guante para abrir un atado de cigarrillos, dejando una huella parcial y latente en el celofán de la envoltura.

El tipo de huella dactilar latente que por lo general se deja, se produce cuando los dedos depositan la humedad exudada por los po-

ros superficiales, la cual se acumula en los bordes de fricción. Otra, la llamada huella digital *plástica*, es la impresión dejada en algunas sustancias suaves como la masilla colocada alrededor de los vidrios de las ventanas, pintura húmeda, brea, e inclusive un trozo de queso mordido por el asaltante.

Independientemente de la fuente de la huella latente, lo importante es poder localizarla, revelarla y conservarla ya sea para recogerla o fotografiarla. Por supuesto, en esta etapa de la investigación el delincuente no puede ser llevado a juicio por su delito. Son raros los casos en que se dejan en la escena del crimen suficientes huellas latentes como para permitir una clasificación e identificación total. Por lo general, sólo se recuperan una o dos huellas individuales e identificables. Por lo tanto, el investigador tiene que basarse en su banco de datos dactilar para comparación con las impresiones allí existentes, en el cotejo con otras de sospechosos, etcétera.

2. ¿QUÉ ES UNA HUELLA DACTILAR LATENTE?

La mejor manera de describirla es como una combinación de químicos (sustancias) exudada por los poros que se encuentran en la superficie de la piel. Dichas sustancias están formadas por agua, aceites, aminoácidos y sales. La humedad exudada se deposita a lo largo de la superficie de los bordes de fricción que están en la palma de la mano y las plantas de los pies.

Cuando la mano o el pie entra en contacto con otra superficie, transfiere esta humedad, amoldándose en mayor o menor grado a los bordes de fricción en que se deposita. Una presión excesiva de la mano, dedos o pie, con frecuencia deposita esa humedad excesiva; este tipo de huella latente presentará el mayor grado de dificultad en lo que se refiere a su revelado.

El borde de fricción comienza a desarrollarse en el segundo mes de embarazo, y estas formaciones, que no sufrirán grandes cambios durante la vida de un individuo, están totalmente configuradas al momento de nacer.

En muchos casos, la huella latente es invisible a simple vista; por ende, debe tenerse sumo cuidado al manejar las piezas a examinar.

3. EL EXAMEN EN EL LUGAR DEL HECHO

Al llegar a la escena del crimen, el técnico o especialista en huellas digitales frecuentemente se enfrenta a una serie de problemas. El mayor de ellos es la seguridad del lugar. Con frecuencia llega después de que el ama de casa ya tuvo oportunidad de *arreglar* todo o el impaciente comerciante ha abierto su negocio.

También existe el problema de los *curiosos*, gente que se detiene a ver qué sucede, familia y vecinos que llegan a consolar a la víctima y mueven *esa peligrosa arma* para que no quede al alcance de los niños, o que limpian la sangre antes de que manche los muebles o la alfombra.

El procedimiento a seguir recomendable debe tener la siguiente secuencia:

- Revisar daños y pedir la ayuda necesaria, administrando primeros auxilios cuando así correspondiere.

- Asegurar la escena. Colocar agentes o personas responsables en todas las entradas del inmueble. En lugares abiertos, poner barreras, cuerdas, señales, etc. Poner vigilancia en lugares clave.

- Interrogar a testigos mientras tengan frescos los detalles.

- Fotografiar la escena completa.

- Realizar la inspección del lugar, localizando todas las pruebas pertinentes, sin recogerlas.

- Iniciar la búsqueda de impresiones digitales.

- Preparar el dibujo del escenario.

- Recoger todas las huellas físicas.

La búsqueda de huellas dactilares latentes requiere paciencia y habilidad. De hecho, el técnico debe pensar como delincuente y mentalmente seguir la trayectoria del que cometió el ilícito.

El lugar obvio por donde comenzar la búsqueda es el punto de entrada. De no haber muestras visibles de acceso con violencia deben chequearse todas las posibilidades.

Examinar perillas o manijas de puertas, marcos de puertas, marcos de ventanas y repisas de éstas. Con frecuencia es útil emplear una linterna, sostenida en un ángulo adecuado para descubrir las huellas latentes.

Cualquier objeto que se piense que la víctima haya movido, co-

mo lámparas, ceniceros, cajones o armarios, también deben revisarse.

Un delincuente cuidadoso puede dejar el lugar virtualmente igual a como lo encontró. Por lo tanto, hacer que los testigos señalen dónde se guardan todos los objetos, sin dañar ninguna de las huellas latentes que puedan existir, es una buena técnica.

Controlar los lugares no tan obvios (refrigerador, alimentos, etcétera).

Las huellas dactilares *grabadas o plásticas* ocurren cuando se presiona la punta del dedo sobre un material suave como la masilla, la manteca, el queso, etc. En vista de que estas huellas no pueden recogerse, se graban por diversos medios.

4. MÉTODOS PARA REVELAR HUELLAS LATENTES

Los utilizados con mayor frecuencia son a base de polvos y químicos.

a) *Polvos*.— Con excepción de los colores básicos, los polvos para huellas dactilares aparentemente son todos muy similares. Sin embargo, es exactamente al contrario. Son fórmulas únicas, cada una con un propósito específico y para un tipo determinado de superficie.

Hay disponible una variedad de sustancias en forma de polvo, negro de humo, grafito, talco, yeso, y polvos comerciales, como el aluminio y el bronce. Aun cuando son fácilmente obtenibles y relativamente baratos, todos presentan tendencia a *empastarse* y su empleo puede ocasionar resultados desastrosos.

Una huella digital latente es, en el mejor de los casos, una forma de evidencia física muy frágil, por lo que debe manejarse con mucho cuidado si se quiere que sea de utilidad. Un buen polvo para ello debe tener suficiente adhesividad, para que se adhiera a las conformaciones de los bordes. Asimismo, debe poseer las características *humectantes* necesarias para evitar que los movimientos de la brocha o cepillo dañen la huella desarrollada. Asimismo, su fórmula debe tener un agente que mantenga claros los espacios entre las crestas, de modo que no se formen características de identificación falsas, como puntos, bifurcaciones, etcétera.

La selección de un polvo se basa en distintos factores:

1) *Color*: Debe contrastar adecuadamente en las superficies donde se va a aplicar, para permitir el fotografiado de la huella.

2) *Adherencia*: Debe compararse el polvo en relación con la superficie. Es absolutamente necesario que la adherencia del elemento sea únicamente respecto de la humedad de la huella latente y no de la superficie.

Siempre es aconsejable que el técnico coloque su propia huella sobre la superficie y realice una prueba antes de concretar su trabajo.

Los polvos se encuentran disponibles en tres formas diferentes: óxidos (negro, blanco, rojo), metálicos (plata, oro, cobre) y magnéticos (negro, blanco, gris, rojo, plata).

El técnico va a encontrarse con dos tipos principales de superficies: *porosas y no porosas*.

Como ejemplo de las primeras podemos citar el cartón, la madera, el papel, algunos metales, la piel y superficies pintadas.

Las no porosas son aquéllas muy pulidas, las enchapadas (cromo, plata, oro), las de vidrio, las esmaltadas, objetos de porcelana y fórmica, etcétera.

	<i>Óxido</i> <i>(deslizante)</i>	<i>Metálico</i> <i>(pegajoso)</i>	<i>Magnético</i>
Todos los productos de papel	X	—	X
Madera	X	—	X
Plástico (fórmica)	—	X	X
Superficie no metálica pintada	X	—	X
Superficie metálica pintada	X	—	—
Vidrio	—	X	X
Porcelana	—	X	X
Vajillas	—	X	X
Superficies enchapadas	—	X	—

Las superficies pueden analizarse aun más respecto de sus características. Una superficie porosa también se conoce como superficie *pegajosa*, ya que ciertos polvos, como por ejemplo los metálicos, tienden a pegarse a la superficie y no sólo a los bordes, bloqueando la huella.

Por el contrario, si un polvo de óxido o *deslizante* se usa en una superficie no porosa suave, las propiedades del mismo harán que la huella latente se borre totalmente al cepillarse.

Bajo cada una de las categorías anteriores encontramos superficies texturadas y no texturadas. La cubierta de vinilo de maletas, billeteras, cámaras, etc., es un ejemplo de una superficie texturada no porosa.

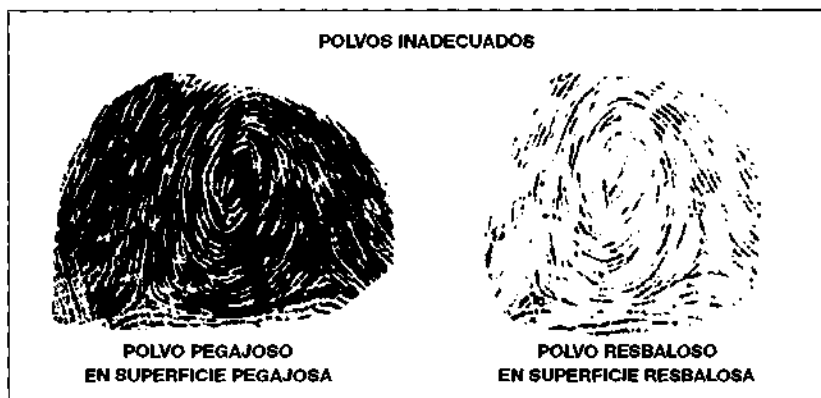


Figura 38

Los polvos magnéticos tienen características únicas por sí mismos. Por lo general se usan en superficies suaves no texturadas, tales como plástico, fórmica, cerámica, productos de papel y madera sin tratar.

Tanto el polvo de óxido como el metálico se aplican con cepillos de distintas longitudes y formas; los que se usan con mayor frecuencia son: pelo de camello, plumas y fibra de vidrio. No debe utilizarse un cepillo con más de un tipo de polvo, ya que dañaría las propiedades de aquéllos y también podría hacerlo con la huella.

b) *Empolvado de huellas digitales latentes.*— Una vez escogido el polvo apropiado de acuerdo con las propiedades de la superficie, y para dar un buen contraste fotográfico, se vacía una pequeña cantidad del mismo sobre un papel o recipiente poco profundo. Si se mete el cepillo dentro del frasco, puede apretar el polvo y formar

grumos; de haber suciedad en el cepillo puede contaminar el polvo. A continuación, se toca con la punta del cepillo, se lo golpea suavemente y se elimina cualquier exceso de material.

El paso siguiente es aplicar el polvo a la superficie con suavidad y movimientos cortos, y cuando comienza a aparecer una huella se mueve el cepillo para adaptarlo a su conformación. Si la huella es débil se añadirá más material. Luego de limpiar el cepillo se trabaja nuevamente la impresión con otro cepillo limpio, para quitar cualquier exceso entre los bordes.

Aun cuando los polvos magnéticos pueden aplicarse con un cepillo, se usa una varilla magnética para obtener el beneficio máximo de los mismos. Tales polvos pueden usarse en cualquier superficie no ferrosa; sin embargo, por un problema de seguridad, se debe evitar el uso en superficies de metal hasta asegurarse de que no contienen hierro ni acero.

c) *Fotografiado de la huella.*— Dado que una impresión digital es sumamente frágil, antes de hacer algún intento de levantarla debe fotografiarse.

Hay diversidad de cámaras adaptadas a tales propósitos; las más adecuadas son las de enfoque fijo con fuente de luz integrada. La cámara debe estar diseñada para producir una imagen en la película del mismo tamaño que el objeto. Es una buena costumbre incluir en la toma una referencia métrica.

d) *Levantamiento de la huella latente revelada.*— Para la concreción de dicha tarea se dispone de diversidad de materiales. Debe recordarse que no todas las superficies permiten levantamiento de una huella latente revelada. Dentro de esta categoría se encuentra la mayor parte de los productos de papel, de modo que para conservar la impresión, debe sellarse con plástico o cinta transparente. Si la huella fue revelada con polvo metálico, es recomendable sellarla tanto adelante como atrás para evitar que la humedad la oxide y se borre en un determinado lapso. Si el tipo de papel es lustroso o de bastante cuerpo, pueden usarse levantadores de huella y no es necesario sellar la huella.

Con respecto a las cintas levantadoras, las hay disponibles en medios transparentes y de congelación. La más frecuentemente

utilizada es la primera, con base de celofán o polietileno. Nunca se debe usar la cinta normal de envoltura, ya que forma burbujas de aire a través del pegamento, las que causan dificultades en el examen.

Las cintas congeladas se vuelven claras al colocarse sobre el material de soporte.

También existen levantadores ensamblados, que son una combinación de una hoja clara de acetato con adhesivo y una hoja de soporte. Los hay transparentes, blancos y negros.

(ver figuras 39 y 40 en ps. 101 y 102)

e) *Revelado químico de huellas dactilares latentes.*— Como mencionáramos anteriormente, hay dos métodos para revelación de huellas. En esta oportunidad nos referiremos al químico y/o de vapor.

También se mencionó que una huella latente está formada por agua, aceites, aminoácidos y sales. Los polvos se adhieren al contenido de humedad. Con la aplicación de agentes químicos o vapores se desencadena una reacción química entre los aceites, aminoácidos y sales.

Nos referiremos a cuatro procedimientos, a saber: vaporización; nihidrina; nitrato de plata; vaporización cianocrilato.

El método de vapor contribuye a la búsqueda de una reacción química entre los aceites depositados por los dedos y los vapores de yodo. Por este motivo, la huella latente debe ser reciente, dado que la humedad y los aceites se secan rápidamente, especialmente en superficies porosas tipo papel, cartón, cartulina o madera.

Los elementos a emplear para esta tarea pueden ser: el gabinete de vaporización/cámara calorífera o bien pistolas desechables de vaporización de yodo.

(ver figura 41 en p. 103)

Como se indicara, la vaporización de yodo reacciona con los aceites que se encuentran en los bordes de fricción; por otro lado, la nihidrina lo hace con los aminoácidos. Desde el punto de vista químico, los aminoácidos exudados por los poros forman una liga permanente con los materiales de los productos del papel. Por este motivo pueden revelarse huellas digitales depositadas meses e inclusive años atrás. La nihidrina está disponible en forma de polvo y también de aerosol.

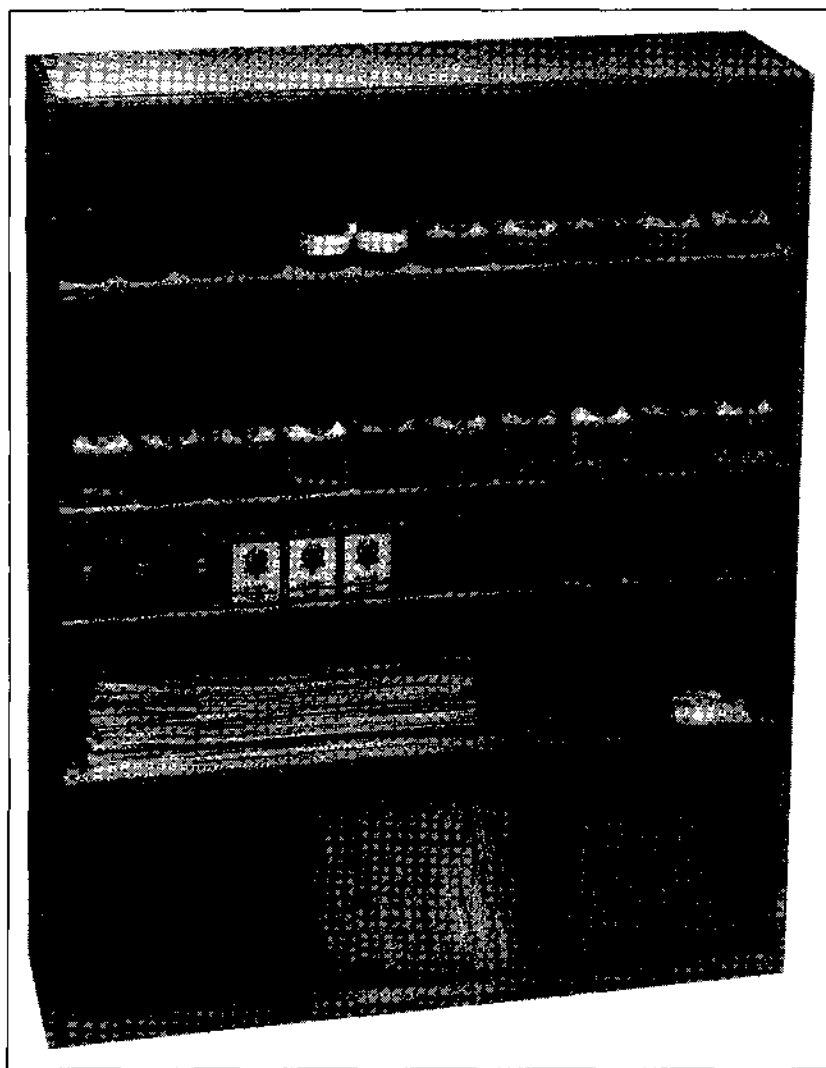


Figura 39

Equipo completo de polvos, cepillos y levantadores de huellas latentes.



Figura 40

Huella dactilar revelada.

El método del nitrato de plata es de hecho un proceso fotográfico. En este caso, los iones de plata se combinan con las sales depositadas por el dedo, formando cloruro de plata, el cual es sensible a la luz, y su exposición a la luz del sol directa o a ondas cortas de luz ultravioleta acelera el revelado.

Por lo general el nitrato de plata se encuentra disponible en aerosol y debe ser utilizado en áreas bien ventiladas. Aun cuando las huellas reveladas son permanentes, debe observarse que las superficies del fondo eventualmente se oscurecen si están expuestas por períodos largos a la luz solar o ambiental, originando que las huellas reveladas se diluyan. Por ende, las huellas de nitrato de plata deben almacenarse en sobres opacos. Por supuesto que es posible su exposición a la luz ambiente normal durante períodos cortos, para permitir su examen.

La vaporización del cianocrilato (súper pegamento) es un método descubierto recientemente. Según las indicaciones, los humos de esta sustancia se condensan en el agua depositada por los bordes de fricción. El resultado es una huella blanca y dura que puede

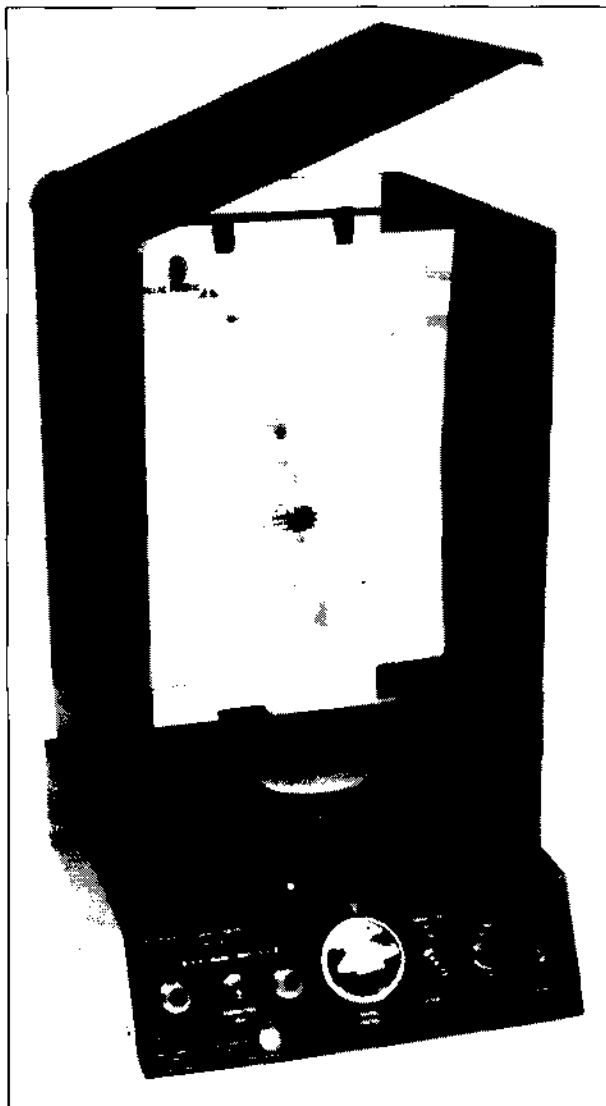


Figura 41

Gabinete de vaporización.

levantarse después de la aplicación convencional de polvo para huellas digitales.

Finalmente, diremos que las huellas plásticas dejadas en materiales suaves (queso, manteca, etc.), frecuentemente son difíciles de fotografiar con éxito, puesto que no hay grado de contraste entre la huella latente y el fondo. Ocasionalmente puede crearse el contraste aplicando polvo contrastante a la impresión. En muchos casos, tales impresiones pueden moldearse con una capa de silicona líquida, previo levantamiento de un dique de arcilla o plastilina alrededor de la huella.

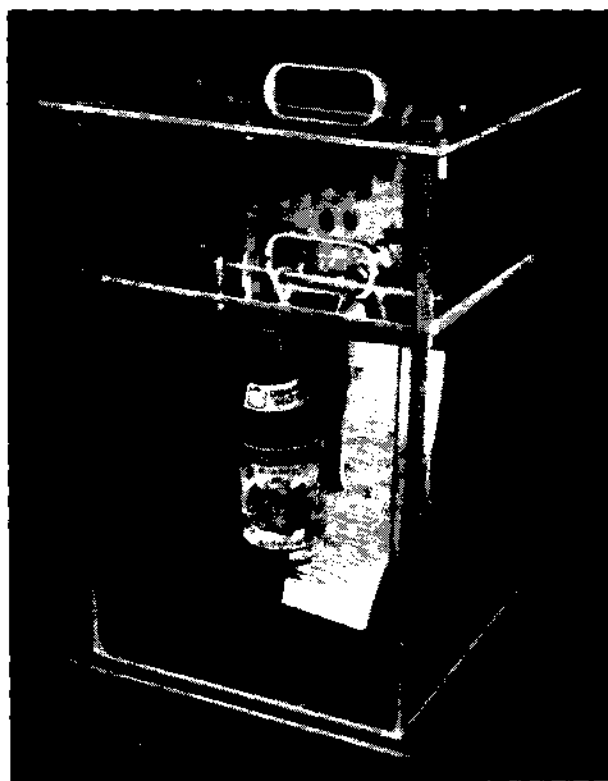


Figura 42

Cámara para operar con cianocrilato.

5. DETECCIÓN DE HUELLAS LATENTES MEDIANTE EL USO DEL LÁSER

Ante todo digamos que la palabra láser proviene de la expresión inglesa "*light amplification by stimulated emission of radiations*" (amplificación de la luz mediante emisión estimulada de radiaciones) con que se designa una variedad que permite obtener rayos de luz coherente, particularmente intensos y penetrantes. Su funcionamiento es el siguiente: un cristal de rubí u otra materia apropiada, es herido por ondas electromagnéticas; ciertos electrones de sus átomos, al absorber energía, pasan a ocupar una órbita superior; sin embargo, todo electrón excitado tiende a volver a su estado fundamental, y si se dirige un rayo de luz potente sobre el rubí, aquellos electrones vuelven a su órbita original, cosa que no puede ocurrir si no se deshacen del suplemento de energía que habían adquirido; la eliminación la efectúan emitiendo fotones.

La barrita de rubí tiene dos espejos en sus extremos, uno de ellos opaco y el otro semitransparente. Los fotones engendrados en el cristal se mueven a lo largo de la misma; al llegar a un espejo terminal, son reflejados hacia el otro, y así sucesivamente. Mientras tanto, nuevos fotones se van sumando a los que ya oscilan entre los espejos. De ahí una multiplicación considerable de los mismos, o sea una amplificación enorme de la luz. Tan intenso llega a ser el haz, que acaba por atravesar el espejo semitransparente, saliendo del cristal.

Además de los láser de sólidos (con rubíes u otros cristales) existen láser de gas (argón, gas carbónico, etc.). Cada tipo conviene para una aplicación determinada por sus características: potencia, funcionamiento continuo o por impulsos, frecuencia de la luz emitida, que es monocromática y a veces invisible (infrarroja).

Los rayos que salen del láser son prácticamente paralelos (en realidad, muy ligeramente divergentes), con lo cual el haz conserva su potencia a larga distancia.

El procedimiento utilizado para detectar impresiones digitales latentes con un láser es limpio y relativamente fácil. Inicialmente no se requiere un pretratamiento del espécimen y, por ende, no se le produce ninguna alteración al mismo. El rayo láser expandido (mediante la interposición de una lente divergente en su camino) se em-

plea para hacer fluorescentes ciertas propiedades de la transpiración, aceites del cuerpo y/o sustancias ajenas contenidas en la impresión digital latente.

Su poder de salida generalmente oscila entre 8 y 20 *watts* y los más apropiados para este tipo de tarea operan con ion argón o vapor de cobre. El examen de un espécimen se lleva a cabo pasando pequeñas piezas bajo el rayo expandido. Los elementos más grandes son en cambio observados mediante el uso de un cable con fibra óptica.

La detección se produce cuando la impresión latente absorbe la luz del láser y la devuelve en longitudes de onda más largas que la fuente lumínica. El operador debe estar protegido con anteojos que contengan filtros de una densidad óptica de 7 a 515 nm. Los filtros absorben las longitudes de onda del láser y permiten pasar las de 540 nm en adelante. Las impresiones digitales se hacen fluorescentes a partir de los 550 nm.

De tal manera, las impresiones así visualizadas pueden ser fotografiadas colocando ese filtro mismo delante de la lente de la cámara. Mediante este sistema pueden detectarse huellas en gran variedad de superficies, entre ellas vidrio, papel, cartón, goma, madera, plástico, cuero y metal.

El sistema también es útil para resaltar las huellas previamente tratadas con los métodos convencionales.

En los países en que se ha puesto en práctica este método, el mismo ha demostrado ser 500 veces más sensitivo que el ojo humano para detectar impresiones latentes, tanto en el lugar del hecho como en el laboratorio.

Existen aparatos que vienen provistos de un sistema de televisión que trabaja en conjunción con el láser y provee al operador de un confiable equipo electrónico de imágenes, ya que las huellas que aparecen en pantalla (monitor) pueden ser grabadas en vídeo, procesadas en un convertidor de imágenes o transmitidas a una central de datos para almacenamiento o comparación.

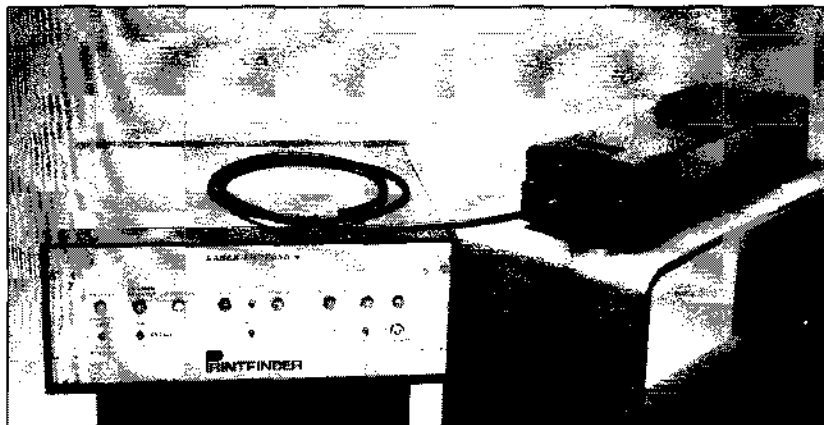


Figura 43

Láser portátil con fibra óptica.



Figura 44

Módulo detector con monitor.

CAPÍTULO V

PELOS Y FIBRAS

1. PELOS

La investigación exitosa de delitos contra las personas tales como el estupro, la violación, el rapto, el homicidio, el asalto a mano armada, el atropellamiento con vehículos, etc., se asiste a menudo, en forma material, a través del examen de los pelos o cabellos.

Tales elementos es probable que provengan del cuero cabelludo, otras áreas del cuerpo o de las prendas de vestir y se transfieran de una persona a otra en un encuentro violento.

Es frecuente que en homicidios y asaltos se vea afectada la cabeza de la víctima o del damnificado, por golpes. En tales casos también suele ocurrir que los pelos o cabellos queden adheridos al elemento contundente, especialmente en las zonas donde han quedado depositadas manchas de sangre, ya que ello facilita la adherencia. El examen apropiado servirá para establecer si un determinado instrumento fue o no utilizado para perpetrar el hecho.

Tal evidencia puede ser útil además para la solución de otros tipos de delitos, tales como el ingreso con violencia en las cosas a un inmueble (robo), secuestro, etc., donde el autor material y la víctima han estado en contacto con objetos o pieles de animales.

Los exámenes pueden reunir valor tanto para identificar al vivo como al muerto. Tienden a identificar al autor, colocándolo en la escena o con la víctima.

En el ser humano se clasifican tres clases de pelos: largos, cortos o hispídos y vellosos. En los largos contamos a los cabellos, los pelos de la barba y del pecho en el hombre y el pelo de la axilas en general. Entre los pelos cortos se cuentan las cejas y las pestañas, los situados en las fosas nasales y en el conducto auditivo externo con una longitud de 12 a 15 milímetros.

Los vellos son finos y suaves, con una longitud aproximada de 5 a 12 mm y cubren la restante superficie del cuerpo. Cada pelo está arraigado en el folículo piloso (o embudo capilar), situado varios milímetros por debajo de la superficie cutánea. Según la forma del folículo, recta, oblicua o en espiral, el pelo que nace del mismo toma una forma recta, ondulada o rizada.

En las células del bulbo capilar tiene lugar la formación del pelo, así como del pigmento unido a una proteína que da la característica del color a los cabellos. En la parte superior del folículo terminan los conductos de las glándulas sebáceas, que mediante su secreción mantienen dúctil al pelo.

A la entrada de las glándulas sebáceas están los nervios y músculos pilosos. Ellos están en las distintas partes del cuerpo bajo una doble inervación: sensitivo-motora y simpática o vegetativa. Al contraerse los músculos lisos, el folículo, y con él los pelos, se yerguen, proceso al que llamamos *piel de gallina*. El volverse cano por la edad es debido al aumento del contenido de aire en el conjunto celular del pelo y a la deficiente formación del pigmento. Los pelos oscuros no se *destiñen* poco a poco, sino que se caen, siendo sustituidos por otros blancos.

Con un crecimiento diario de 0,4 mm, el cabello puede llegar en las mujeres a tener una longitud de 1500 mm, ya que tiene una duración de cinco meses hasta cinco años.

Si sólo se caen diariamente de 20 a 40 cabellos, la pérdida puede considerarse normal, pero si por una enfermedad o vejez se pierde mayor cantidad, la cabellera se va aclarando. En el hombre predomina el 90% del pelo terminal frente al veloso; en la mujer, por lo general, solamente el 35%.

Como origen de la caída o mutación de los cabellos intervienen numerosas causas. Por ejemplo, factores internos, como la predisposición hereditaria, la anormalidad endocrina, la presentación de infecciones, ciertas taras psíquicas y la propensión de los pelos a retener materias tóxicas que fueron administradas al cuerpo.

a) *Bioquímica de los pelos.*— La sustancia fundamental de los pelos y también de las uñas, está representada por proteínas simples, del grupo de las escleroproteínas, químicamente semejantes a las queratinas epidérmicas, denominadas euqueratinas. Mediante el análisis químico de las queratinas capilares y de los aminoácidos azufrados que las constituyen, empleando técnicas de cromatografías para aminoácidos, pueden resolverse consultas periciales en actuaciones sumariales por estafas, vinculadas con venta de pelucas *de pelo natural*, que pueden estar elaboradas con fibras sintéticas.

Las queratinas de los cabellos y de las uñas difieren de las de la piel por su mayor contenido en azufre. Las queratinas son proteínas fibrosas, vale decir, que se disponen en su estructura macroscópica en filamentos orientados: en el cabello siguiendo el eje del mismo, en las uñas transversalmente y en el estrato córneo en diversos sentidos.

El agua caliente tiene un efecto hidrolítico sobre las proteínas de los pelos, los que a más de 50 grados centígrados comienzan a perder su elasticidad. Según algunos experimentos con cabellos sumergidos largo tiempo en distintos disolventes, se encontró que en agua pura se produce un hinchamiento del 30% en peso a las 24 horas, los cambios del pH entre 3 y 9 no producen mayores alteraciones, mientras que con una solución alcalina que tenga un pH mayor de 10, ocurre un hinchamiento máximo del tallo capilar y luego una descomposición hidrolítica de la molécula de la queratina. La pérdida de elasticidad de los cabellos por efecto del agua oxigenada en medio alcalino, está relacionada con la capacidad hidrolítica de los álcalis sobre los grupos disulfuro y con la posterior formación de grupos sulfónicos oxigenados.

b) *Estudio microscópico de los pelos.*— La resistencia a la putrefacción de los pelos, su presencia en armas, manos de las víctimas de hechos violentos, ropas, sábanas, vehículos, etc., así como el estudio de pequeñas cantidades de sustancias que a veces los acompañan (adherencias), les han reportado una importancia singular en los peritajes forenses.

El pelo humano presenta una estructura cilíndrica y está compuesto, en un corte transversal, de tres partes fundamentales: una médula o canal celular central, la corteza (o *cuerpo del pelo*) y una cutícula o superficie escamosa, y se distingue del de la mayoría de los animales en que su médula es estrecha, por lo general discontinua, y a veces se encuentra ausente.

Al respecto podemos mencionar las siguientes diferencias:

Hombre:

Médula: red aérea finamente granulosa.

Células medulares invisibles.

Índice medular inferior a 0,30.

Pelos del vello amedulares.

Granulaciones corticales pequeñas.

Cutícula de escamas delgadas y muy imbricadas.

Especies animales:

Vesículas aéreas más voluminosas.

Células medulares aparentes.

Índice medular superior a 0,45.

Médulas en escalones en el vello.

Granulaciones mayores.

Escamas gruesas salientes y menos imbricadas que en el hombre.



Figura 45

Cabello humano magnificado 900 veces.

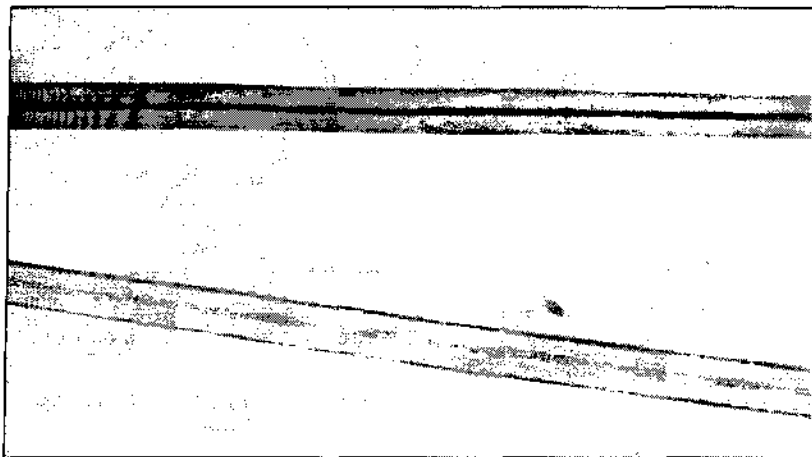


Figura 46

Parte superior: cabello teñido.

Parte inferior: cabello blanqueado químicamente.

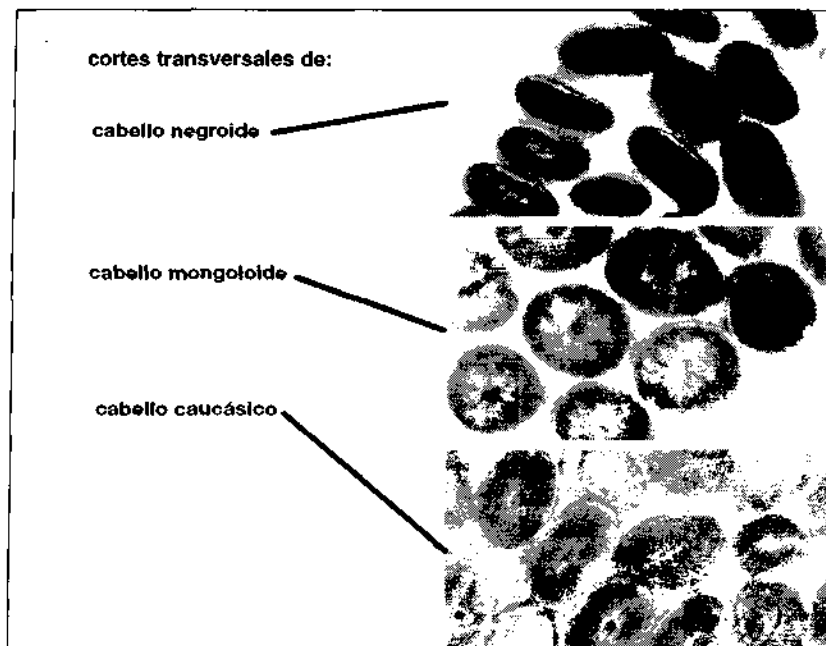


Figura 47

c) *Tinción y moldeado*.— Antes de efectuar el examen de los pelos se los somete a un lavado en solución jabonosa o en carbonato de sodio, luego se deshidratan pasándolos por una serie de diluciones de alcohol y alcohol absoluto, se aclaran por xilol y se observan sobre bálsamo del Canadá. Los pelos sometidos a tinciones artificiales o decolorados, se observan directamente o en aceite de cedro.

Es necesario decolorar los pelos demasiado oscuros mediante agua oxigenada o hipocloritos para observar luego su estructura histológica. Otros autores emplean como medio de tinción soluciones muy diluidas de colorantes de anilinas, tales como violeta de genciana, fucsina y violeta de metilo. Al microscopio se ven los bordes de las escamas de la cutícula teñidos del color correspondiente, quedando el resto incoloro.

El estudio de la cutícula del pelo mediante la obtención de un moldeado de la misma fue propuesto por Saxinger. Se emplea una solución de 3 gramos de celoidina en 17 gramos de acetona y se practican extensiones uniformes en portaobjetos. Sobre esa fina película, se dejan caer los pelos que por su propio peso se hunden casi un tercio de su espesor, se evapora la acetona y al retirar los pelos queda el molde de la cutícula de los mismos. Otros autores usan gelatina, placas fotográficas y acetato de celulosa (esmalte para uñas). Calabuig propone, con magnífico resultado, una solución clorofórmica al 10% de plexiglás.

Luego se efectúan los estudios microscópicos que permitirán medir los diámetros del tallo, corteza y médula, y establecer índices útiles para agrupar elementos de juicio que permitirán señalar o descartar a posibles sospechosos. Se logra así establecer el sexo y la parte del cuerpo de donde provienen los pelos, como si se tratara de pelos caídos naturalmente (bulbos rellenos) o arrancados (bulbos huecos).

La estructura medular se utiliza para identificar las especies medulares.

Aznar cita como cifras máximas para el pelo humano, diámetros del tallo de 150 y 160 micrones y ello solamente para pelos de la barba y del pubis, que son los más gruesos. Las variaciones de los diámetros mayores permiten, a veces, diferenciar el cabello masculino de adultos, cuyas cifras extremas son de 80 a 135 micrones, del femenino, que rara vez supera los 90 micrones, aunque existen

limitaciones para este criterio, porque esos índices no se cumplen, por ejemplo, entre distintas razas humanas.

Marco preconiza como estudio de gran interés el de los cortes transversales de pelos por microtomía, incluidos en plásticos, lo que denota la forma de los cilindros cortical y medular, aproximadamente regulares en la raza blanca, ovalados en la raza negra y de contorno lenticular en los asiáticos.

Este sencillo método de estudio es muy útil también para diferenciar especies animales.

Evidentemente la identificación de pelos o cabellos es muy útil para esclarecer ciertas cuestiones, pero ha resultado ser, además, muy importante para identificar a un individuo. En efecto, dejando de lado algunos caracteres morfológicos, las anomalías del tallo del pelo son un elemento útil para la identificación; entre ellas, las causadas por enfermedades.

d) *Anomalías debidas a enfermedades nodulares del pelo.*— Las enfermedades nodulares son el resultado de una atrofia que se produce espontáneamente o que es provocada por una acumulación de parásitos que rodean y comprimen el tallo del pelo. Éste sufre diferentes cambios morfológicos, según la naturaleza de la enfermedad de que está afectado.

En esas enfermedades del cabello pueden observarse rasgos característicos de cada una de ellas. Entre las enfermedades nodulares más importantes, se encuentran las siguientes: tricorrexis nudosa; tricoptilosis; triconodosis; cabellos de Baynet; pili morileformes (monilethrix).

1. *Tricorrexis nudosa.* Esta enfermedad se traduce en la aparición de hinchazones nodulares a lo largo del tallo, de lo que resulta que éste tiene tendencia a romperse, en particular en el lugar de la hinchazón. Si hay roturas se parecen a un pincelito puntiagudo. Si la rotura no atraviesa completamente el nódulo, es como si dos pinceles estuvieran en contacto por sus extremos. A veces un cabello afectado por esta enfermedad se parte limpiamente cuando la rotura se produce entre dos nódulos.

2. *Tricoptilosis.* Un cabello afectado por esta enfermedad presenta una hinchazón longitudinal debida a una sequedad anor-

mal que le hace ramificarse en su extremidad distal o bastante avanzado el tallo. Puede haber ramificaciones múltiples en la extremidad del cabello, o puede encontrarse una ramificación o bifurcación simple en varios lugares a lo largo del tallo. Se presenta frecuentemente como consecuencia de una enfermedad larga y grave. Se la encuentra en cabelleras pobladas de parásitos y a veces en los cabellos situados al borde de una zona de *alopecia areata* en evolución. Es corriente su aparición después de haberse teñido el pelo o luego de una permanente.

3. *Triconodosis*. Los cabellos afectados por esta enfermedad se enredan y anudan, presentándose en los que tienen una tendencia natural a ser secos y rizados. Según algunos autores se debe a fuerzas físicas y mecánicas producidas por la acción del peine, del cepillo o de los dedos, ya que algunas personas tienen la costumbre de pasárselos por el cabello. También contribuyen a ella las quemaduras y los lavados frecuentes con jabones demasiado detergentes.

4. *Cabellos de Baynet*. Es posible encontrar cierto número de cabellos de este tipo en casi todos los individuos en el momento en que empiezan a perderlo. La enfermedad se caracteriza por un ensanchamiento del pelo, en forma de huso, de 2,3 mm de largo, muy cerca de la extremidad. La parte afectada es más oscura que el resto de la cabellera. A veces un solo cabello presenta dos husos en su tercio final (tercio distal). La parte comprendida entre el huso y la extremidad adelgaza progresivamente hasta acabar en una punta tenue. Vista al microscopio la cutícula de la zona fusiforme tiene un aspecto espeso y ondulado. La hiperpigmentación se debe a concentraciones irregulares de nódulos de pigmentos oscuros. Algunos autores piensan que esta atrofia se debe probablemente a una obstrucción parcial de la apertura del folículo por una hiperproducción de cuerno cutáneo que impide el crecimiento.

5. *Monilethrix*. Este género de atrofia tiene como resultado hinchazones fusiformes que alternan con partes atrofiadas y estranguladas, lo que da al pelo el aspecto de un rosario. Los pelos enfermos presentan nudos elípticos separados por espacios breves y apretados. Se ve afectado el pelo entero desde la raíz hasta la extremidad. Los nudos son, en general, el doble de largos que los espacios internodales. La longitud de un nudo más un espacio, es aproxima-

damente de 0,7 mm. Es siempre hereditario y parece ser un error innato del metabolismo.

e) *Anomalías en caso de alopecia.*— En su presencia ocurre una caída parcial o generalizada de pelos y cabellos. Cabe distinguir tres formas de cabellos atrofiados o muertos.

1. *Cabellos caducos.* La raíz de un cabello que padece esta afección está intacta cuando es arrancada y el cabello tiene siempre una longitud normal. La raíz y la parte del tallo situada inmediatamente a continuación están netamente atrofiadas. Estos cabellos son en todo comparables a los que caen a causa de una alopecia prematura (seborreica), después de una fuerte fiebre o como consecuencia de una enfermedad debilitante.

2. *Cabellos en signo de exclamación.* En un punto del cabello afectado por este tipo de atrofia se forma un nudo o ensanchamiento debido a la disociación de las células corticales, y el cabello se raja longitudinal y transversalmente; termina por romperse en los lugares en que ha perdido fuerza. Las extremidades de las partes rotas tienen un aspecto deshilachado. Esta rotura del cabello se llama tricurrexia. El cabello afectado por este tipo de anomalía tiene características que indican una perturbación de la función pigmentaria, una tendencia a hincharse, a disociarse y, por último, a quebrarse o rajarse en uno o varios puntos.

3. *Cabellos cadáveres.* En este caso las raíces y los bulbos de los cabellos se hacen delgados como hilos y suelen curvarse en su extremidad inferior. Algunos pueden padecer tricurrexia en su parte superior.

f) *Anomalías que toman la forma de una distrofia generalizada que afecta a todas las pilosidades del cuerpo.*— Existe una torsión particular de los cabellos en las mujeres rubias y de pelo rizado. La torsión tiene lugar en el sentido del eje longitudinal del cabello y se produce a intervalos regulares, lo cual acarrea una alternancia de partes ahusadas oscuras y de partes ahusadas claras, que presentan alguna analogía con lo que se ve en el minilethrix. Los

cabellos o pelos acusan una torsión que va desde los 180 grados en la mayoría de los casos. El cuero cabelludo, las pestañas y las cejas son los principales lugares afectados por esta deformación.

g) *Cabellos anillados*.— El cabello que padece esta afección presenta zonas claras y oscuras alternadas cuando se mira con luz refleja. Parece entonces formado de bandas estrechas alternadas, casi anillos, unas pigmentadas y otras blancas. La anchura de estas bandas varía según los casos. El color blanco se debe a un gas existente en el envoltorio cortical del cabello. Las partes anilladas deben su origen a una modificación del envoltorio cortical y no a un cambio o a una hinchazón de la médula. El cuero cabelludo es, en general, el único lugar afectado por esta enfermedad.

h) *Infecciones debidas a parásitos del pelo o del cabello y del folículo*.— Las infecciones debidas a los parásitos son, en general, de dos tipos: en el primer grupo sólo se ve afectado el pelo; en el segundo, la infección penetra en el pelo y alcanza la piel vecina.

Entre las infecciones importantes que deforman el pelo, cabe citar: la piedra, la tricoriosis, la tricoftosis y el favo.

2. FIBRAS

Aunque las fibras parecerían ofrecer una rica evidencia, su importancia a menudo no es apreciada completamente y, a veces, ni siquiera son recogidas en hechos criminales. Hay varias razones que hacen a la falta de atención puesta sobre las mismas, comparadas con otros tipos de evidencia física. En la mayoría de los casos, son de tamaño pequeño y no son vistas o detectadas a ojo desnudo, por ende, pueden ser pasadas por alto por alguien que no las busque específicamente. Aun alertado de su presencia, el investigador deberá saber que son necesarias medidas de precaución para su localización y preservación.

Una asociación concretada mediante cotejo de una o varias fibras sueltas, todas ellas similares en propiedades con las ubicadas en un determinado objeto, no es positiva. Una asociación de este ti-

po no relaciona a aquellas fibras con un objeto en particular, para la exclusión de todos los otros objetos similares. Los elementos que contengan un tipo particular de fibra, coloreada de una manera determinada, pueden haber sido fabricados de a miles a un mismo o diferentes tiempos. Igualmente, ese mismo tipo de fibra podría estar presente en varias clases diferentes de objetos.

Consecuentemente, las fibras cuestionadas o de origen desconocido, pueden provenir de muchos objetos que normalmente no están ubicados en el mismo lugar. ¿Qué significado tiene entonces una tarea de comparación? Consideremos ahora qué es lo que le concierne a un perito examinador de fibras, cuando tiene a su cargo la conducción de dicha tarea en un laboratorio.

El experto debe determinar que una fibra incriminada es similar o igual en cuanto a su composición, con las que posee un objeto determinado. En tal sentido, puede que no se detecten diferencias significativas; para lograr su cometido debe comparar diversas características y propiedades que puedan ser observadas y/o determinadas. Las características visuales incluyen el color, la medida o tamaño, la forma que acuse el corte transversal, y el aspecto de la superficie. Las otras propiedades están referidas a su composición, las condiciones bajo las cuales fue fabricada o procesada y la fórmula de la tintura empleada para darle color. Asimismo, los efectos del medio y del uso, tales como el desteñido y la abrasión, pueden ser la causa de los cambios en estas características.

(ver figura 48 en p. 120)

Hay muchas técnicas disponibles para el examen y la comparación de estas propiedades. Sería irreal e innecesario para el científico forense utilizarlas todas, ya que hay procedimientos microscópicos discriminativos, relativamente simples, que deberían llevarse a cabo en primer lugar.

Una combinación de procedimientos microscópicos en la comparación de fibras coloreadas hechas por el hombre, es especialmente discriminante al respecto; podemos señalar el empleo de un microscopio de comparación, uno de luz polarizada, otro de luz fluorescente, y un microespectrofotómetro. Las propiedades y características de las fibras pueden ser estudiadas y comparadas con el empleo de tal equipo.

Una vez determinado que existe una concordancia, el significado de la asociación resultante depende considerablemente de si el tipo de fibra involucrada en tal cotejo positivo, es no común o inusual.

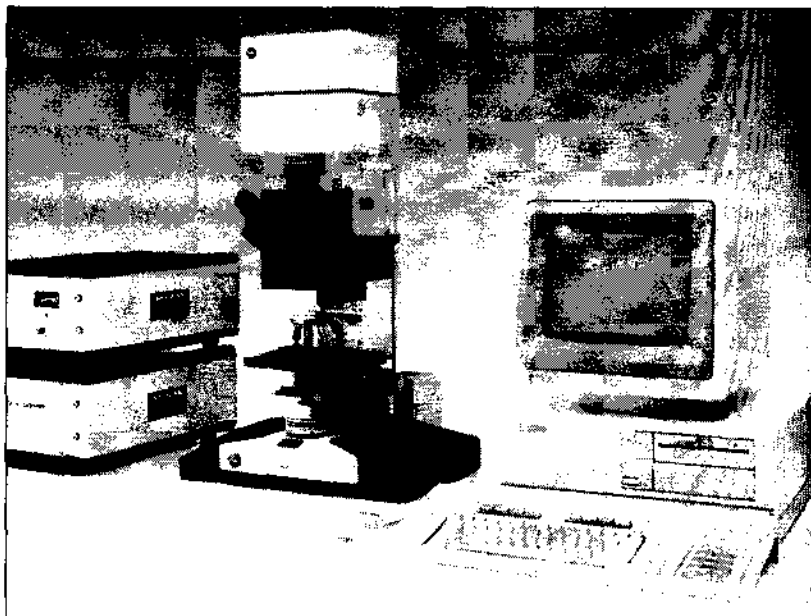


Figura 48

Microscopio para la observación y medición de fibras, cabellos y demás evidencias físicas de reducido tamaño, con fotómetro y demás accesorios de computación.

Cuanto más fuera de lo común sea el tipo de fibra, más pequeña será la posibilidad de encontrarla en un lugar específico (ya sea en la composición de un objeto fibroso específico o en los restos de fibras extraídos de un objeto en particular).

¿Cómo puede establecerse si una fibra es o no común? Un perito experimentado que ha examinado la composición de numerosos materiales, puede normalmente hacer una intuitiva y aun precisa determinación, resultando posible en algunos casos desarrollar información sobre un tipo. Obviamente, resulta de suma importancia contar en los laboratorios con información clasificada y muestras de los diferentes tipos de fibras y colores, ya que ello permitirá además brindar una información con base estadística (conforme la cantidad de objetos sobre los que se ha trabajado en los numerosos casos),

respecto de si se está en presencia de un tipo de fibra común o no. Mientras no se cuente con ello, el mejor criterio para determinarlo es el juicio de un perito experimentado.

a) *Las fibras y el medio.*— Muchos objetos de nuestro entorno —prendas de vestir, cuerdas o sogas, alfombras, mantas o frazadas, etc.— están compuestos por hilados hechos de fibras textiles. Una fibra textil, definida como la parte más pequeña de un material textil, puede clasificarse en una de cuatro categorías:

La *fibra animal* incluye la lana de la oveja; pelos de casimir o cachemir (procedente de la cabra), y fibras de seda (filamentos) provenientes del gusano de seda, por mencionar algunos.

De las muchas *fibras vegetales*, el algodón es el que ocupa el lugar de preferencia en la fabricación de prendas. Otras fibras tales como las de yute y cáñamo son empleadas con propósitos industriales y suele vérselas en cordajes y arpillera.

Las fibras de asbesto son las únicas, naturales, que pueden encontrarse en la categoría de *fibras minerales*. Rara vez son empleadas en la fabricación de prendas u objetos caseros. Difícilmente se las encuentra en la evidencia secuestrada en el lugar de un hecho.

Podría decirse que las *fibras artificiales o hechas por el hombre* ocupan un lugar muy importante en la fabricación textil. Entre otras podemos mencionar las de rayón, acetato, nylon, acrílico, poliéster, etcétera. Es importante enfatizar que si bien se han mencionado sólo algunas, existe un extremadamente importante número de tipos artificiales en todo el mundo. Podríamos definir las como fibras de composición química particular, que han sido fabricadas con una forma y un tamaño particulares, que contienen una cierta cantidad de diversos aditivos y que han sido procesadas en una forma también particular.

El agregado de color, junto con las diferentes fórmulas que se emplean para ello, hace que las fibras en general acusen una tremenda variedad.

¿Por qué reviste importancia la presencia de fibras en el escenario de un delito? Cuando Edmond Locard —en 1928— publicó por primera vez sus ideas concernientes a la transferencia de indicios materiales, resultante del contacto entre personas y objetos, sintéticamente transcritas expresó las siguientes palabras: “Cuando dos objetos cualesquiera entran en contacto, siempre hay una trans-

ferencia de material de uno hacia el otro". Ciertamente, ello es válido con muchos tipos de materiales textiles, dada la facilidad con que las fibras pueden desprenderse y levantarse o adherirse.

Dado que toda la gente está íntimamente asociada con elementos que contienen materiales fibrosos, ya sea en sus hogares, automóviles y en su propio cuerpo, la transferencia aludida se pone en juego en diferentes actividades delictuales, especialmente donde exista violencia. Cuando resulte importante demostrar que el contacto ha existido, esta evidencia puede ser invalorable.

b) *Propiedades ópticas de las fibras textiles.*

- 1) Índice refractivo isotrópico.
- 2) Índice refractivo donde la fibra está paralela al plano de la luz polarizada.
- 3) Índice refractivo (de refracción) donde la fibra está perpendicular al plano de la luz polarizada.
- 4) Birrefringencia.
 - A) Interferencia de colores.
 - B) Birrefringencia cuantitativa.
- 5) Signo de birrefringencia.
- 6) Dicroísmo.
- 7) Fluorescencia.
- 8) Espectroscopia de absorción.

c) *Características microscópicas que pueden exhibir las fibras textiles.*

- 1) Color.
- 2) Medida (diámetro, grosor).
- 3) Forma (corte transversal).
- 4) Procedimiento de hilado.
- 5) Inclusiones en la fibra.
 - A) Vacíos o huecos.
 - B) Agentes desgastantes.
- a) Medida.
- b) Forma.
- c) Concentración.
- d) Distribución.
- 6) Características de la superficie.

7) Alteraciones en la superficie.

8) Daños.

9) Variaciones de las características mencionadas, dentro de una fibra.

d) *Valor del examen de las fibras.*

1) Establecer una sucesión de acontecimientos.

2) Vincular un arma con una víctima o sospechoso.

3) Ayudar a corroborar el informe de la víctima respecto de las circunstancias que rodearon un hecho.

4) Proveer al investigador una guía acerca del ambiente circundante a la víctima en el momento del homicidio.

5) Vincular un determinado número de actividades de las víctimas o del homicida, que a veces aparentan no estar relacionadas.

6) Establecer que ha habido entre la gente y/o los objetos, una alta probabilidad de contacto o algún tipo de asociación.

CAPÍTULO VI

EXÁMENES SEROLÓGICOS

La serología forense consiste en la identificación y caracterización de la sangre y otros fluidos del cuerpo, en los laboratorios criminalísticos específicos. Este tipo de evidencia se recepta, principalmente, cuando guarda vinculación con la comisión de delitos con violencia tales como el homicidio, el estupro, la violación, el robo, etcétera. Dichos elementos pueden llegar a suministrar importantes informaciones respecto del número de protagonistas intervinientes, de sus desplazamientos, de las circunstancias causantes de la muerte o heridas, de la relación entre diversos objetos y el hecho criminal y, fundamentalmente, permitir la identificación del homicida.

1. *LA SANGRE*

La sangre es una de las evidencias más frecuentes e importantes encontradas en la investigación criminal. Ha sido el sueño del químico forense estar capacitado para asociar una mancha de sangre con una persona en particular.

La existencia de sangre nos permitirá:

a) *Ubicar la escena del crimen*: la identificación de sangre humana perteneciente a un grupo similar al de la víctima, puede apuntar con precisión al área de búsqueda en el escenario del hecho.

b) *Determinar la posible comisión de un crimen*: ocasionalmente, la detección de sangre humana en una ruta, en una vereda, un porche o en un automóvil es la primera indicación de la comisión de un crimen.

c) *Identificar el arma empleada*: el grupo de sangre humana detectado en un martillo, un cuchillo o en un elemento contundente, puede resultar de considerable valor investigativo.

d) *Probar o refutar la coartada de un sospechoso*: el hallazgo de sangre humana en un elemento que pertenezca a un sospechoso que argumenta el origen animal de la misma. La detección de sangre animal puede desvincular de un hecho a una persona inocente.

e) *Eliminar sospechosos*: el hecho de demostrar mediante los ensayos correspondientes que las muestras de sangre levantadas de distintos elementos es diferente a la de objetos secuestrados, puede facilitar la liberación de un detenido.

Información que pueden brindar los ensayos con sangre:

a) *Identificación de manchas como correspondientes a sangre*: los análisis químicos y microscópicos se hacen necesarios para identificar positivamente la sangre. La apariencia o aspecto de este elemento puede variar enormemente con la antigüedad de las manchas y otros factores.

b) *Determinación de si se trata de sangre de origen humano o animal*: si es animal, puede especificarse la familia correspondiente.

c) *Determinación del grupo de sangre*: si es humana.

1) La sangre seca puede clasificarse dentro de los cuatro grupos del sistema internacional "ABO".

2) La sangre seca en suficiente cantidad y condiciones, puede posteriormente ser caracterizada por otros sistemas de tipificación, así como también enzimas y proteínas que pueden ser ensayadas por electroforesis.

La raza de una persona o la antigüedad de una mancha seca, no pueden averiguarse en forma concluyente a través del estudio de la sangre.

2. INTERPRETACIÓN GEOMÉTRICA DE LAS MANCHAS DE SANGRE

Ante la comisión de un delito en el que surjan huellas o manchas de sangre, debe tenerse mucho cuidado en el registro de la ubi-

cación, forma, dirección, medida y superficie del área de impacto de tal elemento. Cuando esta información es aplicada a las características físicas conocidas de la sangre, el investigador podrá descubrir:

- a) El origen de la sangre.
- b) La distancia entre el área de impacto y el origen al momento de ocurrencia.
- c) Tipo y dirección del impacto.
- d) Posición de la víctima durante el ataque.
- e) Movimiento y dirección del sospechoso y de la víctima durante y después de la efusión de sangre.

a) *Leyes de la física respecto de los fluidos.*— Debido a una atracción molecular llamada fuerza de cohesión, una gota de sangre conserva su forma como si tuviera una cobertura similar a la de un globo. En realidad esa cobertura está dada por la tensión superficial, principio éste que puede apreciarse en otros líquidos, como el agua, cuando apoyamos suavemente una hoja de afeitar y no se sumerge. Sin embargo, si esa hoja de afeitar se coloca sobre la superficie aludida con su filo hacia abajo, se corta o anula la tensión superficial y la misma se hunde.

Estos elementos son los que originan la forma circular de la gota de sangre en su caída libre y evitan además la ruptura en el momento del impacto sobre el piso o cualquier otra superficie. Sin importar la altura de la caída libre, una gota no se romperá cuando la superficie sea lisa o suave y limpia. Este principio no se mantiene cuando la superficie es rugosa o actúa alguna otra fuerza o energía.

Durante el estudio de un hecho, el investigador debería tener presentes las siguientes características conocidas de la sangre:

- 1) Es de carácter uniforme y puede reproducir patrones o modelos específicos.
- 2) Una gota de esta sustancia es de forma circular durante la caída libre.
- 3) No se rompe, salvo que actúe una fuerza o energía ajena.
- 4) Una gota de sangre posee un volumen de 0,05 mililitros, salvo que se vea influenciada por alguna fuerza o energía.
- 5) La velocidad terminal es de 7,65 metros por segundo ($\pm 0,15$) en caída libre.
- 6) La mayoría de las gotitas con alta velocidad tienen un diá-

metro menor de 1 mm y usualmente no se desplazan a más de 1,20 metros.

b) *Distancia y dirección.*— Para estimar con precisión la distancia desde la cual una gota de sangre ha caído, es necesario llevar a cabo una serie de experimentos sobre la superficie en cuestión y utilizar los resultados como patrones conocidos para comparar en forma directa con los que se desconocen.

Determinar la direccionalidad de las gotitas resulta posible, dado que el golpe contra una superficie en ángulo produce un patrón en forma de lágrima. Ello es provocado por la ley física de la inercia, vale decir, la resistencia que posee todo cuerpo en movimiento a toda fuerza que opere sobre él para cambiar su movimiento, dirección o velocidad. De tal manera, dado que la velocidad se disipa abruptamente debido a la superficie sobre la cual impacta, la gotita se desvanece poco a poco, con un final puntiagudo de diverso grado, que depende del ángulo de la superficie. A mayor ángulo, más elongado y angosto será el patrón de mancha producido. El extremo puntiagudo indica la dirección de su desplazamiento.

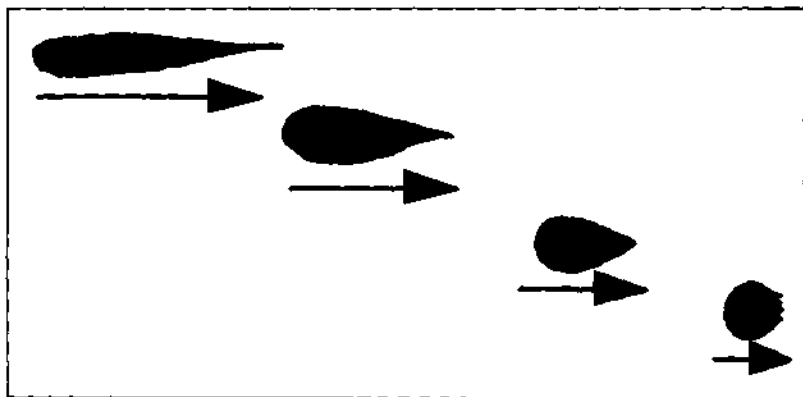


Figura 49

c) *Gotas secundarias y ángulo de impacto.*— Las gotitas primarias de sangre pueden producir salpicaduras de abandono más

pequeñas, que señalan por detrás a la fuente. Las gotas más pequeñas se separan de la principal u original debido a la inercia o resistencia a ser detenidas. Las mismas viajan próximas a la superficie hasta el impacto, produciendo marcas similares a signos de admiración, cuyas puntas señalan la gota madre.



Figura 50

El goteo de sangre sobre una superficie plana y cercana a la horizontal, producirá manchas elípticas antes que circulares. A medida que el ángulo decrece, los patrones se hacen más elongados.

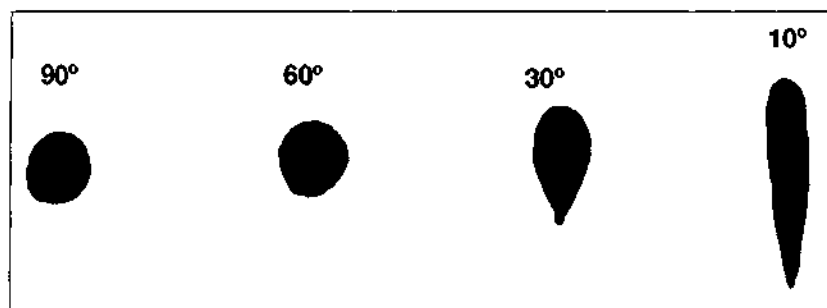


Figura 51

Hay ciertos puntos que recordar cuando se interpretan patrones de manchas de este tipo:

1) El grado de salpicadura lo determina la textura de la superficie y no la distancia de caída.

2) Las manchas en forma de lágrima (extremos puntiagudos) indican la dirección del recorrido. Las gotitas más pequeñas y más

largas exhiben sus extremos puntiagudos apuntando a las manchas más grandes de donde provienen.

3) Cuanto más pequeñas las gotas, mayor la energía de impacto.

4) El ángulo de impacto de una mancha de sangre puede ser estimado por la geometría de la mancha.

Cuando han intervenido armas de fuego y hay evidencia conformada por manchas de sangre, se aplican las siguientes reglas:

1) La salpicadura hacia atrás usualmente se produce en un área comprendida entre la boca del arma y el blanco, menor a los 7,70 cm, cuando se encuentra sangre en el interior del cañón.

2) Cuanto más grande es el calibre del arma mayor será la profundidad de penetración de la sangre en el interior del cañón.

3) En las armas con retroceso de corredera (o *block* de cierre), la penetración y concentración de las salpicaduras hacia aquéllas, será menor que en las que no poseen tal sistema (por ejemplo, revólveres).

4) Las armas munidas de cartuchos con elevada energía producirán mayor profundidad de penetración de las salpicaduras, que con la munición común.

5) Cuando se dispara una escopeta de doble caño, con su boca en contacto con el cuerpo o blanco, se produce una salpicadura considerable en el cañón que no ha disparado, que puede llegar hasta 12 centímetros.

6) La mayoría de estas salpicaduras de sangre tendrán 1 mm, o menos, de diámetro.

d) *Documentación.*— El propósito de la documentación es demostrar la localización, la dirección, el tamaño, la forma, la superficie de impacto, el ángulo, el número de manchas y/o el volumen y el tipo de sangre humana. Sin embargo, reconstruir la cadena de eventos ocurridos en un determinado escenario, donde se encuentran presentes manchas de sangre de diferente aspecto, guarda proporción directa con la habilidad y cuidado puestos de manifiesto mientras se concretan los exámenes correspondientes.

Consecuentemente, en primer lugar deberá buscarse la evidencia física oculta a la vista o destruida. Contrariamente a los pelos o fibras, las manchas de sangre pueden ser detectadas fácilmente.

te con luz apropiada y, una vez secas, permanecerán en su lugar en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden llegar a *infectarse* si no se toman los recaudos necesarios, haciendo a veces imposible el análisis respectivo (por ejemplo, cuando se contaminan con el polvo que procede del espolvoreado empleado para detectar huellas latentes). La evidencia debe ser convenientemente recogida, envasada o envuelta, señalizada y preservada.

Es de destacar la importancia de la fotografía para mostrar la localización y relación con el ambiente, de cada mancha; para ello se deberán obtener acercamientos fotográficos con referencia métrica, con la película de la cámara paralela a la superficie de que se trate, previa demarcación perimetral de la huella con cinta o cualquier elemento de color contrastante. A fin de mostrar la direccionalidad de las salpicaduras o manchas que evidencien un sendero, se pueden utilizar cintas u otros elementos demarcatorios apropiados. La convergencia de estas líneas indicará la existencia de un objeto que se balanceaba u oscilaba.

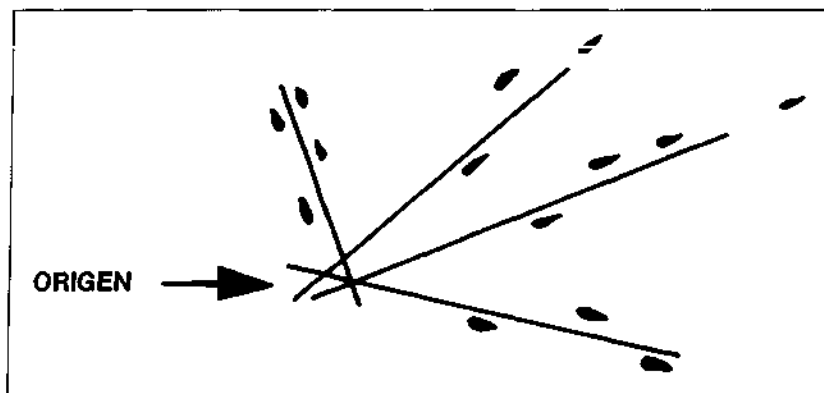


Figura 52

Si las manchas se encuentran sobre un elemento transportable se las podrá llevar al laboratorio, aunque, en la mayoría de los casos no será necesario si han sido debidamente documentadas. No deberá olvidarse señalar en cada caso la ubicación cardinal de cada espécimen para posibilitar su reconstrucción en caso de ser necesario.

e) *Examen de las ropas.*— De resultar factible, es importante la concreción de un estudio de las ropas que se supone vestía el sospechoso en el momento del hecho. Una vez más, la localización, tamaño y forma, puede, en conjunto, ayudar a probar o refutar la historia de lo que aconteció. Por ejemplo, si la víctima fue pateada repetidamente por el imputado, podrían encontrarse salpicaduras de sangre de mediana velocidad sobre la porción anteroinferior de la prenda que cubre el tobillo y la pierna, utilizada en el hecho. También habrá que asegurarse de observar los zapatos y medias.

De igual manera, lo mismo puede suceder con las prendas que cubran muñecas y brazos, cuando se han empleado instrumentos de mano.

3. *EL SEMEN*

a) Su identificación por medios químicos y microscópicos en muestras obtenidas de la vagina o ropa de la víctima, puede ser de valor para corroborar los dichos de aquélla.

b) Si el sujeto es un secretor, puede llegar a determinarse el grupo sanguíneo.

c) Es viable la tipificación de enzimas cuando las manchas de semen son suficientes en tamaño y calidad.

4. *LA SALIVA*

a) Cuando proviene de una fuente conocida puede ser utilizada en conjunción con sangre líquida de la misma fuente, para establecer la condición secretora del individuo.

b) Cuando proviene de una fuente desconocida, puede proveer información del tipo de sangre del depositador (se necesitan muestras conocidas apropiadas).

5. *LA ORINA*

Puede identificarse cualitativamente sobre la base de ensayos químicos, sin embargo, la identificación absoluta no es posible. Ninguna técnica forense de rutina, disponible, brindará información confiable sobre el tipo de sangre, a partir de la orina.

6. *CONDICIÓN DE SECRETORES Y NO SECRETORES*

a) Los secretores (alrededor del 80% de la población), son individuos que poseen en sus fluidos corporales (semen, saliva, líquidos vaginales) cantidades detectables de las mismas características de grupo (ABO) que en su sangre.

b) Los no secretores (el resto de la población), no exhiben tales características.

7. *LIMITACIONES EN LOS ENSAYOS DE AGRUPAMIENTO DE MANCHAS DE SEMEN Y SALIVA*

a) A veces, el semen está mezclado con la orina o las secreciones vaginales de la víctima, lo cual hace más difícil la interpretación de los ensayos.

b) La saliva en las colillas de cigarrillos suele estar contaminada con suciedad. La saliva en los extremos de los cigarros no es agrupable. Los ceniceros no deben simplemente vaciarse en un tacho de basura; antes deben separarse las colillas de cigarrillos teniendo cuidado de no contaminarlas con cenizas u otros desechos.

c) Las evaluaciones precisas en los resultados de ensayos de agrupamiento sobre manchas de semen y saliva cuestionados, requieren muestras líquidas conocidas de la víctima y del sospechoso.

d) Dadas las dificultades que involucra el agrupamiento de la saliva en cigarrillos, y la naturaleza circunstancial de cualquier resultado exitoso, resulta a menudo más conveniente determinar la

existencia de impresiones digitales latentes antes que la práctica de un examen serológico.

8. *ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL "ADN"*

La serología forense ha sido definida como la ciencia que abarca la identificación y caracterización de la sangre, el semen y otros fluidos del cuerpo, usualmente detectables en forma de manchas secas y a manera de evidencia física.

Dada su naturaleza sustentativa para el proceso, es absolutamente esencial que tanto los investigadores como quienes demandan o defienden, comprendan, por lo menos en términos generales, las capacidades y las limitaciones de la serología forense.

En términos convencionales, la evidencia física en los delitos sexuales está científicamente representada por la presencia de semen y sangre humanos. Al semen se lo identifica microscópicamente donde hay células de esperma, o bien cuando están presentes (hablando en ambos casos de manchas secas sometidas a estudio) proteínas específicas del semen asociadas con el semen humano, conocidas como p30 o antígeno prostático.

Una vez que la presencia de semen ha sido establecida, los extractos de manchas pueden analizarse para detectar la presencia o ausencia de sustancias que permitan determinar el grupo de sangre.

Constatada la presencia de sangre humana, se intentará establecer si es "A", "B", "AB" u "O". Luego de ello y dependiendo del tamaño de la mancha seca, mediante electroforesis se determinarán tantos tipos de proteínas de origen genético como sea posible. Para ello debe contarse con muestras de sangre y saliva de la víctima y del sospechoso.

Una vez reunida toda la información, el examinador estará en condiciones de hacer sus conclusiones. La serología forense es una ciencia de comparación; si toda la información recabada del análisis de las muestras cuestionadas es idéntica a la obtenida de las muestras de sangre y saliva del sospechoso, entonces el experto podrá definir que el sospechoso fue una posible fuente de la mancha de sangre o semen depositado.

Como se habrá observado, con el empleo de esta tecnología el perito está capacitado para decidir si el imputado es un posible de-

positante del fluido corporal. Ello es debido a que otros sospechosos potenciales de la población en general pueden compartir el mismo tipo de sangre (ABO), condición secretora y perfil enzimático. La implementación de los ensayos de ADN en las muestras forenses ha alterado dramáticamente este pensamiento.

El ácido desoxirribonucleico (ADN) es una sustancia orgánica que se encuentra principalmente en los cromosomas, dentro del núcleo de cada célula. Utilizando electroforesis y técnicas radiactivas, puede desarrollarse un perfil de ADN a partir de manchas secas de sangre y semen.

Una vez definido que se trata de semen o sangre humanos, las muestras obtenidas en el lugar del hecho se comparan en lo que hace al ADN, con las pertinentes de la víctima y el sospechoso. Los análisis de ADN pueden consumir más tiempo y ser más tediosos e intensivos que los métodos serológicos tradicionales; sin embargo, los resultados son más significantes e informativos.

Entre las especializaciones de la ciencia desarrolladas en los últimos años se encuentra la antropología forense, es decir la aplicación de la antropología biológica a problemas de la medicina legal. En la práctica está referida al estudio de restos esqueléticos por indicación de las autoridades judiciales, en aquellos casos en que no se conocen la identidad de la víctima ni la causa de su muerte. Tal tipo de investigación se torna relevante, por ejemplo, en caso de desastres masivos, accidentes o guerras.

Para lograr los objetivos de identificación y causal de muerte, la antropología forense utiliza los recursos que le brindan otras disciplinas. Las técnicas arqueológicas le permiten preservar las evidencias en la recuperación de los restos a someter a peritaje; una vez exhumados, puede investigarse la edad de la víctima estudiando la maduración ósea. Para la determinación del sexo se emplean criterios morfológicos y estadísticos, mientras que la raza puede ser revelada por el estudio de los detalles faciales.

En cuanto a la causa de la muerte, se puede arribar a dictámenes confiables para diferenciar el suicidio, la muerte natural o accidental y el homicidio. Por último, la identificación se realiza en un 80% de los casos a través del cotejo de fichas odontológicas *pre* y *post-mortem*. Cuando no se cuenta con la ficha *pre-mortem* se utilizan técnicas tales como las de reconstrucción facial, superposición cráneo-foto, el cotejo de patologías antiguas o la comparación radiológica de la trama ósea.

En nuestro país, por ejemplo, el Equipo Argentino de Antropología Forense (EAAF) realiza peritaciones en el área y a la vez investigaciones en arqueología, antropología biológica y antropología social, destinadas a perfeccionar las técnicas de identificación existentes y a desarrollar otras nuevas. En particular, existe la posibilidad teórica y práctica de emplear para tales fines la recuperación de material genético (*ADN mitocondrial*, ADN mt) de restos óseos y piezas dentarias. Trabajos recientes, concretados por C. Orrego en la Universidad de Berkeley (California), muestran que dicha posibilidad, hoy real en el laboratorio, genera la expectativa de aplicaciones directas en casos forenses en el mediano plazo.

El ADN mt es heredado única y exclusivamente a través de la madre. Secuencias de esta molécula, al no experimentar recombinación con la versión paterna (en contraste con genes en el ADN nuclear), definen con especial fidelidad linajes propios de cada familia. Además, el ADN mt evoluciona con tal rapidez que es muy probable, de acuerdo con los estudios de poblaciones de C. Orrego, A. C. Wilson y M. C. King, en Berkeley, que proporcione una verdadera huella digital a nivel molecular: sus características, en cada individuo, serían irrepetibles en otros no relacionados por línea materna.

Se cuenta ya con una serie de experiencias exitosas en utilización de esta huella evolutiva. En 1984, Higuchi y Wilson, en Berkeley, recuperaron ADN mt de una especie extinta de cebra datada en 140 años. En 1985 se desarrolló la técnica de replicación *in vitro* de ADN conocida como *reacción en cadena de polimerasa* (*Polymerase Chain Reaction*, PCR), la cual permite, a partir de unas pocas moléculas de ADN, incluso afectadas extremadamente por exposición ambiental, replicarlas fielmente en el tubo de ensayo, facilitando así la obtención de secuencias informativas. Con esta técnica, S. Pääbo, del grupo de Berkeley, pudo amplificar ADN mt a partir de tejidos encefálicos recuperados en los pantanos de Windover, Florida, donde se han encontrado restos humanos de 7500 años de antigüedad.

Este grupo también ha logrado la recuperación y amplificación de ADN mt en momias andinas y molares humanos de reciente data, donde el material genético ha sido degradado por incubaciones largas en ambientes acuosos.

Estos hallazgos han abierto nuevas oportunidades de interacción entre la biología molecular, la antropología, la arqueología y las ciencias forenses en la reconstrucción de la historia de las poblaciones, e incluso de familias a través de la historia. Podría ya pensar-

se en la creación de bancos de datos genéticos poblacionales, los que permitirán establecer identificaciones con alto grado de confiabilidad. En la Argentina existen estudios avanzados sobre el tema y se cuenta además con un banco nacional de datos genéticos (por ejemplo en el Hospital Durand de Buenos Aires) para determinar la filiación de niños desaparecidos.

CAPÍTULO VII

HUELLAS DE CALZADOS Y NEUMÁTICOS

1. INTRODUCCIÓN

No obstante el hecho de que en la actualidad las suelas y tacos de diferente calzado se produzcan en serie, sus huellas han conservado todo su valor en las investigaciones delictivas.

El examen de las huellas de calzado o de neumáticos se hace en tres etapas: *a)* revelado de la huella a examinar; *b)* revelado de la huella de comparación, y *c)* comparación de las dos huellas. La etapa decisiva es la primera, puesto que la más pequeña y errónea maniobra puede comprometer totalmente la operación.

La literatura dedicada a este tema demuestra que en los últimos decenios se han hecho pocos progresos en el revelado y la conservación de huellas de calzado, en particular sobre superficies blandas. Se continúa recomendando el fotografiado de la huella y la confección de un molde en yeso París. Para las huellas sobre nieve, otro método tradicional es el moldeado con azufre fundido, que fue sugerido por primera vez por el físico sueco Karlmark. Un artículo de Hamilton que data de 1949, describe las diferentes mejoras técnicas que pueden incorporarse a este moldeado.

La policía nacional japonesa ha utilizado un método electrostático para revelar huellas dejadas sobre superficies duras. Tras la Segunda Guerra Mundial se asistió a una multiplicación de nuevos materiales químicos, tales como los elastómeros, plásticos endurecidos

por catálisis, polímeros, fibras textiles, sintéticas, etcétera. Se ha modernizado rápidamente los modos de aplicación de estos productos, especialmente por medio de aerosoles, probándose algunos en la obtención de moldes de huellas de pies o de neumáticos de mejor calidad y de mayor precisión. Los primeros resultados obtenidos por Carlsson fueron publicados en una revista de la policía sueca.

Antes de sacar un molde de la huella, es necesario fotografiarla, y para que tales fotografías sean útiles, han de ser muy claras y poseer una escala para facilitar las comparaciones. Dado que a menudo las tomas están mal iluminadas o mal contrastadas, es preferible una iluminación de una intensidad relativamente débil. A la luz del día, en especial con una luz difusa, un *flash* puede ser muy útil para aumentar el contraste. Pero hay casos en que, aun habiéndose tomado todas las precauciones necesarias, no se pueden obtener buenos resultados. No obstante, se ha comprobado que vaporizando una capa muy fina de pintura sobre la huella, se puede mejorar considerablemente el contraste.

Es necesario tener cuidado para no *cubrir* los detalles poniendo demasiada pintura. Hay que escoger una pintura mate cuyo color variará según los casos. Se puede aumentar el contraste de huellas en la nieve vaporizándolas con aerosoles de parafina (nieve artificial utilizada para las decoraciones de Navidad). El contraste es menos pronunciado que con pintura negra, pero se obtiene una mayor nitidez en los detalles pequeños.

2. **HUELLAS EN ARCILLA O EN TIERRA ARCILLOSA**

El vaciado tradicional de huellas de calzado en arcilla se efectúa con yeso París y a menudo da resultados muy buenos. Uno de los inconvenientes de este método es que pueden desprenderse partículas y quedarse pegadas al molde, lo que da por resultado el que se echen a perder algunos detalles. El yeso tiene también, frecuentemente, una consistencia bastante porosa y pueden quedar aprisionadas burbujas de aire.

Estos inconvenientes pueden ser evitados haciendo los vaciados de las huellas con el elastómero. Hay multitud de productos de este tipo en el comercio. Una vez preparado, se vierte la mezcla sobre la huella, sin ser necesario, generalmente, reforzar el molde.

Una vez tomado éste, se retira y aclara con agua corriente, con ayuda de un cepillo suave.

3. *HUELLAS EN LA ARENA O SUPERFICIES POLVORIENTAS*

Las huellas de calzado, neumáticos, etc., en la arena, en tierra muy seca, en el polvo de las carreteras, en el relleno de las cajas fuertes, en la harina y en otros materiales de este tipo, requieren en general un tratamiento preliminar antes del moldeado, a fin de que ciertas partes del soporte no se encuentren adheridas en el molde, lo que daría como resultado estropear un cúmulo de pequeños detalles. Este tratamiento, que tiene por objeto tapar todas las cavidades y todas las pequeñas hendiduras, consiste en vaporizar la huella con una película muy fina de un material apropiado.

Para las huellas en arena gruesa, lo mejor es vaporizar con un aerosol de laca para lustrar automóviles; para las huellas en arena fina, en el polvo de carretera o en el fino relleno de cajas fuertes, hay que vaporizar tres a cinco capas de laca para el cabello (dejando secar entre cada aplicación). Después de esta preparación, puede procederse al vaciado con el elastómero, como ya se ha indicado. Las pequeñas partículas adheridas a la parte inferior del molde pueden eliminarse lavándolo con ayuda de una solución ligeramente jabonosa.

No obstante, en ciertos casos este método hará desaparecer detalles muy pequeños y eventualmente importantes. Es posible entonces, utilizar otro método, como en el caso de que la huella haya sido dejada en una arena relativamente blanda o en un material del mismo tipo. Se vierte sobre la huella una mezcla de plástico y endurecedor y se deja que la impregne. Después de haberse endurecido se retira todo el producto.

Se ha comprobado que esta preparación de poliéster es la que mejor se adecua a los fines perseguidos. Es necesario adaptar la viscosidad de la mezcla a las condiciones particulares (3 a 4% de endurecedor y 10 a 25% de disolvente).

El tiempo necesario para que la mezcla pueda fraguar oscila entre 30 y 40 minutos a temperatura ambiente. Cuanto más baja sea la temperatura y más disolvente contenga la mezcla, más prolongado será el tiempo de fraguado. Para obtener los mejores resul-

tados, se aconseja realizar una impresión de prueba en el mismo material que la huella a revelar y tratar, por tanteo, de hallar las proporciones ideales para la mezcla. Las manos deberán estar protegidas con guantes, puesto que este tipo de materiales irrita la piel.

Para obtener resultados satisfactorios con esta técnica, es necesario contar con un espesor suficiente de arena o de material polvoriento (por lo menos 3 o 4 centímetros). Si no se tiene este espesor, el plástico corre el riesgo de adherirse a la superficie que se encuentra debajo (por ejemplo: asfalto, cemento, piedra, etc.) y no se podrá retirar el aglomerado sin estropearlo.

4. *HUELLAS EN LA NIEVE*

Actualmente, el procedimiento recomendado para lograr huellas en la nieve, consiste en tomar un molde con azufre. Es necesario proceder a una temperatura ligeramente superior al punto de fusión del azufre (113 grados centígrados), y la operación es bastante delicada. Si la temperatura es demasiado elevada, la nieve se funde y se destruyen detalles importantes. Incluso en condiciones perfectas, se produce una ligera fusión y el molde tiene una superficie algo porosa y falta de relieve.

Con la nieve en polvo y poco compacta sucede lo mismo: el azufre atraviesa la huella y reaparece debajo de ella.

Para evitar los inconvenientes aludidos ha surgido una nueva técnica que al mismo tiempo proporciona un molde más neto y de mejor calidad.

Se trata de una operación en dos tiempos. Primero se vaporiza una capa de parafina sobre toda la huella y se deja secar, y luego se vierte parafina fundida en la huella. El procedimiento sería el siguiente:

- a) Se retira la nieve que corre el riesgo de caer sobre la huella.
- b) Se vaporiza parafina (por ejemplo, aerosol de nieve artificial para decoraciones de Navidad) sobre toda la huella, a una distancia de alrededor de 10 cm y desde diferentes ángulos. Durante la operación se produce una disminución progresiva de la presión y un enfriamiento como consecuencia de la evaporación. Por ello se aconseja tener a mano dos o tres aerosoles, preferentemente en un lugar relativamente templado (bolsillos, coches). La operación de vaporiza-

zación se repite tres veces, dejando secar tres minutos entre cada operación (si se hace en una sola vez, pueden aparecer resquebrajaduras sobre la capa vaporizada). Las capas de parafina deben tener un espesor total de 1 mm, aproximadamente.

c) Después de haber dejado secar otros 10 o 15 minutos, se vierte lentamente y con precaución parafina fundida (es decir calentada justamente hasta por debajo del punto de fusión) sobre la capa de parafina.

d) A fin de no estropear el molde durante su transporte, se aconseja reforzarlo colocando varillas de madera sobre las capas de parafina que han sido vaporizadas y después recubrirlo todo con parafina fundida. Hay que cuidar que la parafina no se derrame y se deslice bajo la huella.

e) Una vez terminado el vaciado se enfría con la nieve y se retira cuando está completamente frío.

En lugar de reforzar el molde, como se ha descrito precedentemente, se puede colocar en una caja de madera, una caja de zapatos, etc., y verter parafina a su alrededor.

Es de hacer notar que estos procedimientos sufren y seguirán sufriendo modificaciones para optimizar resultados.

5. MOLDES CONFECCIONADOS CON YESO

Así como los antes enunciados, muchos son los productos que han sido recomendados para la elaboración de moldes de huellas de pie calzado y neumáticos. Los mismos, adecuadamente empleados, han demostrado ser totalmente satisfactorios. Sin embargo, considerando la disponibilidad de materiales, facilidad de preparación y costo, el yeso ha demostrado ser una de las sustancias más prácticas para estos fines.

Si la persona que va a hacer moldes de yeso ha tenido poca o ninguna experiencia en este terreno, es recomendable que lleve a cabo algunas prácticas con su propio calzado, antes de hacerlo con huellas que eventualmente puedan servir de evidencia.

Sin la práctica apropiada, el moldeado de huellas puede llegar a ser la experiencia más frustrante y, consecuentemente, se perderán las posibilidades de obtención en hechos reales, ya sea por imperfecciones o roturas. Por otro lado, un trabajo perfectamente con-

cretado brindará detalles diminutos que facilitarán una identificación.

a) *Cómo llevar a cabo el molde.*— Para hacer un molde de yeso, quien esté a cargo de ello deberá poseer un elemento contenedor limpio, una espátula o cucharón para mezclar, agua, yeso (preferentemente París) y palillos o trozos de alambre para refuerzo. Antes de mezclar el yeso y el agua, el área donde se va a obtener la huella puede limitarse mediante la construcción de una pared contenedora que abarque el perímetro de la impresión. Si hay agua presente en la huella, se la hará drenar mediante la confección de una canaleta construida en uno de los laterales. No se hará ningún esfuerzo para extraer ramas, palillos o cualquier otro elemento contenido en la superficie de la huella, ya que ello la desvirtuaría.

Una vez preparada la superficie a revelar, se coloca agua en el recipiente y luego yeso, para posteriormente revolver la mezcla, la cual estará lista cuando alcance una consistencia cremosa y espesa; si es demasiado espesa tenderá a *arrugarse* y no levantará (o captará) los detalles de la huella de pie calzado o neumático; por el contrario, si es muy ligera o delgada, los detalles pueden eliminarse por lavado.

La mezcla deberá ser vertida directamente sobre una paleta o cucharón próximo a la impresión (pero que no la toque); ello permitirá que fluya suavemente del elemento mencionado hacia la huella. Durante esta operación, la paleta o cucharón deberán ser movidos circularmente para cubrir la superficie completa.

El verter la mezcla directamente sobre la impresión puede provocar un empastamiento que afecte los detalles. Cuando el yeso alcance una profundidad de 2 cm se le deberán agregar los palillos o alambres de refuerzo en forma cruzada, como se observa en la ilustración, para evitar posteriores fracturas del material al ser transportado. La segunda capa de yeso debe ser tal que el molde total tenga una profundidad o altura de 4 centímetros.

(ver figura 53 en p. 145)

El endurecimiento de la sustancia se producirá en 20 o 30 minutos; luego de ello el molde puede ser removido. Es conveniente colocar en el reverso del molde la fecha, lugar y hora de la tarea de revelado, al igual que la numeración pertinente del mismo, siendo aconsejable obtener, en lo posible, más de un molde de una misma

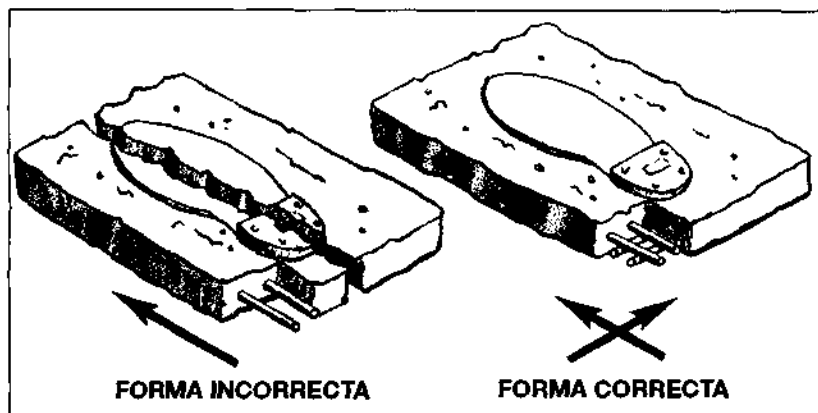


Figura 53

Colocación de varillas, palillos o alambres en el molde.

huella. Esto último obedece al hecho de que, muy a menudo, las características de identificación que pudieran estar presentes en uno, pueden no estarlo en el otro, y viceversa.

b) *Huellas de neumáticos.*— Dada la considerable longitud de la circunferencia de una cubierta o neumático, la posibilidad de identificar una huella del mismo con aquél, se incrementa con la longitud del o los moldes obtenidos. De ser factible, deben llevarse a cabo moldes sectorizados y consecutivos de la impresión, de manera tal que pueda cubrirse la longitud total de la circunferencia aludida.

Si bien no ocurre en todos los casos, es importante además poder contar con los moldes de las huellas de los cuatro neumáticos, para lo cual deberá señalarse la posición de cada rueda.

Si bien existen otras técnicas de revelado de huellas de neumáticos, acordes con la superficie donde se encuentran insertas, no debe olvidarse que la fotografía acompañada con una buena fuente de iluminación a diferentes ángulos, cumple acabadamente con dicho propósito, siempre y cuando se utilicen referencias métricas apropiadas y la película se encuentre paralela a la superficie a documentar.

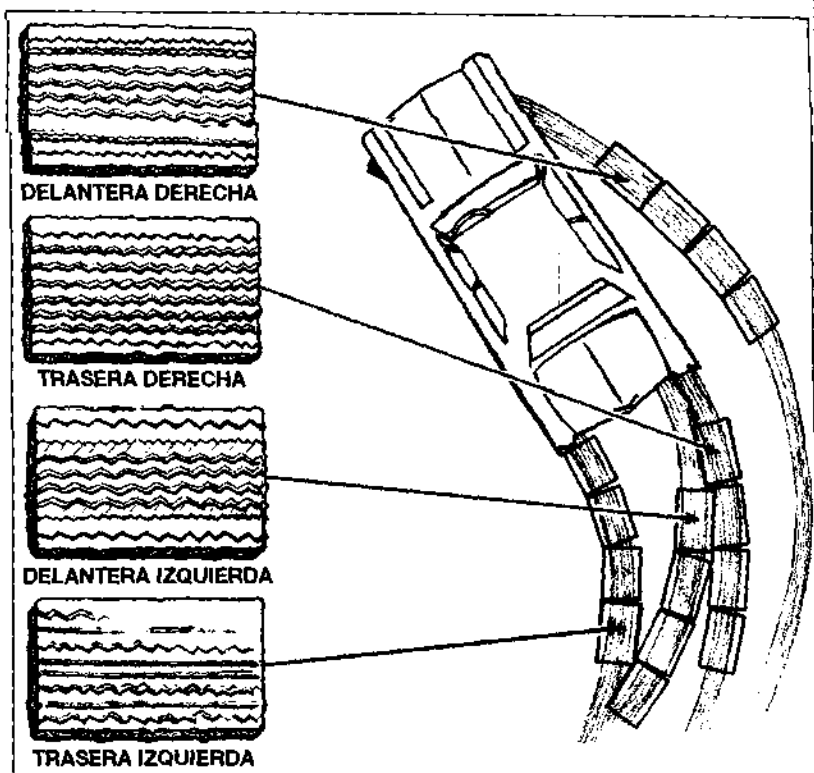


Figura 54

Impresiones o huellas dejadas por los cuatro neumáticos en una curva.

CAPÍTULO VIII

LA PRUEBA DOCUMENTAL

1. *ASPECTOS TEÓRICOS DEL EXAMEN E IDENTIFICACIÓN DE MANUSCRITOS*

Quien tiene a su cargo el examen de un documento desde el punto de vista pericial, cuando se enfrenta con el problema de determinar quién escribió uno en particular usualmente sabe poco o nada de la historia de su autor. Sus resultados se basan en un estudio científico de la escritura y su comparación con ejemplares indubitados.

La individualidad se inyecta en la escritura juntamente con el proceso de aprendizaje y se hace más pronunciada a medida que el escritor la pone en uso diaria o esporádicamente. Es el producto de un esfuerzo combinado entre el cerebro, los nervios y los músculos; la habilidad de estas partes para trabajar juntas influye en las características generales así como también en los detalles individuales de la escritura. Una vez que un adulto establece un sistema de escritura, rara vez realiza cambios radicales en ella, salvo que sufra algún deterioro físico.

La identificación de manuscritos se basa en el hecho de que cada persona desarrolla peculiaridades individuales en su escritura, resultantes de cientos de miles de movimientos repetidos del brazo y los dedos. De tal manera, la escritura es el producto del hábito. A medida que una persona la practica, finalmente se hace tan auto-

mática que ni siquiera advierte las muchas formas y trazos de enlace que realiza. Cada escritura individual puede ser identificada con la condición de que sea la verdadera representación de los hábitos normales.

Las características personales que soportan mayor peso son los trazos iniciales y finales, los enlaces y las alturas relativas.

La evaluación de hechos obtenida de la comparación de dos muestras de escritura, de una de las cuales se desconoce su origen y la otra perteneciente a un sospechoso, está sometida a un proceso de evaluación cuantitativa y cualitativa. El experto formula una conclusión basada en estas valoraciones y da su opinión respecto de la autoría de la escritura en cuestión. Los grados de certeza son problemáticos o categóricos.

Las conclusiones categóricas son positivas o negativas, lo cual depende de si se ha establecido una identificación o una no identificación. Las conclusiones probables resultan cuando el perito encuentra imposible identificar con precisión o eliminar al escritor sospechado de un documento cuestionado.

Cuando un perito arriba a una conclusión categórica, significa que tiene sentada una profunda convicción y que la identificación de las características gráficas en su totalidad, es suficiente para excluir cualquier coincidencia accidental. Está seguro de que las cualidades comunes evidentes en las dos escrituras comparadas, no se dan en la escritura de ningún otro. Consecuentemente, las escrituras analizadas deben haber sido preparadas por un autor; inversamente, las diferencias entre dos muestras que no se deban a una modificación consciente y deliberada (desfiguraciones, simulaciones o copias), ni a una variación natural, evidencian que dos especímenes escriturarios pertenecen a diferentes individuos.

2. *EXAMEN DE ESCRITURAS: ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS*

I. Escritura = la unión inconsciente o subconsciente de la mente y el músculo para expresar físicamente el pensamiento.

II. Orígenes.

A. Primeras formas = dibujos. Históricamente el lenguaje escrito ha emanado de los dibujos (hombre de las cavernas, etc.). Luego, las escrituras pictóricas, hasta llegar a las sofisticadas formas de

hoy que abrazan el lenguaje y la pronunciación más que las pinturas.

1. Dibujos (ejemplo: al niño se le da papel y lápiz o crayón).

a. Relajación.

b. Tensión.

c. Ira.

2. Impresión = primer tipo formal de escritura enseñado al niño.

= movimiento ascendente y descendente del infante, también utilizado para el entrenamiento inicial formal (movimiento del dedo).

3. Caligrafía = segundo tipo formal de escritura.

= hacia afuera y alejándose (movimiento de brazo y muñeca).

= frustración de las tendencias normales.

= imagen mental de un estilo de escritura transmitido por músculos (expansión contracción, presión y liberación).

B. Formas desarrolladas = usualmente se estabilizan después de completado el entrenamiento formal.

= desarrollo intelectual y muscular estabilizado.

1. Conocimiento de sistemas de escritura, necesarios para discernir las variaciones de estilo del escritor según los patrones caligráficos.

2. Progresos en el desenvolvimiento de la mano = pueden permanecer muy próximos a los estilos caligráficos, en cuyo caso se hace difícil diferenciar a los escritores; pueden regresar a movimientos de dedo más innatos, reflejados por la angularidad más que por la redondez; a medida que el proceso mental crece, el control muscular no puede mantener su marcha y aparece la ilegibilidad. (Estas observaciones pueden no siempre ser verdad, dado que el proceso mental y la habilidad muscular difieren con cada individuo. Además obsérvese que el semianalfabeto o pobremente educado —entrenado— puede acusar angulosidades antes que redondeces, pero siempre esta escritura es lenta y laboriosa.)

III. Herramientas básicas = vista y magnificación.

IV. Definiciones básicas:

A. Examen de manuscritos: comparación lado a lado de un documento cuestionado con un ejemplar conocido, para determinar identidad o no identidad.

B. Términos elementales:

1. Semejante: es una escritura o característica que indica iden-

tividad posible o probable. La combinación de semejanzas conduce a una conclusión de identificación.

2. Diferencia: es una peculiaridad o característica de la escritura que indica posible o probable no identificación.

3. Variaciones: desviaciones de lo esperado, formación normalmente peculiar de una letra.

a. Variaciones inexplicables: no puede darse una explicación atribuible. Podría deberse al tipo de papel, instrumento escritor, distorsión no intencional o no controlable.

b. Distorsión: Puede ser intencional y también no intencional, por ejemplo: nerviosismo, tensión, alcohol, drogas, irritación, etcétera.

C. Deformación/desfiguración.

1. Escritura con la mano opuesta: forma común de desfiguración intencional.

2. Escritura deformada: escritura vacilante, trémula; letras hechas con plantillas (pueden deberse a desfiguración intencional, nerviosismo, etcétera).

3. Escritura débil.

4. Otras = edad, enfermedad, lesión, etcétera.

V. ¿Es el examen de un documento un arte o una ciencia?

A. Arte = desarrollo de habilidades (innatas, educación, entrenamiento).

B. Ciencia = conocimiento; conjunto de hechos o información sobre una materia en particular. (Es sistematizada y basada en principios observables, científicos y reconocidos.)

C. Experto o perito = es quien posee un conocimiento especializado sobre una materia en particular (especialista).

1. El testimonio del experto es un testimonio de opinión. El experto puede testificar y dar conclusiones. El testigo ordinario puede sólo testificar sobre hechos; su opinión sobre los mismos, sin embargo, será excluida como opinión testimonial.

VI. Principios científicos básicos.

A. Las diferencias de todas las cosas en la naturaleza (aun el hecho de que no haya dos personas que escriban exactamente igual).

B. Cada individuo, de diferente capacidad mental y física (muscular), desarrolla peculiaridades o características en la escritura.

1. Aunque algunas de estas peculiaridades pueden ser características de *clase*, la combinación de peculiaridades es característica de una sola persona.

C. Cuando los escritos son examinados por un experto competente (por ejemplo, uno que tenga conocimiento especializado, adquirido a través de la educación, el entrenamiento y la experiencia —un perito—, puede demostrarse la identidad o la no identidad.

VII. Lo siguiente no puede determinarse con certeza:

- A. Edad.
- B. Sexo.
- C. Raza.
- D. Capacidad o incapacidad física.
- E. Carácter.
- F. Educación.

3. *EXAMEN DE ESCRITURAS. PRINCIPIOS DE LA NO IDENTIFICACIÓN*

- 1. Desviación de los sistemas.
- 2. Desviación de las características en la comparación de escrituras.
 - a. Diferencias en la formación de las letras de un documento, cuando se las compara con las mismas letras de otro documento.
 - b. Diferencias en el ritmo, presionado del elemento escritor, espaciado, trazos, etcétera.
- 3. Una similitud excluye la no identificación positiva.
- 4. Si hay suficientes diferencias; si las variaciones observadas pueden ser explicadas, y si no se detectan similitudes, puede obtenerse una conclusión de no identidad.

Nota: Las no identificaciones usualmente son más difíciles de establecer que las identificaciones.

5. Debe estudiarse cuidadosamente la escritura dubitada respecto de la significación de las características que sean adecuadas para una no identificación determinada. En muchas ocasiones el material cuestionado exhibe una calidad tan pobre que no es viable identificar o no identificar el mismo.

Es importante comprender que las diferencias en la configuración en general (impresiones gráficas), no son la única consideración a tener en cuenta para establecer una no identificación. La escritura cuestionada debe estar naturalmente preparada y poseer un determinado número de diferencias significantes. Sólo así puede darse una opinión de no identidad sobre base realista.

4. EXÁMENES DE FALSIFICACIONES

I. Calcados = un calcado es un dibujo de una escritura.

A. Tipos.

1. Carbónico (mediante el empleo de papel carbónico debajo del original). Grafito (mediante el empleo de un lápiz).

2. Luz transmitida (por transparencia).

B. Factores de detección:

1. Vestigios de carbón depositados en el papel o depósitos de grafito.

2. Indentaciones (hendiduras o depresiones) debajo de la firma.

3. Pobre calidad de las líneas.

4. Rasgos de ataque y finales romos.

5. Borraduras.

6. Levantamientos del elemento escritor y retoques.

7. Firma original.

C. Identificación

1. Como falsificación = usualmente es de fácil determinación, especialmente si se localiza la firma original (*master*), tomada como modelo.

2. Para determinar autoría = es prácticamente imposible lograrlo ya que el calcado consiste en dibujar la escritura de otra persona.

D. Modelos de escrituras indubitadas.

1. Dado que un calco es un dibujo de la escritura de otro, se superpondrá al original empleado para su preparación. Dos firmas, si son genuinas, no se superponen, dado que la variación natural que surge en las escrituras normales, evita que ello ocurra. Los esfuerzos de un investigador deberían estar dirigidos hacia la obtención de firmas genuinas que hayan podido ser utilizadas para la maniobra de calcado, antes que lograr muestras indubitadas de sospechosos y víctimas (ya sea mediante cuerpos de escritura o no).

II. Imitaciones = la imitación es la copia de un escrito.

A. Generalmente se realiza tomando una firma como modelo y copiándola.

1. Un semidibujo.

2. Un intento de hacer aparecer la escritura propia como la de otra persona.

3. Práctica de la escritura de otra persona (asimilación de los hábitos de otro).

B. Factores de detección.

1. Calidad de las líneas y ritmo.

2. Rasgos de ataque y finales.

3. Levantamientos del elemento escritor y retoque.

4. Variaciones en la formación de las letras.

5. Temblores.

6. Escritos indubitados.

C. Identificación:

1. Como falsificación = puede ser dificultosa.

= depende de la habilidad para escribir del autor y la víctima.

2. Para determinar autoría = extremadamente difícil dado que las características normales del escritor están generalmente ocultas; sin embargo resulta extremadamente complicado para un escritor ocultar *todas* sus propias características escriturales.

D. Muestras o modelos de escritos auténticos

1. Necesidad de escritos de la víctima o damnificado = para ver cuán buena es la imitación y si están presentes características extrañas.

2. Necesidad de escritos de sospechosos para ver si algunas de las características propias y normales se han insinuado en la imitación.

III. Falsificaciones a mano libre = el escritor no conoce cómo escribe la víctima.

A. Permite identificar fácilmente a su autor, siempre que se cumplan estas tres condiciones:

1. Que se obtengan escritos auténticos, de comparación.

2. Que tales escritos sean normales, sin desfiguraciones ni distorsiones.

3. Que contengan suficientes y significativas características identificativas.

IV. Métodos variados de falsificación/técnicas de desfiguración.

A. Firmas *levantadas*.

1. Cinta adhesiva.

2. Otras técnicas de levantamiento.

B. Autofalsificación = calcos o imitaciones concretados por la pretendida víctima, con la intención posterior de negar la escritura.

FALSIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	HALLAZGOS POSIBLES	LIMITACIONES	POSIBILIDADES DE INVESTIGACIÓN
Calcado	Las curvas grandes son vacilantes (aspecto mecánico). Lentitud. Comienzos y finales romos. Roturas y conexiones inadecuadas. Superposición.	Prueba de que es un calco. Identificar de qué original fue obtenido.	No se puede identificar al escritor.	Se debe obtener el original.
Imitación	Todas las anteriores excepto la superposición. Compromiso entre velocidad y precisión.	Calidad pobre. Ausencia de características de la firma normal de la víctima. Rara vez puede identificarse una falsificación.	Depende de la calidad.	Debe contarse con numerosas firmas de la víctima. Deben obtenerse numerosos escritos del sospechoso, con el nombre de la víctima.
A mano libre (el falsario desconoce cómo es la firma de la víctima)	Todo luce mal.	Se puede establecer que no es genuina. Se puede identificar al autor.	A menudo contiene desfiguraciones.	Lo mismo que en el caso anterior.

Es más difícil de detectar, particularmente en los casos de imitaciones, dado que los factores de detección ya mencionados estarán presentes. El problema de la autofalsificación sólo sirve para ilustrar el meticuloso cuidado y la experiencia que se necesita para examinar escritos en que se sospecha una falsificación.

(ver cuadro en p. 154)

5. TÉCNICAS COMUNES DE DESFIGURACIÓN

Las soluciones que seguidamente se ofrecen para resolver formas de desfiguración, presuponen que se pueden obtener cuerpos de escrituras de los sospechosos.

I. Escritura con la mano opuesta

A. Esta muy común técnica de desfiguración puede a veces vencerse a través de la observación de la posición y manipulación que del papel hace el sospechoso al momento de escribir, al igual que su ubicación corporal.

1. Utilizar papel rayado.

2. Colocar el papel en posiciones oblicuas extremas.

3. Hacer sentar al escritor en posición normal y hacerlo escribir con codo y antebrazo apoyados o próximos a la superficie de escritura (escritorio, mesa, etc). El codo debe estar próximo al cuerpo.

4. Pedirle que escriba sobre las líneas del papel.

II. Escritura distorsionada o falseada

A. Generalmente es difícil de identificar pero puede resultar de una excelente ayuda la siguiente regla:

Reproducir tan aproximadamente como sea posible las condiciones originales del escrito.

B. Explicación de la regla:

1. Utilizar la misma medida y tipo de papel.

a. Rayado o no rayado.

b. Si posee algún tipo de formato en especial, utilice otros similares en blanco para la toma de muestras.

c. Si son cheques, utilizar otros similares en blanco.

2. Utilizar el mismo tipo de elemento escritor.

a. Crayon, lápiz, esferográfica, pluma, etcétera.

3. No permitir que el escritor vea el documento cuestionado.

4. Utilizar palabras o textos similares a los cuestionados, aun tratándose de palabras obscenas.
5. Los dibujos y símbolos también deben ser obtenidos.
6. No dar información sobre signos de puntuación, acentos, de letreo, márgenes, etcétera.
7. Obtener muestras de escritura de la mano más débil (por lo menos el alfabeto).
8. Tomar varias muestras y quitar cada página de la vista de quien escribe, una vez que está terminada.
9. Desarrollar una buena técnica de dictado.
 - a. Quien dicta debe observar al que escribe. ¿Escribe despacio? ¿Trata de desfigurar o disfrazar su personalidad? ¿Escribe muy ligero como para distorsionar su escritura?
 - b. Observe su cabeza. ¿Se dirige hacia abajo cuando escribe y se levanta si quien dicta lo hace muy despacio o muy ligero?
 - c. El objeto de las reglas mencionadas es obtener algunas similitudes de forma, por ejemplo: puntuación, faltas de ortografía, ubicación de la escritura en el renglón, etcétera.
- III. Escrituras con la mano más débil.
- IV. Falsificación.
 - A. Calcos.
 - B. Imitaciones.
 - C. Autofalsificación.

6. *FUENTES PARA ACOPIO DE ESCRITURAS O FIRMAS INDUBITADAS*

1. Libros de contabilidad.
2. Declaraciones juradas.
3. Escrituras de bienes.
4. Autógrafos.
5. Formularios para aseguramiento de automotores o inmuebles.
6. Tarjetas de crédito.
7. Registro de firmas para aperturas de cuentas corrientes bancarias.
8. Registro de firmas para aperturas de cuentas de ahorro bancarias.
9. Legajos de identidad o prontuarios policiales.

10. Constancias en el Registro Nacional de las Personas.
11. Documentos de identidad (CI, LE, DNI, etcétera).
12. Solicitudes de empleo y legajos personales en empresas.
13. Cheques y endosos de los mismos.
14. Pagarés.
15. Escrituras de cesión o traspaso.
16. Diarios íntimos.
17. Formularios para contratación de servicios.
18. Registro de hotel.
19. Solicitudes de patentamiento de inventos.
20. Cartas.
21. Telegramas.
22. Formularios para seguros de vida.
23. Manuscritos.
24. Memorandos de todo tipo.
25. Tarjetas postales.
26. Recibos de alquiler.
27. Otros.

7. *FALSIFICACIÓN MEDIANTE CALCADO*

Constituye uno de los métodos tradicionalmente utilizados en la imitación de textos manuscritos. El que ahora nos ocupa consiste en calcar un escrito original sobre un documento falsificado. En la mayoría de los casos sólo se calcan las firmas, pero también hay ocasiones en que ocurre lo propio con gran parte del texto.

Muchas veces el procedimiento consiste en lo que podríamos llamar falsificación mediante unión de letras o palabras; el falsificador escoge algunas palabras o letras de una comunicación escrita u otro documento, las arregla en el orden en que estén y las calca en otro papel. Tal método debe estudiarse con auxilio de instrumental óptico.

En el escrito original, la altura de las letras y las distancias entre palabras serán más o menos uniformes, pero cuando un falsario escoge letras de diferentes partes del documento y las acomoda donde le conviene, habrá ligeras variaciones en alturas y otras diferencias que no podrán observarse en la falsificación, a menos que el documento esté muy ampliado.

Se emplean diferentes métodos para calcar; el más sencillo consiste en utilizar papel calco y llenar con tinta las líneas calcadas. Tal procedimiento puede descubrirse inmediatamente mediante un examen microscópico, pues debajo de la tinta se verán partes de las líneas calcadas. Otro método consiste en colocar el papel donde está la firma original, contra el vidrio de una ventana, poner sobre él el documento que se va a falsificar y seguir la firma por transparencia. Un calcado de esta índole se puede reconocer por los trazos un tanto forzados que se obtienen.

Un falsificador experimentado emplea el aparato que utilizan los fotógrafos para retocar negativos, vale decir, un vidrio despulido, inclinado, con una lámpara eléctrica por detrás. De esta forma la mano queda en la posición natural de escribir, y si el calcado se hace varias veces, para adquirir práctica, puede llegar a ser muy semejante al original. Sin embargo, un examen minucioso y detenido podrá revelar la maniobra.

El falsificador levantará a menudo el elemento escritor del papel y se detendrá un momento a mirar su trabajo y pensar cómo habrá de continuar. Estas interrupciones en la escritura se ocultan mediante un retroceso, de tal manera que el nuevo trazo comienza sobre el anterior. Tal retroceso difiere de las interrupciones normales de las escrituras, no sólo porque no es natural, ya que a veces se encuentra en medio de una letra, sino también en que una interrupción natural no trata de ocultarse.

El falsificador retocará a menudo su trabajo, especialmente cuando el trazo no ha seguido los lineamientos exactos del original. Estos retoques no deben confundirse con los que muchas personas hacen en su propia escritura; los mismos pueden originarse en el exagerado cuidado o una afección nerviosa. Sin embargo, es frecuente que la escritura de quien retoca en la forma mencionada en último término, no sea muy legible, es entonces cuando dicha persona trata de perfeccionar las partes que no le parecen claras. Aquí vemos también la diferencia entre el falsificador y el retocador normal: el primero retoca aun partes de letras que son claras y perfectamente legibles, a fin de lograr mayor semejanza con el original, mientras que los retocadores normales sólo actúan sobre las letras ilegibles.

Elementos de delación.— Los rasgos insertos no muestran la rapidez, espontaneidad y soltura de la escritura normal y, en conse-

cuencia, las letras revelan a menudo que han sido escritas por una mano más o menos temblorosa. Sin embargo, el temblor puede ser natural y, por tanto, es necesario distinguir entre el temblor del falsificador y el que es debido a la edad, al frío o alguna enfermedad. El del falsificador se notará especialmente en los trazos ascendentes y en los lugares donde el elemento escritor, al copiar, cubre la escritura original. El temblor debido a edad avanzada se observa principalmente en los trazos iniciales, mientras que el frío y la rigidez de los dedos a menudo producen una escritura angular.

El temblor patológico de diversas enfermedades tales como la parálisis y el mal de Parkinson, suele ser muy característico.

Se observa con bastante frecuencia en el falsificador, el hecho de comenzar a calcar una letra en un punto que no es normal o no condice con la forma en que lo hizo su verdadero autor. Por ejemplo, comenzar indistintamente el calcado de una *o* cerrada, ya sea desde arriba o desde abajo.

A veces es factible obtener el original del cual se concretó el calcado, especialmente cuando se trata de documentos vencidos o de cheques. En tal caso resulta muy fácil descubrir la falsificación, dado que dos firmas nunca pueden ser exactamente iguales en todas sus proporciones; por tanto, si se encuentran dos firmas absolutamente iguales, una de las dos tiene que ser falsificada.

Si se compara el original y la copia o calco, se suele encontrar que la forma de los trazos iniciales y la puntuación varían, ya que el falsificador a menudo los dibujará después de haber completado su trabajo; también suelen diferir los rasgos finales, pero las distancias entre letras y entre las partes importantes se encontrarán completamente iguales.

8. *EL MATERIAL IMPRESO COMO EVIDENCIA*

Resulta extremadamente importante tanto para el investigador como para el perito que examina documentos, estar al corriente del rol del proceso de impresión y de los documentos impresos, en el área del fraude. Con la rápida arremetida de la tecnología el falsificador ha sido provisto de un arsenal de *armas* en el terreno de las artes gráficas. Las variadas formas de impresión cubren los terrenos de la computación, la fotografía, la impresión mecánica, la fotomecánica y los procesos electrostáticos.

Utilizando una variedad de métodos gráficos posibles, deviene relativamente fácil confeccionar un documento fraudulento partiendo de un modelo auténtico. Su finalidad es sorprender al desprevenido con un efecto visual de autenticidad muy simple de producir, sin embargo, las características de un documento legítimo están, muchas veces, más allá de la capacidad de reproducción del falsario, pese a que muchos no deseen crear un elemento perfecto sino uno que pase el escrutinio preliminar.

Para poder adquirir una comprensión fundamental del potencial probatorio reflejado en los documentos impresos de origen fraudulento, es de suma importancia poseer un conocimiento general de los procedimientos de impresión.

a) *Tipografía*.— Sin entrar en detalles históricos diremos simplemente que es la impresión de motivos en relieve. Las partes impresas son prominentes y entintadas por rodillos cuya tinta grasa se transmite al papel bajo el efecto de la prensa. El impresor realiza así impresos por medio de formas compuestas de caracteres, de filetes y de clisés, cuya altura normal es de 23,56 mm. El siglo *xx* aportó una importante evolución en los caracteres: grabadores de renombre crearon los caracteres modernos como, por ejemplo, el antiguo *lito*, el *times*, la *carabela*, etcétera.

b) *Talla dulce*.— El nacimiento de la talla dulce se remonta a 1452. Un orfebre italiano, Thomas Finiguera, grabó en hueco, sobre una plancha de plata, un motivo que representaba a la Virgen y de la cual hizo tiradas en papel. Esta técnica aplicada a metales menos nobles (cobre) fue luego utilizada por los más célebres grabadores.

El procedimiento consiste en grabar con un buril o cualquier otro instrumento muy afilado y sobre una plancha de cobre, surcos, letras o un dibujo. Se recubre de tinta la superficie total de la plancha con ayuda de un pincel, por ejemplo, y se seca esta superficie dejando subsistir únicamente la tinta contenida en los huecos. Se aplica luego sobre la plancha preparada un papel secante o esponjoso, ejerciendo una fuerte presión sobre el soporte elegido; la tinta contenida en los huecos será absorbida por el papel, reproduciendo así la imagen trazada sobre la plancha.

Este procedimiento se utiliza ahora en gran escala con máquinas modernas (los sellos postales se imprimen así). El trabajo artesano tiende a desaparecer poco a poco por ser muy oneroso. La talla dulce se emplea para la impresión de ciertos trabajos lujosos, como por ejemplo las tarjetas de visita, las invitaciones de boda, los encabezamientos de cartas, los sobres, etc. Este procedimiento se reconoce por el ligero relieve que aparece en el emplazamiento del grabado, pero no hay que confundirlo con la impresión en termograbado.

c) *Heliograbado*.— Es un procedimiento derivado de la talla dulce, inventado y puesto a punto por el alemán Klietch hacia 1895, e industrializado hacia 1910. El grabado se obtiene por vía fotográfica, de ahí el término de heliograbado, y la impresión se realiza a partir de un grabado sobre un cilindro, de donde proviene el nombre de *rotograbado* dado a este procedimiento.

Los huecos impresos del cilindro recubierto de cobre están constituidos por una multitud de cubetas cuadradas de superficie idéntica. Las profundidades de estas cubetas grabadas son microscópicas y difieren según la intensidad del tinte a reproducir en el papel. Colocada sobre la máquina de imprimir, la forma cilíndrica está completamente recubierta de tinta líquida que penetra en los huecos impresores y se deposita igualmente en la superficie que los delimita. Antes de la impresión, esta superficie (que se ha vuelto clara por el secado automático) representa lo blanco del papel impreso, mientras que los huecos reproducen los elementos impresores. Este procedimiento se emplea generalmente para la impresión de publicaciones periódicas.

d) *Litografía*.— No se puede hablar de impresión *offset* sin hablar de la litografía, ya que este procedimiento es su precursor. Se pinta un dibujo o un texto invertido con un lápiz graso directamente sobre una piedra. Se fija la imagen a reproducir con ácido, la tinta sólo se fija entonces sobre las partes llamadas *grasas*. Luego, con la ayuda de una prensa litográfica, la hoja del papel se pone en contacto con la piedra, se ejerce una fuerte presión y se reproduce la imagen, derecha, sobre el soporte.

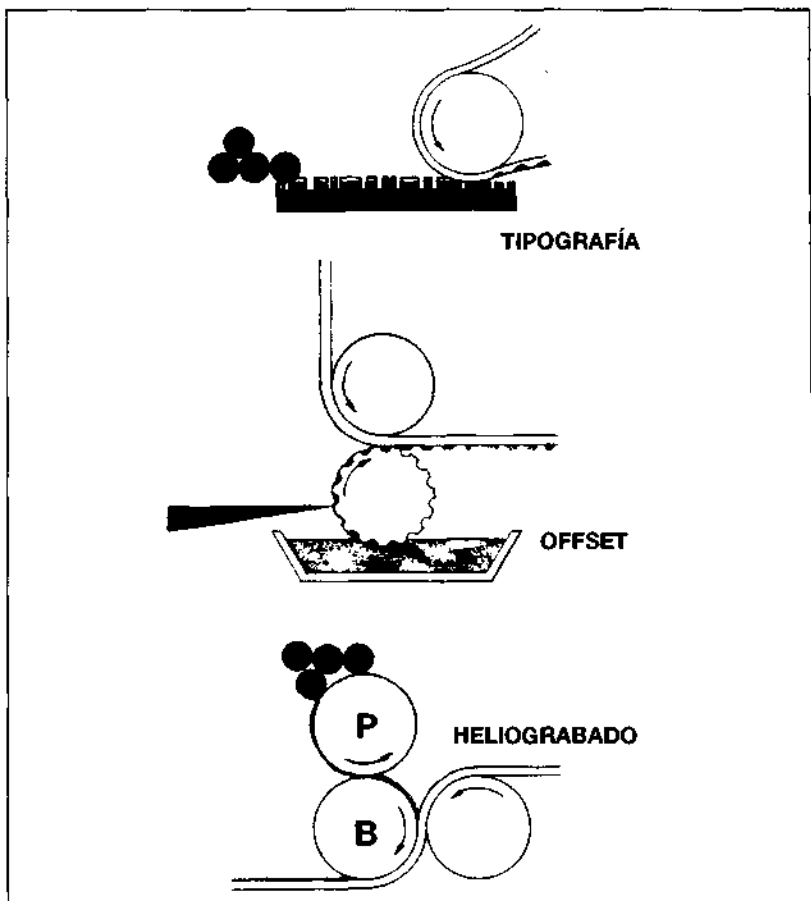


Figura 55

Representación esquemática de los tres principales procedimientos de impresión.

Tipografía: La hoja de papel es presionada contra los relieves entintados con ayuda de un cilindro.

Heliogravado: El cilindro, portador de minúsculas cubiertas grabadas, se sumerge en la tinta, cuyo exceso es enjugado por un raspado flexible. Las cubetas dejan un ligero relieve sobre el papel.

Offset: La plancha grabada (P) es ajustada sobre el cilindro y la imagen de la forma es reportada sobre la hoja de papel por medio de una mantilla (B) de caucho.

e) "*Offset*".— Emplea el principio básico de la litografía. Sólo se imprimen en el papel las partes recubiertas de tinta grasa, mientras que las que están humedecidas permanecen neutras. Ya no se obtiene la impresión por contacto directo de la forma sobre el papel, sino por calcado sobre un cilindro intermediario.

En la práctica, la forma está constituida por una plancha metálica (zinc y aluminio) muy delgada, enrollada en un cilindro; esta plancha se obtiene mediante un tratamiento químico. La imagen de la forma se reporta sobre el cilindro intermediario, recubierto de una mantilla de caucho que la calca luego sobre el papel. El término *offset* evoca además la idea de calco-reporte. Se emplea actualmente en la prensa para los diarios y las publicaciones periódicas. Los textos son, la mayoría de las veces, fotocompuestos y reproducidos por fotograbado sobre las planchas *offset*. El *offset* produce una imagen lisa y uniforme y es usado frecuentemente en la manufactura de documentos falsos debido a su fácil uso y al bajo costo del equipo.

f) *Flexilografía*.— También conocida como pantalla de seda, este método usa una pantalla porosa como superficie de impresión. La imagen que se logra es producida sobre la pantalla por medios mecánicos o fotomecánicos. El área sobre la pantalla fuera de la imagen es sellada y la tinta es forzada a través de las aberturas en la zona de la imagen sobre la superficie impresa. Este método produce un efecto elevado similar a la impresión tipo plena (entallada) y ha sido empleado para imitarlo.

g) *Impresión tipo plena (entallada)*.— Este método utiliza una lámina de metal que está grabada al agua fuerte, a mano o químicamente. Dicha lámina y tinta especial son aplicadas a la superficie impresa bajo presión. El resultado es un efecto elevado con un leve plumaje alrededor del borde de la imagen impresa, como consecuencia de la presión. La impresión tipo plena permite detalles muy bellos en las imágenes que se obtienen. Este método de impresión es considerado muy seguro, dada su difícil producción, la belleza del posible detalle y su gran costo.

h) *Termografía*.— También produce una impresión elevada. Este método, junto con la flexilografía, es empleado para reproducir impresiones de tipo pleno en documentos falsos. Una imagen de *off-set* es impresa usando una tinta especial que no se seca. La tinta que no se seca es entonces rociada con una sustancia plástica en polvo. El exceso de polvo es removido utilizando una aspiradora y la superficie impresa es entonces *horneada* para fijar el polvo. La termografía produce una imagen grabada sin el detalle fino de la impresión tipo plena, pero con bordes lisos y parejos. Las burbujas de aire o cristalizaciones son resultado del proceso de horneado y pueden ser vistas claramente bajo una inspección microscópica.

i) *Distinción de procedimientos de impresión*.— A menudo es difícil distinguir los procedimientos de impresión, salvo para un profesional conocedor de los mismos. Lo más frecuente es que el simple examen visual de la impresión y, si es preciso, el tacto del papel, sean suficientes para informarlo. Si duda, puede entonces observar más atentamente la hoja impresa con ayuda de un cuentahilos para detallar, en este orden, el texto, las ilustraciones y el papel. En la medida de lo posible, el perito debe tener siempre consigo un cuentahilos extremadamente preciso.

Para adquirir esta percepción de lo impreso y hacerla menos intuitiva, es necesario, primero, tomar como modelos, impresos cuyo procedimiento es ya conocido, para determinar lo que caracteriza a cada uno de ellos. A continuación, bastará con establecer comparaciones entre las características propias de cada uno de los procedimientos.

Para la serigrafía es suficiente observar un impreso publicitario del tipo autoadhesivo. Entre las muy numerosas características que pueden servir para la identificación de la impresión clásica por cada uno de los procedimientos, hay que considerar simplemente: 1) el seco y los filetes, que sirven para distinguir la tipografía del *off-set*; estas dos marcas hay que examinarlas en los impresos realizados con esos dos procedimientos; 2) el texto y las ilustraciones hay que escrutarlos con ayuda de un cuentahilos en los periódicos y revistas; 3) el papel, que puede resultar una fuente de errores. En efecto, si existe un papel mejor adaptado a tal procedimiento o a un

trabajo determinado, cada procedimiento se acomoda, no obstante, con bastante facilidad a otros papeles.

1. *Examen del seco.* Se llama seco al relieve más o menos aparente en el reverso de la hoja; se produce en el curso de la impresión tipográfica por los elementos metálicos en relieve que, incluso en el caso de una colocación efectuada según las reglas del arte, dejan, no obstante, subsistir un ligero hueco en el anverso del papel.

2. *Examen de los filetes.* Los filetes son los trazos verticales y horizontales que se encuentran en ciertos impresos (facturas, presupuestos, cuadros, etc.). En tipografía, a veces están constituidos por diversos elementos, puestos uno tras otro y biselados para formar un cuadro; esos diferentes añadidos pueden producir ligeros blancos en la impresión.

En *offset* los filetes están trazados como se haría a pluma mediante trazos; de esta manera, no los interrumpe ningún blanco, incluso mínimo.

3. *Examen del texto.* En tipografía, sobre papel satinado, los caracteres vistos con ayuda de cuentahílos son muy netos y dan un negro más o menos intenso, según su superficie.

En *offset*, al ser indirecta la impresión, con ayuda de la mantilla, el texto es menos neto y a menudo más gris, a veces incluso irregular. En cambio, en similitrabado el punto es más fino y no está deformado.

En serigrafía no hay seco en el reverso de la impresión, sino que, por el contrario, se comprueba un cierto relieve de la tinta, provocado por su paso a través de las mallas, bajo la presión del raspador.

En heliograbado, el examen con el cuentahílos hace aparecer un texto rayado por la trama.

4. *Examen de las ilustraciones.* En tipografía, el examen de las reproducciones fotográficas en similitrabado se hace preferentemente sobre papel cuché, y en *offset*, sobre papel ligeramente granulado. Este estudio de la trama con el cuentahílos, idéntico para los dos procedimientos, no puede dar diferencias sensibles.

De todos modos, hay que señalar las características siguientes:

—Los blancos de la fotografía, en tipografía, tienden a virar hacia el gris, mientras que son puros en *offset* (es el blanco del papel).

—Los puntos de la trama, aureolados en tipografía, están mejor delimitados y generalmente son más finos en *offset*, especialmente cuando la impresión se hace sobre papel cuché.

En heliograbado, la trama cuadrada —especial de este procedimiento— es visible con el cuentahílos en las partes grises; además, la tinta, al extenderse en la salida de las marcas, cubre casi completamente la trama.

El examen a simple vista del rendimiento de una ilustración por cada uno de los procedimientos, es más instructivo, se observará:

—En tipografía, una fidelidad severa y contrastada; los tintes son netos.

—En heliograbado, una fidelidad menos acentuada pero con la sensación de ver una fotografía con un ligero relieve; los tintes son vivos.

—En *offset*, una fidelidad menos contrastada que en tipografía; los tintes son suaves, recordando el papel o la acuarela.

—En serigrafía, una sensación de pintura al óleo con colores intensos y puros.

Es bueno recordar, que si puede procurarse un grabado en color más o menos semejante para cada procedimiento, la yuxtaposición de esas diferentes reproducciones hará resaltar aun mejor las características de rendimiento de cada procedimiento.

En lo que se refiere a los peritajes de falsificaciones en materia judicial, conviene estudiar bien los impresos en cuestión a fin de determinar, en la medida de lo posible, el procedimiento de impresión. Pero hay que guardarse bien de definir el tipo de máquina utilizada, pues esas deducciones son aleatorias. Se sabe que la mayoría de las imitaciones fraudulentas se ejecutan en impresión *offset*, pero sucede que pueden estar implicadas dos disciplinas de trabajo; es el caso, especialmente, de las imitaciones fraudulentas de cheques impresos en *offset* mientras que la numeración y la perforación se realizan en tipografía.

j) *Reprografía*.— Se llama así al “conjunto de procedimientos que realizan la copia automática de documentos, por medio de técnicas que utilizan las propiedades de las radiaciones”.

Hay que distinguir la reprografía en blanco y negro de la que se realiza en colores, así como: los procedimientos argénticos basados esencialmente en los principios de la fotografía; la diazocopia; la termocopia, y la fotocopia electrostática.

1. *Reprografía en blanco y negro.* Los procedimientos argénticos se basan en la utilización de superficies sensibles esencialmente compuestas de sales de plata; por lo tanto, resulta necesario poseer papel para la fotocopia ordinaria en luz atenuada, así como los productos de tratamiento correspondientes. Este procedimiento de reproducción está ahora casi abandonado por ser muy anticuado y costoso.

2. *Diazocopia.* Es un procedimiento de reprografía que se aprovecha de las propiedades de los compuestos diazoicos. En general, el aparato se construye a lo largo, ya que utiliza papel de rollo. Está constituido por una rampa de iluminación de tubos fluorescentes y utiliza un baño de producto de revelado así como papel sensibilizado.

El principio de la copia es el siguiente: el papel (que en general es de color amarillo) se pone en contacto con el documento transparente (calco, kodatraz, película positiva, etc.), a continuación se introducen las dos partes en el aparato y pasan sobre un cilindro en cristal que gira alrededor de la fuente luminosa para efectuar la exposición. Las dos partes continúan su marcha y son dirigidas hacia un baño revelador. Al quedar terminada la operación el papel vuelve a ser blanco enseguida. La calidad de la copia es excelente y este sistema se utiliza muy ampliamente en los talleres de reprografía.

3. *Termocopia.* Este procedimiento de copia, que no hace mucho tiempo estuvo en boga, tiene tendencia a ser abandonado hoy día.

1. *Termocopia directa:* Está fundada en la utilización de papel recubierto de un baño cuya coloración es modificada por la acción de los rayos infrarrojos.

Para la obtención de la copia se efectúa la exposición por reflexión, al ser reemplazados los rayos luminosos por las radiaciones emitidas por un tubo de infrarrojos. El calor que atraviesa el papel

sensible no es suficiente para modificar su tinte, pero las partes oscuras del original absorben este calor y lo restituyen al papel sensible, el que en los lugares correspondientes, se colorea netamente. De esta manera se obtiene una copia en pocos segundos.

II. *Termocopia indirecta*: Este procedimiento utiliza un soporte intermedio que recuerda mucho a un papel químico cuya capa se vuelve inmediatamente pastosa bajo la acción del calor.

La obtención de la copia se efectúa sobre cualquier soporte (papel, calco, celofán, planchas *offset*, etc.); entre este soporte y el original se intercala el intermediario termosensible, capa contra soporte. Bajo la acción del calor, la capa del intermediario se vuelve pastosa en los lugares que corresponden al texto y una simple presión hace que se adhiera al soporte. La obtención de la copia es muy rápida (algunos segundos son suficientes).

Aunque todavía se utiliza, este procedimiento está condenado a una desaparición en plazo más o menos breve.

4. *Copia electrostática (o xerografía)*. Desde hace varios años este procedimiento ha conquistado el primer lugar en el mercado de la reprografía. La sociedad Rank-Xerox, inventora del principio y única poseedora durante largo tiempo de las patentes, fue la que dio origen al nombre de xerografía (escritura en seco), que frecuentemente se da a este procedimiento.

Existen dos clases de aparatos, los que permiten obtener:

- bien una copia por reporte;
- bien una copia directa.

1. *Copiadoras electrostáticas por reporte*: Estos aparatos proporcionan copias por vía seca. La imagen del original es proyectada, a través de un objetivo fotográfico, sobre un cilindro (tambor) metálico y dieléctrico cuyo revelado se cubre con una capa de selenio. Sobre esta capa se forma la imagen latente, invertida con respecto a la original. A continuación se espolvorea el cilindro con *tonificador*, compuesto por una mezcla de resina sintética, coloreada y pulverulenta y un vehículo, cuerpo inerte finamente molido (son minúsculas bolas de un cuerpo eléctrico neutro o magnético). El *tonificador* no se adhiere sobre las paredes del cilindro más que en los lugares cargados y transforma la imagen latente en visible.

La hoja de papel se aplica contra el cilindro y atrae el *tonifica-*

dor, entonces se corrige la imagen y a continuación la cuece sobre una rampa de rayos infrarrojos que la fija definitivamente.

En la copia, en el emplazamiento de las partes reveladas, se observa un ligero relieve constituido por la resina fundida.

II. *Copiadoras electrostáticas directas*: También estos aparatos proporcionan copias secas, pero utilizan un *tonificador* en suspensión en un líquido, o *dispersante* (generalmente un hidrocarburo cercano al petróleo que después de evaporarse no deja rastros sobre el papel).

Por medio del objetivo fotografico, la imagen original se proyecta en el lugar, sobre una hoja de papel cuya superficie lleva una capa sensible de óxido de zinc cargada electrostáticamente.

Durante la exposición, las cargas desaparecen de la superficie de la hoja, salvo en el emplazamiento de la imagen. La proyección del *tonificador* transforma la imagen latente en visible, fijada a continuación bajo una rampa de rayos infrarrojos, la que evapora el dispersante y seca la copia.

Este procedimiento se emplea en la mayoría de las fotocopiadoras de oficina; existen ciertos modelos que pueden proporcionar copias ampliadas o reducidas.

5. *Reprografía en color*. Recurre esencialmente al procedimiento electrostático. Se distinguen:

1. *Fotocopiadoras por transferencia*: Se recubre el tambor con una capa de selenio/arsénico. La exposición se efectúa en tres pasos sucesivos, correspondiendo cada uno a uno de los tres colores del original (amarillo, cian y magenta). El negro se obtiene por superposición de tres colores fundamentales.

Los modelos de la firma Rank-Xerox utilizan tres *tonificadores* coloreados en polvo, que se dispersan sobre la hoja.

Los modelos de la marca Cannon recurren a tres *tonificadores* coloreados sólidos que se fijan sobre la hoja por presión.

El resto del tratamiento es idéntico al de las copias en blanco y negro.

Con estos aparatos se emplea papel ordinario, que puede exponerse anverso-reverso.

II. *Fotocopiadoras directas*: Utilizan un papel especial cu-ché al óxido de zinc; los cuatro *tonificadores* son líquidos.

Las fotocopiadoras en color son aparatos muy voluminosos, que no aceptan más que trabajos legales. En la hora actual estos aparatos constituyen un peligro real para los documentos de seguridad.

9. LA FOTOCOPIA COMO ELEMENTO DUBITADO O CUESTIONADO

Prácticamente todo lugar laboral moderno posee una fotocopiadora para obtener copias de documentos de diferente naturaleza. Dado que existe una necesidad evidente de que tales instrumentos tengan capacidad de reproducción rápida, la demanda pertinente dio paso a una industria en expansión. Esta industria utiliza tecnología altamente sofisticada en procura de fabricar fotocopiadoras confiables, de precio razonable y costo adecuado. En tal sentido, los fabricantes han tenido éxito en su tarea de inundar el mercado con una variedad de elementos que emplean variados procesos de copiado. Los distintos dispositivos comienzan con máquinas portátiles pequeñas y continúan con fotocopiadoras que posean poder de reducción y la posibilidad de, virtualmente, reproducir cualquier forma de espécimen original.

Dado que resulta fácil el acceso a máquinas de fotocopiado, tanto en oficinas públicas como privadas suelen ser utilizadas con frecuencia en la perpetración de maniobras delictivas; los casos de fraude incluyen numerosas fotocopias como evidencia importante. A medida que los temas delictivos en que aparecen fotocopias se hacen más evidentes, tanto el investigador como el perito especializado deben poseer una comprensión más amplia del potencial probatorio que exhibe una fotocopia.

Cuando se copia un documento generalmente se habrá utilizado uno de los siguientes procedimientos: 1) electrostático indirecto; 2) electrostático directo; 3) transferencia de tinte; 4) termal; 5) transferencia por difusión; 6) espectro dual; 7) diazo, y 8) estabilización. Estos procedimientos difieren en diversos aspectos técnicos, con la distinción primaria de ser *húmedos* o *secos*. Los primeros implican el uso de materiales de aluro de plata, sensibles a la luz. Existen algunos cientos de modelos diferentes de

máquinas en el mercado, que emplean los distintos procedimientos conocidos.

Los procesos más comunes, aparentemente de uso general, son el electrostático indirecto y su similar directo. El primero, a veces llamado xerografía, está destinado para el uso de papel puro, sin cobertura; en muchas fotocopadoras de esta categoría puede copiarse casi cualquier tipo de original; ha dominado el mercado debido a que, comparativamente, no es costoso y puede producir muchas copias en forma rápida. El segundo, emplea hojas de papel revestido (óxido de zinc), a los fines de la fotoconductividad.

El terreno del fotocopiado se ha expandido con la introducción de máquinas que producen copias en color. Las mismas pueden resultar suficientes para engañar al ojo desnudo cuando se imita un documento original, pero el perito puede diferenciar entre el original y la copia.

Lo mejor que cualquier fotocopadora puede hacer es concretar una imitación de un original. En este último el ojo puede detectar tres dimensiones; sin embargo, la fotocopadora sólo transforma vagamente dos dimensiones del original en la copia terminada. Efectivamente, las medidas del original no están verdaderamente reflejadas en la copia, dados la mecánica y el funcionamiento de la máquina. Para un examen comprensivo de un documento cuestionado, ninguna copia puede reemplazar adecuadamente al original.

Los exámenes del papel, tinta, escritos endentados y calcos, no son posibles mediante una fotocopia. Las razones por las cuales los estudios resultan inconcluyentes cuando se ofrecen fotocopias en lugar de originales, son: 1) el investigador no ha sido adecuadamente informado respecto de los requerimientos necesarios para un examen apropiado de documentos, y 2) hay un concepto erróneo en el sentido de que la fotocopadora producirá copias que son completamente representativas del documento original.

Cuando una fotocopia es por sí misma la única evidencia, el investigador debe estar atento a las características que deja una máquina de fotocopiado durante el procedimiento de transporte del papel (clasificación de la fotocopia) así como a la identificación de la fotocopia de acuerdo con la capacidad del laboratorio que se hará cargo.

Usualmente las correas, los rodillos o tambores y las mordazas o agarraderas, harán que el papel se mueva dentro de la fotocopadora. Estos mecanismos dejarán marcas en la copia terminada que, basándose en el tipo, medida y ubicación, podrán ayudar a estable-

cer la marca (y a veces el modelo) de la máquina. Asimismo, con el paso del tiempo y el uso y abuso de un instrumento, pueden depositarse polvo, hilachas, fibras, cabellos y otros desechos; estas partículas contaminantes aparecerán como *huellas de basura* que pueden ser vistas en las copias terminadas. Son marcas que aparecen de manera fortuita y única sobre las fotocopias y pueden ser utilizadas para mostrar que una copia específica fue producida en una máquina determinada.

El concepto anterior es, en esencia, la identificación de fotocopias.

Muchas veces se requerirá saber cuál de varias máquinas fue la utilizada para preparar una copia específica. Para que el perito pueda llevar a cabo tal cometido, el investigador (o el perito mismo) tendrá que obtener copias indubitadas de todas las fotocopadoras involucradas. En tal sentido, hay muchas variables que habrán de conocerse para asegurar un adecuado material de cotejo. La operación o el manipuleo de la máquina determinará el procedimiento correcto utilizado para la obtención del material; si una máquina posee una cubierta o superficie de goma (como muchas máquinas Xerox), se deberán obtener numerosas muestras con y sin ella, etiquetando posteriormente cada copia para su individualización al respecto.

Adicionalmente, cada copia tomada deberá ser marcada en orden numérico, ya que las características de la máquina pueden aparecer reproducidas en forma sucesiva o entrecortada. Por ejemplo, un tambor de selenio en una máquina Xerox, que se utiliza para transferir la imagen al papel, gira a medida que opera el procedimiento. La circunferencia del tambor puede, usualmente, acomodar al menos dos hojas de papel. Por lo tanto, diferentes *marcas de basura* y características adicionales únicas pueden aparecer en dos copias sucesivas. A veces, la *generación* de una fotocopia es importante en un tema criminal. Si esta circunstancia es relevante, el investigador deberá adoptar medidas para adquirir ejemplares en la secuencia *copia de una copia*. Pueden existir entre la segunda y quinta generación de fotocopias (por ejemplo), variaciones apreciables que incluyen medidas y características individuales.

La situación en cada caso indicará cómo deben obtenerse las muestras; de lo contrario, el investigador deberá tomarlas en todos los modos de operación de la fotocopidora en cuestión.

A pesar de la aparente sofisticación de los procedimientos de fotocopiado y de la maquinaria involucrada, debe recordarse que

una fotocopia es todavía una hoja de papel; por lo tanto, en una copia terminada habrá *características físicas observables*. Al igual que otros papeles, las fotocopias deben ser adecuadamente preservadas y manipuladas, a fin de que no resulten destruidas o contaminadas. Nunca deben ser engrampadas, desgarradas, cortadas o perturbadas en su forma original; tampoco deben utilizarse bolsas o sobres plásticos como contenedores para empaque de tales elementos, dado que, por contacto, pueden desvirtuarse algunas características químicas. El *tóner*, por ejemplo, en contacto con el plástico produce una reacción química que hace que se adhiera a éste.

El examen de un documento a través de su fotocopia.— El examen de una fotocopia en lugar del documento original (sin hacer caso de su calidad) puede poner varias limitaciones a los descubrimientos del perito. El mismo puede no ser capaz de determinar en una fotocopia si han estado presentes escrituras endentadas, borradas, obliteraciones y marcas de agua, en el documento original. Las fotocopias rara vez revelan tales fenómenos con suficiente claridad, del mismo modo que otros tales como levantamientos del elemento escritor, retoques, matices, remanentes de líneas que puedan haber quedado en un trazado falso, la dirección del movimiento escriturario, la secuencia de trazos u otros detalles diminutos, cuya presencia podría indicar la falsedad de un escrito.

Los agregados a un escrito original confeccionado en tinta, pueden haber sido preparados con una tinta de matiz diferente. Mientras tal agregado resultaría obvio en un examen del elemento original, podría pasar inadvertido en una fotocopia si las diferentes tintas coloreadas fuesen reproducidas en el mismo tono de gris.

No obstante lo expresado, cuando no resulta viable obtener un documento original, se puede llegar a obtener conclusiones definidas sobre el estudio de su fotocopia. El hecho de que un original sea indisponible, no debería impedir la remisión de una fotocopia clara, de tamaño real, de detalles pronunciados, libre de distorsiones y de moderado contraste (ni poco ni mucho), ya que con ello el perito al menos podrá dar una información indiciaria, con reserva de derechos en todos los casos.

10. *EL PAPEL COMO EVIDENCIA*

Desde que el hombre ha procurado documentar sus pensamientos mediante símbolos escritos de expresión, ha sido importante la presencia de un medio sobre el cual pudiera colocar las notaciones simbólicas. En su búsqueda por encontrar una superficie sobre la cual grabar la experiencia humana, ha utilizado elementos tales como paredes de cavernas, placas de piedra, pieles de animales y cortezas de árboles. A medida que la capacidad de autoexpresión se desarrolló, necesariamente también lo hicieron nuevos y mejores medios de grabación de la palabra escrita.

Todo lo expresado condujo a la actual industria de fabricación del papel, extremadamente sofisticada por cierto y pendiente de las demandas del mercado moderno; ello incluye toda la línea de papeles para negocios y uso personal.

Sin que importe cuál sea su finalidad, podemos definirlo como un conjunto de fibras en forma de hoja, amalgamadas previamente en una suspensión de agua. Durante el proceso de fabricación, el agua drena a través de una malla para permitir que la hoja se vaya secando. En los sucesivos pasos de la producción, se le agregan aditivos y tratamientos especiales, todo lo cual varía de acuerdo con el tipo de producto que se desea obtener. Tanto el investigador como el perito están interesados en el valor probatorio inherente al papel, ya que frecuentemente su empleo está conectado con la actividad criminal. Un conjunto de papeles puede suministrar la evidencia física necesaria para el éxito de una investigación.

La mayor parte de la evidencia asociada con el papel es sutil y normalmente no puede ser rápidamente detectada con el ojo desnudo. El valor de esta evidencia cae generalmente dentro de tres categorías: 1) características físicas; 2) características químicas, y 3) características ópticas.

Las primeras son aquellas que pueden (usualmente) ser observadas por el ojo y descubiertas de una manera no destructiva, por ejemplo: dimensiones, espesor, márgenes, escritos endentados (calcos), etc. A veces, estas características no pueden ser determinadas mediante fotografía u otros métodos reproductivos.

En cuanto a las químicas, ellas están referidas a los aditivos

que en el proceso de fabricación se colocan en la hoja para crear un cierto efecto. Estos materiales pueden proveer de importante información concerniente a la datación de la hoja.

Las características ópticas, por su parte, incluyen ítems tales como opacidad, blancura y brillo. Las técnicas de fotografía especializada son, en este caso, esenciales.

Por ejemplo, dos hojas de papel que al ojo desnudo aparecen semejantes, pueden contener componentes químicamente diferentes; la fotografía puede exhibir estas diferencias concluyentemente. Por otro lado, algunas características ópticas del papel pueden ser visibles a simple vista, como la opacidad (cantidad de luz que puede atravesarlo cuando es expuesto a una fuente lumínica).

Las características físicas más significativas, que caen dentro de la escala de lo observable, son los calcos, las marcas de agua, las dimensiones y los bordes rasgados o cortados.

La presencia de calcos de escritura en hechos delictuosos es un hecho frecuente; es relativamente fácil para individuos involucrados con estos casos, olvidar que una firma, un número telefónico o una dirección puede aparecer en forma endentada en un papel. Cuando se los detecta con auxilio de una fuente lumínica que opere en forma oblicua o rasante, pueden suministrar la evidencia necesaria para asociar un documento cuestionado con una fuente sospechada y particular.

Las marcas de agua son inscripciones o impresiones ubicadas en una hoja de papel durante el proceso de fabricación. Por lo general aparecen en forma de *logo* y pueden observarse a ojo desnudo por aplicación de luz por transparencia; normalmente estas marcas las origina el fabricante como símbolo de una marca o para identificación, circunstancia ésta que puede resultar de utilidad para el investigador en la determinación de la procedencia del papel, y para ello resulta de interés contar con una nutrida base de datos o información.

Las dimensiones o medidas que pueda arrojar una hoja de papel, son también elementos importantes para examinar y comparar. En tal sentido son de destacar el espesor, el largo, el ancho, la distancia entre márgenes y líneas impresas, etc. Las mediciones precisas pueden suministrar la información necesaria para mostrar las diferencias entre dos hojas que, a simple vista, aparentan ser de la misma medida.

La tendencia general es la de pensar en el papel en términos

de *hoja de papel*; sin embargo, deben tenerse en cuenta materiales de papel tales como sobres, periódicos, revistas, panfletos, bolsas, cartón, estampillas, papel de embalaje, cheques, bonos, acciones, *tickets*, certificados, etcétera.

El papel como evidencia cubre una gama tan amplia que no puede predecirse su relevancia en diferentes situaciones. El investigador y el perito deben comprender que existe un sinnúmero de evidencias susceptibles de aparecer en tales elementos, que no son fáciles de detectar sin un examen comprensivo.

PROPIEDADES SIGNIFICATIVAS DEL PAPEL
(físicas, ópticas y químicas)

Espesor	Resistencia a la tracción
Longitud	Elasticidad
Ancho	Cortes o huellas de herramientas
Color	Fluorescencia
Tipo de papel, acabado o textura	Brillo
Marcas de agua	Composición de las fibras
Calcos	Material de apresto
Peso base	Textura del material
Bordes y esquinas	Coberturas
Márgenes	Materiales de relleno o recarga
Distancia entre líneas	Matices o pigmentos de color
Perforaciones	Adhesivos
Bordes rasgados o cortados	Patrones de uso o desgaste
Opacidad	Resistencia a la absorción de tinta y agua
Resistencia a la grasa	Resistencia a la perforación
Refractividad de la superficie	Suavidad o tersura
Fibra	Satinado
Planicidad	Rendimiento de la superficie del papel
Adornos	Otros

Papel inflamable.— Es aquel que ha sido tratado con una mezcla concentrada de ácidos sulfúrico y nítrico, para convertir a

los componentes de celulosa de aquél en nitrocelulosa. Normalmente, se enciende a una temperatura que oscila entre los 150 y 170 grados centígrados, arrojando una llama amarilla y poca o ninguna ceniza. Se tiene conocimiento de que enciende espontáneamente.

Generalmente este tipo de papel es empleado por magos o ilusionistas para la realización de diversos trucos.

11. LA TINTA

a) *Generalidades.*— La tinta es una materia compleja, más o menos consistente y diversamente coloreada, utilizada para escribir o imprimir.

Las primeras tintas estaban constituidas por negro de humo disuelto en goma arábiga; es la fórmula que todavía hoy sirve para fabricar la tinta china. Hasta la Segunda Guerra Mundial, la mayoría de las tintas contenían extractos naturales de origen vegetal o animal; desde esa época ya no se hallan más que tintas a base de componentes sacados de la síntesis química.

b) *Tintas a base de componentes naturales.*— Son esencialmente:

1) Las tintas de campeche: contienen madera de campeche, bicromato de potasio, ácido clorhídrico y agua. Son, en general, tintas negras, rojas o violetas, según los aditivos.

2) Las tintas gálicas: conocidas desde el siglo XIII, se obtienen mezclando la agalla (o agalla de roble) con soluciones de sales metálicas (sulfato de hierro y/o cobre); tienen el defecto de ser muy ácidas.

3) Las tintas de tanino: aparecidas después de 1700, contienen una solución de sulfato ferroso y de tanino; el sulfato ferroso se oxida con el aire y da sulfato férrico que reacciona, sólo entonces, con el tanino.

Todas estas tintas ya no se utilizan.

c) *Tintas a base de componentes sintéticos.*— Desde el descubrimiento de la anilina en 1856, se ha podido sintetizar una infini-

dad de colorantes que no existen, en la mayoría de los casos, en estado natural (colorantes diazoicos).

Fue hacia 1920 cuando se inició la comercialización de las primeras tintas de colorantes noiónicos, y a partir de 1927, la de las tintas alcalinas de secado rápido.

Actualmente, la mayoría de las tintas son soluciones que contienen uno o varios colorantes, cuya estructura química deriva de la anilina.

Si las tintas modernas presentan ciertas ventajas, tienen a veces tendencia a deteriorarse con el tiempo, mientras que las tintas gálicas y tánicas se oscurecen, dando aspecto envejecido.

En su fórmula actual, las tintas están constituidas:

—por *conductores*, es decir por el conjunto de sustancias que sirven para el transporte de las materias colorantes, así como para su solubilidad, su secado, su lustre, etc.; desde el punto de vista químico, estos *conductores* están constituidos por una materia grasa, un agente que moja, un disolvente del colorante, agentes que lustran, diversos aditivos y líquidos volátiles;

—por pigmentos, negro animal o vegetal;

—por colorantes, bastante numerosos, a los que se da a veces el nombre de *tóner* (tintes); son ácidos o básicos.

d) *Diferentes tipos de tintas.*— Se distinguen las tintas fluidas de las pastosas. Las fluidas son las tintas líquidas comercializadas en botellas o en cartuchos intercambiables.

Las tintas pastosas contienen un disolvente, colorantes y un elemento que espesa o un plastificador.

1. *Tintas corrientes.* 1. *Tintas para estilográficas:* Son simples soluciones de colorantes con poder tintóreo.

II. *Tintas para estilográficas con punta de fibra:* Contienen un conductor acuoso u orgánico (y muy volátil) así como colorantes relativamente ligeros (de los que se aumenta sensiblemente el número para compensar la debilidad) y empapan una mecha colocada en el depósito. La impregnación de la punta se hace por capilaridad entre las fibras.

III. *Tintas chinas:* Contrariamente a las anteriores, que son soluciones, las tintas chinas lo son de partículas de negro de humo

(negro coloidal) en una resina natural (goma vegetal). Estas tintas tienen un poder de compensación muy elevado porque dejan una capa espesa de materia sobre el papel.

IV. *Tintas para tampones:* Existen diversos tipos. Las reservadas al uso administrativo son insensibles a la acción de todos los disolventes conocidos, se dice que son indelebles. Algunas contienen anilina en solución dentro del agua glicerizada.

V. *Tintas para bolígrafos:* El bolígrafo se inventó en Europa en el año 1935; al año siguiente se fabricaron un millar de ejemplares en la Argentina, luego se olvidó el invento. Fue después de la Segunda Guerra Mundial cuando el bolígrafo conoció una gran popularidad.

La tinta para bolígrafos es pastosa (si no se correría inopinadamente, por gravedad); está constituida por colorantes transportados por un conductor más o menos viscoso.

El conductor, en las primeras tintas para bolígrafos (hasta 1951) era neutro y contenía oleína, o bien aceites minerales o animales. Desde esa fecha, el conductor contiene disolventes alcohólicos (butileno-glicol, polietileno-glicol, etc.). Son tintas ligeramente ácidas y de secado rápido.

Como plastificantes se emplean resinas sintéticas, tales como el cloruro de vinilo, acetato de polivinilo, etc., que se mezclan con *suavizantes*, tales como el fosfato de tricresil y el laurato de diglicol.

Según la naturaleza química del conductor, se utilizan colorantes solubles en aceite o en alcohol, derivados de la anilina.

Desde 1954 se emplean colorantes a base de ftalocianina (ftalocianina-ácido tetrasulfónico de cobre) que tienen bonitos tintes y son muy estables a la luz.

Las tintas azules y negras para bolígrafos contienen a menudo también un pigmento (negro de humo).

VI. *Tintas para cintas de máquinas de escribir:* Están constituidas por un conductor, pigmentos y colorantes:

—el conductor contiene, en general, un aceite vegetal o animal, un agente que moja (ácido oleico), un agente que da brillo (cera natural o sintética) y éteres de glicol;

—los pigmentos están constituidos por negro de humo o de grafito;

—los colorantes (o *tóner*) son azules (azul de Prusia, azul victoria, etc.) o violetas (violeta cristal o violeta de metilo).

La mayoría de estas tintas son inactínicas, es decir insensibles a los efectos de la luz.

2. *Tintas especiales.* Clasificamos en este grupo dos categorías de tintas, en sentido amplio:

—Las que solamente son visibles tras la acción de un *revelador*. Son las tintas simpáticas. Aunque estas sustancias responden a la definición enunciada anteriormente, no puede hablarse propiamente de tintas, porque el colorante puede ser también zumo de limón o de naranja más que sulfato de quinina, de aspirina u otros. Como revelador se utiliza una fuente de calor o radiaciones ultravioletas, o incluso diversos productos químicos.

—Las que permiten corregir los errores, son las tintas borrables para bolígrafos (tipo Replay o Papermate), los cuales se venden con una goma prevista a tal efecto. El secreto de la fabricación obliga a no formularse más que hipótesis en cuanto a la naturaleza exacta de los productos utilizados: es probable que se incorpore un *retardador* a la tinta y que ésta no pueda sino depositarse sobre las fibras del papel sin penetrarlas, lo que en un primer momento permite el borrado por la acción de la goma.

Posteriormente, la tinta penetra en las fibras y las tiñe, quedando entonces fuera del alcance del efecto superficial de la goma.

e) *Reacciones tinta-papel.*— La tinta depositada en el papel debe teñir las fibras superficiales, pero no debe difundirse alrededor del trazo, porque el texto se volvería rápidamente ilegible; es la cola la que impide que se *embeba* el papel.

La cohesión del papel, en gran parte está asegurada por este engomado que refuerza los enlaces hidrógenos y cubre las fibras sin colmar los espacios interfibrilares, permitiendo así el paso del aire. Sólo los papeles cuché (sobre los que se deposita una película de gelatina y de barita o de caolín) están recubiertos de una especie de glacié que tapa los espacios interfibrilares.

En los papeles simplemente glaceados (la mayoría de los casos), la tinta no tiñe más que las fibras superficiales, sin difundir el teñido en profundidad; cuando se examina un trazo de tinta bajo el microscopio se observa que se ha teñido una proporción importante (pero no la totalidad) de las fibras superficiales.

Deben señalarse aquí dos casos particulares:

—la tinta china, que deja en el papel un verdadero charol espeso, con poder cubriente muy elevado (por eso, si dos trazos de tinta china de colores diferentes llegan a cruzarse, siempre se verá, a simple vista, el color del segundo en el lugar de la intersección);

—las tintas negras o de colores (aunque no se trate ya aquí de una tinta), cuyo comportamiento también es interesante, dejan en el papel un depósito que no penetra en las fibras y aparece, bajo el microscopio, formado por montoncitos (o laminillas) con una densidad bastante alta; el comportamiento del lápiz en el papel es, de alguna manera, intermedio entre el de la tinta china y el de una tinta fluida.

f) *Estudio físico-químico de las tintas.*— El estudio de las tintas en el peritaje de documentos falsos recurre a métodos ópticos y analíticos.

1. *Métodos ópticos.* Son esencialmente los que estudian el comportamiento de las tintas sometidas a la luz. No es inútil recordar aquí que la luz natural (es decir la luz solar, o incluso luz blanca) está constituida por tres tipos de rayos:

—las radiaciones infrarrojas, cuyo espectro está comprendido entre 10.000 nm (ondas radio: 1 nanómetro = 10^{-9} micras = 10^{-9} metros) y 723 nm;

—la luz visible, que se extiende entre 723 y 397 nm, está constituida por las bandas coloreadas siguientes:

roja: 650 nm;

anaranjada: 600 nm;

amarilla: 560 nm;

azul: 460 nm;

violeta: 420 nm;

—las radiaciones ultravioletas comprendidas entre 397 y 20 nm, estando esta última longitud en el límite de los rayos x.

Cuando un rayo de luz natural viene a tocar un trazo de tinta, éste absorbe una parte y rechaza el resto. Son las radiaciones así difundidas las que dan su color.

El color de una sustancia no es pues más que el resultado de su comportamiento con respecto a la luz; así:

—si difunde la totalidad de la luz, aparecerá blanca;

- si absorbe la totalidad de la luz, aparecerá negra;
- si absorbe de forma igual una parte de cada radiación del espectro, aparecerá gris;
- si absorbe todas las radiaciones salvo una (el azul, por ejemplo), aparecerá de este color (azul).

El color de un cuerpo varía de acuerdo con la calidad espectral de la luz que lo alumbra, a la cual se le da el nombre de *temperatura de color* (se mide en grados Kelvin). Así, la luz natural llega a 5500 grados Kelvin, mientras que las lámparas de incandescencia no alcanzan más que 2900 a 3200 grados Kelvin, conteniendo una fuerte proporción de amarillo. El ojo humano compensa sin esfuerzo esta distorsión, pero en fotografía es necesario corregirla por medio de filmes o de filtros especiales.

1. *Acción de las radiaciones ultravioletas:* Para el estudio de los documentos se utilizan sólo las radiaciones comprendidas entre 315 y 397 nm, pero los mejores resultados se obtienen a 365 nm.

Las radiaciones ultravioleta tienen la propiedad de *excitar* los electrones, dándoles un suplemento de energía; volviendo a su nivel energético inicial, éstos emiten una luz inducida más o menos intensa, o *fluorescencia*.

La fluorescencia, como la fosforescencia, son dos formas de la luminiscencia (se llama luminiscencia a las diferentes clases de emisiones luminosas sin origen térmico).

Según su composición, las tintas dan fluorescencia de manera más o menos intensa, lo que se aprovecha para distinguirlas.

Estos cuerpos químicos poseen además la propiedad de continuar emitiendo rayos luminosos algunos instantes después de que haya cesado la irradiación (remanencia); este poder es aplicable en ciertas protecciones para documentos fiduciarios.

Las radiaciones ultravioleta pueden suministrarse por una fuente específica (lámpara de Wood, de vapor de mercurio), aunque más generalmente se efectúa con una lámpara fluorescente cuyo espectro luminoso se filtra por una pantalla de Wood (vidrio con óxido de níquel).

En fotografía, si se quiere utilizar las radiaciones ultravioleta alejadas del espectro solar, se debe emplear un material especial; hemos reunido en el siguiente cuadro, en función de la longitud de onda elegida, el material necesario:

ZONA	EMULSIÓN FOTOGRÁFICA	OBJETIVO	CIENCIAS CRIMINALÍSTICAS FILTRO
360 nm	Ordinaria	Ordinario	Wood
300 nm	Ordinaria	Quartz	Cubeta de cristal que contiene sulfato de cobalto y níquel en solución.
253 nm	Sensible a los ultravioleta	Quartz	Cubeta de cuarzo que contiene difenilbutadione en éter-óxido de etilo.

Se hallan fácilmente en el comercio filtros para la fotografía en ultravioleta; son, en general:

- filtros amarillos que cortan el espectro solar a 440 nm;
- filtros violeta que no dejan pasar más que las radiaciones cuya longitud de onda es inferior a 360 nm.

II. *Acción de las radiaciones infrarrojas:* No son más que forma de la energía calorífica, pero su poder penetrante es más elevado que el de la luz natural. Como las ultravioleta, estas radiaciones pueden inducir a una fosforescencia, pero la debilidad y la gran longitud de onda de ellas hacen que no puedan hallar aplicación aquí porque son invisibles (sin embargo, son muy útiles para el análisis químico).

Según su naturaleza, ciertas tintas absorben las radiaciones infrarrojas y aparecen negras, mientras que las demás las rechazan totalmente y desaparecen.

i) *Examen comparativo de las tintas:* Dos tintas de color idéntico y que presentan la misma intensidad de fluorescencia bajo las radiaciones ultravioleta, podrán comportarse de manera opuesta bajo los infrarrojos (una permanece visible y la otra desaparece). Esta propiedad es muy útil para distinguir dos tintas diferentes, pero no es infalible ya que estas últimas también pueden comportarse de forma idéntica bajo los infrarrojos.

ii) *Revelado de los textos enmendados*: Si la tinta de la corrección se borra por las radiaciones infrarrojas, el texto encubierto aparecerá en su estado inicial.

La fuente de radiaciones infrarrojas podrá ser una simple lámpara caliente (del tipo de las utilizadas en las incubadoras) o un convertidor tipo Leitz, el cual facilita una ancha banda por encima de 700 nm, que se puede cortar, según las necesidades, por una gama de filtros.

Si se desea fotografiar un documento bajo estas condiciones, se utilizará una película para infrarrojos y filtros apropiados (estos últimos, en general, están previstos para longitudes de onda de 720 nm o de 900 nm). La mayoría de los objetivos fotográficos actuales disponen de un punto rojo en el graduador de puesta a punto, para las tomas de vista en infrarrojos (al ser la longitud de onda de los infrarrojos mayor que las de radiaciones visibles, la imagen no se forma en el mismo lugar).

Pueden diferenciarse tintas de colores semejantes por la observación de su luminiscencia infrarroja: se utiliza una radiación de excitación en lo visible que, cuando la absorben las tintas devuelven la emisión de una radiación de longitud de onda mayor.

Desde el punto de vista práctico, se ilumina el documento con una luz monocromática de 500 nm (azul-verde), las tintas se reflejan más o menos según su naturaleza, conteniendo una luz de infrarrojos a 750 nm que se fotografía tras la filtración, sobre una película infrarroja.

III. *Acción de la luz visible*: Con la ayuda de un prisma, es posible separar las diferentes radiaciones coloreadas que constituyen la luz blanca.

Si se desplaza una pantalla perforada en una hendidura sobre la trayectoria de los rayos difractados por el prisma, se obtienen haces sucesivos de luz de un solo color (violeta, después azul, después verde, etc.); se dice que esta luz es monocromática.

Hemos visto que, según su naturaleza, toda sustancia refleja más o menos las radiaciones coloreadas que recibe, al lograrse el máximo de esta reflexión en la gama de las longitudes de onda que corresponden a su color.

Se puede, pues, hacer llegar un haz de luz monocromático a una sustancia (una tinta, por ejemplo) y estudiar el comportamien-

to de esta última en función de la longitud de onda de la iluminación incidental.

Es posible así:

—*Apagar* un color iluminándolo con una radiación cuya longitud de onda corresponda exactamente a la suya. Esto puede aplicarse al estudio de ciertas falsificaciones.

—*Medir* el porcentaje de luz reflejada con respecto a la luz incidental, y esto para cada una de las rayas coloreadas del espectro visible. Esta técnica —que tiene por nombre fotometría en lo visible— consiste en medir la luz reflejada por la sustancia por medio de un fotómetro, el cual transforma la energía luminosa en energía eléctrica.

La relación detallada punto por punto (o, mejor, automática) de los diferentes valores de la reflexión en función de la longitud de onda de la iluminación incidental, permite trazar curvas o diagramas. Estas curvas, cuyo perfil variará más o menos de una sustancia a otra, podrán luego compararse en forma útil.

Actualmente, en el peritaje de los documentos, uno se orienta hacia la microfotometría, es decir, la fotometría combinada con el microscopio. La ventaja consiste en el hecho de que se pueden efectuar medidas a escala microscópica, pero también en la posibilidad de ajustar la superficie (o campo) de medida y suprimir los errores eventuales debidos al entorno y a las dimensiones relativas de los objetos examinados.

Así, si se tienen que estudiar dos trazos de tinta de anchuras diferentes, el microfotómetro se calibrará en lo más estrecho y suministrará dos curvas que se podrán comparar sin preocuparse más de las dimensiones de los dos trazos.

2. *Métodos analíticos.* El estudio químico de las tintas en el peritaje de los documentos reviste dos aspectos:

—uno consiste en buscar las grandes propiedades químicas de la tinta, considerada en su totalidad, por microrreacciones;

—el otro se interesa más especialmente por la heterogeneidad de la tinta y busca disociar los elementos constitutivos por cromatografía.

1. *Microrreacciones (o spots-tests):* Esta técnica se aplicaba, en particular, antes de la guerra; después su empleo cayó en desuso en razón del descubrimiento de la cromatografía; sin em-

bargo, conserva un valor de orientación para la resolución de los exámenes.

Se practican estas microrreacciones en pequeños fragmentos de trazos de tinta delicadamente tomados al escalpelo y que se colocan en contacto con los siguientes productos químicos:

- un oxidante (permanganato de potasio, hipoclorito);
- un reductor (solución de cloruro estañoso);
- un ácido (ácido clorhídrico diluido);
- una base (amónica, sosa);
- diversos disolventes orgánicos (alcohol, éter, cloroformo, acetona, etcétera).

Estas reacciones permiten pues saber si la tinta es ácida o alcalina, si se halla en estado reducido u oxidado y elegir el o los disolventes más apropiados para el estudio por cromatografía.

II. *Cromatografía*: Se llama cromatografía a la técnica que consiste en aislar y caracterizar los diversos constituyentes de un compuesto por su velocidad de migración sobre un soporte.

En el peritaje de documentos la cromatografía de capa fina (o delgada) es una técnica de selección y aplicación corriente.

La cromatografía, cuya invención se remonta a 1903, se ignoró hasta 1931, época en la que fue redescubierta. Su uso no se propagó hasta después de 1944 y su aplicación en el peritaje de las tintas data de los años 50.

Actualmente existen dos clases principales de cromatografía, pero sólo hablaremos de la de capa delgada. El principio de esta técnica se basa en la desigual solubilidad de las moléculas entre dos fases, una estacionaria y otra móvil. Muestras (0,5 x 2 mm) del papel portadoras del trazo de tinta se colocan en microtubos en presencia del disolvente apropiado. La tinta así disuelta se deposita con la ayuda de una micropipeta en un soporte (papel o placa recubierta de una capa especial) y éste se introduce en un recipiente de cristal, en el fondo del cual se halla el disolvente.

Migrando a través del soporte, este disolvente arrastra los componentes de la tinta y los separa (desplazándose los más ligeros más rápido que los más pesados).

Al término de la cromatografía, cada componente aislado se define por:

—su color, en luz natural, bajo radiaciones ultravioletas o después de la proyección de un reactivo colorante;

—su posición, que se mide en valor relativo o RF (referencia frente):

$$RF = \frac{\text{distancia recorrida por el componente}}{\text{distancia recorrida por el frente del disolvente}}$$

Este RF está en función de un gran número de parámetros, pero, en condiciones operativas precisas, no depende más que del único peso molecular del cuerpo.

Existen diversos tipos de cromatografías, según sean:

—verticales: estando el soporte vertical, el desplazamiento del disolvente podrá entonces ser ascendente o descendente;

—circulares: el soporte, que es también circular, está colocado a lo largo y el disolvente migra desde el centro hacia la periferia;

—unidimensional o bidimensional: según se haga desplazar el disolvente en una o dos direcciones (en ángulo recto tras el desplazamiento a 90 grados del soporte);

—de adsorción (en capa fina: TLC = Thin Layer Chromatography = o HPTIC = High Power Layer Chromatography) o de reparto (en papel).

En la cromatografía de adsorción, el soporte (placa de vidrio, hoja de materia plástica) está recubierto por una sustancia absorbente (que cambia de enlaces polares reversibles con los componentes que migran); esta sustancia absorbente constituye la fase estacionaria, es generalmente el almidón, el carbonato de magnesio, de sodio o de potasio, gel de silicio, el acetato de magnesio, etc.; la elección la guiará el uso previsto.

El disolvente (fase móvil) está formado, la mayoría de las veces, por una mezcla de dos líquidos con poder elutivo elevado; son, por ejemplo:

el éter de petróleo
el tricloretileno
el benceno
el cloroformo
la piridina
la acetona
el alcohol etílico
el metanol
el agua



aumento del poder elutivo

Comúnmente, en presencia de un disolvente fuerte se pone un absorbente débil, y viceversa.

En la cromatografía de división (cromatografía de partición) se utiliza como soporte el papel: la fase móvil (disolvente) pasa a través de la fase estacionaria (agua unida al papel), transportando con ella las sustancias a separar y que se reparten entre las dos fases. Se forma un equilibrio cuando la relación de las concentraciones del constituyente en cada una de las fases alcanza un valor constante (coeficiente de Nornst).

La distinción entre cromatografía de adsorción y de partición no es muy clara porque se puede considerar que la celulosa del papel tiene también un papel adsorbente. Ésta es la razón por la que parece preferible referirse al balance de las fuerzas que intervienen.

La cromatografía aparece como la resultante de fuerzas opuestas que se clasifican en dos grupos:

—las fuerzas de propulsión unidas:

- a la cantidad grande de disolvente que desplazan los diversos componentes de tinta a velocidades diferentes;

- a la solubilidad que es diferente según los disolventes (cuanto más soluble es una sustancia en un disolvente, tanto más rápidamente se desplaza);

—las fuerzas de retardo, que son:

- la adsorción, es decir, la fijación superficial y reversible de una sustancia sobre un soporte;

- la partición o fuerza de separación entre las fases móvil (disolvente) y estacionaria (agua libre o unida a la celulosa del papel).

Desde el punto de vista práctico, los productos utilizados son generalmente los siguientes:

—soportes: papel Watmann n° 1 o n° 4, Schleicher y Schüll;

—disolventes: se elige entre una multitud de fórmulas más o menos originales de las que algunas no convienen más que en algunos casos precisos; ejemplifiquemos con cuatro de ellas:

n-butanol 60%	n-butanol 60%	n-butanol 20 ml	Alcohol propílico 56%
etanol 20%	A. acético glacial 25%	metanol 10 ml	fenol 14%
amoníaco 2N 20%	agua 15%	etanol 20 ml	agua 30%
(% en volumen)	(% en volumen)	agua 10 ml	(% en peso)

Estos disolventes se utilizan, indiferentemente, en cromatografía, en papel o en capa fina; no parece haber disolvente específico en una u otra de estas técnicas.

De forma general, la cromatografía en capa fina ofrece diversas ventajas con respecto a la del papel:

- el tiempo de migración es más corto;
- el poder de resolución es más elevado;
- los *spots* son más compactos.

III. *Electroforesis*: Se llama de esta manera a la técnica que consiste en separar los componentes de un cuerpo complejo, sometiéndolos a un campo eléctrico.

Se utiliza el mismo papel que en cromatografía, pero el disolvente se reemplaza por una solución tampón, como la siguiente:

amoníaco N/10	50 cc
acetato de amonio N/25	50 cc

y la fuerza de migración la facilita una corriente eléctrica continua.

En el caso de las tintas, se procede del siguiente modo:

- se hace una primera cromatografía sobre papel, como se ha indicado anteriormente, y se seca el cromatograma;
- se vaporiza el soporte con la solución tampón;
- después de haber girado el cromatograma 90 grados, se lo disuelve en un recipiente de electrodos (lógicamente habrá un polo positivo y uno negativo);
- se hace pasar una corriente continua entre los dos electrodos, separándose las moléculas de la tinta en función de su carga eléctrica (las moléculas cargadas de electricidad negativa migran hacia el polo positivo y viceversa).

Se ve pues el interés de la electroforesis combinada con la cromatografía, ya que se efectúa una separación bidimensional de los componentes de la tinta según:

- su peso molecular (cromatografía);
- su carga eléctrica (electroforesis).

Los resultados difieren, pues, de los obtenidos en cromatografía bidimensional.

g) *Identificación de las tintas*.— Es absolutamente imposible identificar una tinta a primera vista, a partir de su solo aspecto. Só-

lo el análisis físico-químico permite determinar un número suficiente de características esenciales para efectuar una discriminación entre varias tintas, permitiendo su identificación posterior.

Si se trata de una tinta aislada que se quiere identificar, se debe recurrir a colecciones de tintas de comparación o, mejor, al análisis de comparación (cromatogramas).

¡Para tener un valor real, estas colecciones deben ser tan completas como sea posible y, como mínimo, deberían contener todos los tipos de tintas fabricadas en el mundo en el curso de los últimos veinticinco años!

Actualmente no existe nada parecido; puede disponerse de colecciones más o menos ricas, más o menos seguidas y, por ello, de un alcance práctico limitado.

Ocurre a veces que, al referirse a ellas, puede darse una simple indicación sobre el fabricante eventual, porque:

—si se trata de una tinta fluida no se puede determinar si procede de un cartucho o de un depósito, ni identificar la pluma estilográfica utilizada;

—si se trata de una tinta de bolígrafo, se debe recordar que la misma tinta puede comercializarse en estilográficas de marcas diferentes, en un mismo país o en países diferentes; la composición de tal tinta puede presentar, en el curso de producción, variaciones que, si no están numeradas, corren el riesgo de falsear los resultados.

El perito en documentos emitirá, pues, algunas reservas cuando se trate de identificar formalmente un tipo preciso de bolígrafo, de pluma o de punta fibra, en ausencia de elementos de comparación precisos.

Si se dispone de una tinta de comparación, es el caso particular cuando:

—se han incautado uno o varios documentos portadores de trazados diferentes que es preciso comparar con un trazado litigioso;

—se ha incautado la tinta o las plumas estilográficas que tratan de compararse con un trazado litigioso.

Tales comparaciones no suscitan, en general, ningún problema, y el análisis por cromatografía permite decir si el trazado inculpinado es (o no) de la misma tinta que tal o cual otro.

Las aplicaciones son innumerables: cheque adulterado, testamento *modificado*, abuso de firma en blanco, etcétera.

Sin embargo, si las tintas son idénticas será imposible decir

—salvo caso excepcional— que se trata de la misma pluma estilográfica y de ésta solamente, ¡porque nada permite excluir la eventualidad de que haya sido utilizada por dos estilográficas de la misma marca, del mismo modelo y conteniendo la misma tinta! Además, el falsificador puede utilizar la pluma estilográfica de la víctima sin que lo sepa ésta.

h) *Edad de las tintas.*— De alguna manera, es un problema semejante al anterior.

1. *Fecha de la tinta en sí.* Se podría proceder a la determinación de la fecha, remitiéndose al período de fabricación o al envejecimiento de la tinta.

I. *Con respecto al período de fabricación de la tinta:* Se referiría entonces a las colecciones, con todos los riesgos que acabamos de ver, ahora bien:

—no se dispone más que excepcionalmente de las fechas de fabricación y/o comercialización de tal o cual tinta;

—en la eventualidad de que se dispusiera de tales datos, sólo la fecha de la primera fabricación tendría un interés como valor límite (un documento portador de esta tinta que no pueda ser anterior a esta fecha).

El año en que ha cesado la fabricación no tiene más que un valor ilusorio para la determinación de la fecha de un documento, en razón:

—de la diferencia de tiempo entre la fabricación y la venta de la pluma o de la tinta;

—del hecho de que cada uno puede guardar una pluma que funciona varios años después de que haya cesado la fabricación de ese modelo.

En lo que se refiere a los bolígrafos, las modificaciones importantes de la naturaleza de la tinta son, en general, de una antigüedad de más de veinte años y hallan raramente su aplicación en el dictamen.

II. *Con respecto al envejecimiento de la tinta:* Se han propuesto diversos métodos para medir el envejecimiento del depósito de tinta en el papel; se basan en:

—la oxidación del hierro ferroso en hierro férrico, en el caso de las tintas galotánicas (reactivo: el 2-2 dipiridilo);

—la pérdida progresiva de solubilidad de la tinta, que se somete a prueba con el ácido oxálico; los resultados son aleatorios;

—la difusión de iones cloruros que se hallan en las tintas que contienen colorantes derivados de la anilina (azul de metilo y violeta de metilo), raramente se aplica hoy;

—la *transferibilidad* de la tinta sobre un soporte; esta propiedad disminuye mucho con el tiempo pero de manera totalmente incontrolable;

—la migración en el papel de los iones cloruro y sulfato de la tinta (método Metzger y Hess); como reactivos se utilizan el nitrato de plata para los cloruros y el perclorato de plomo para los sulfatos; este método sólo se aplica en las tintas ferrogálicas, dando resultados mediocres con las tintas a base de anilina y resultando absolutamente inutilizable con las tintas de bolígrafo.

Más recientemente se ha propuesto un método que recurre a un material más sofisticado y basado en las transformaciones progresivas de las moléculas complejas de colorantes diazoicos bajo la influencia del oxígeno del aire y/o de la luz. Estos últimos provocarían:

—el paso de formas *cis* a formas *trans*;

—isomerizaciones;

—reestructuraciones internas de moléculas, etcétera.

Este método, que no ha franqueado aún la fase experimental, tropieza todavía más que cualquier otro con las condiciones de conservación.

2. *Fecha relativa de dos tintas.* Cuando un documento consta de dos (o varios) trazados, de los que uno es controvertido, se pide a veces al perito que determine el más antiguo de ellos.

Podría pensarse que basta con medir la antigüedad de cada tinta y hacer la diferencia para responder a tal pregunta, pero:

—la determinación de la antigüedad de una tinta a partir de la alteración progresiva de sus propiedades físico-químicas es, acabamos de verlo, prácticamente imposible;

—el eventual envejecimiento relativo de una tinta con respecto a otra es, la mayoría de las veces, aleatorio para hallar una aplicación práctica.

Sin embargo, la cuestión se suscita de forma diferente si los

dos trazados se cruzan, es decir, si vienen a concurrir en un punto, porque basta entonces con buscar el que recubre al otro y que es forzosamente el más reciente.

Este problema, tan simple en apariencia, ha sido el escollo de los peritos en documentos a lo largo de los últimos cincuenta años. Se han propuesto varios métodos, los que a pesar de ser más o menos fiables, sólo hallan su aplicación en casos especiales.

Entre otros, existen dos métodos diferentes para fechar los textos posescritos:

El primero se basa en la puesta de manifiesto de los surcos abiertos en el grosor del papel por los trazados; con intersección, el segundo trazo deforma, según su orientación propia, el surco dejado por el primero.

Por medio de una pasta de silicona que no altera el documento, se toma la huella (en relieve) de la intersección, y la observación de esta última bajo iluminación tangencial permite ver el trazo que corona al otro.

El segundo se basa en las propiedades ópticas de la tinta con respecto al espectro solar.

Por microfotometría, se estudia la curva de reflexión de cada tinta, después la del punto de intersección. Si el perfil de esta curva se acerca al de una de las dos tintas, se deducirá que esta última está sobre la otra, y por lo tanto, que se ha colocado después.

Dos factores perturban, no obstante, los resultados; ellos son:

—la importancia relativa de un trazo de tinta con respecto a otro; se puede remediar esto focalizando la medida en una ventana estrecha (0,1 x 0,1 milímetros);

—la intensidad de una tinta con respecto a otra si una tinta es pálida y la otra muy oscura o negra; esta última puede, eventualmente, dominar a la otra, cualquiera que sea su posición.

12. *CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE ESCRITOS MECANOGRÁFICOS DUBITADOS*

Cuando se explora el terreno vinculado con el examen de material mecanografiado ofrecido como prueba, surgen dos áreas principales a considerar: a) la de clasificación de máquinas de escribir, y b) la de identificación de máquinas de escribir.

a) *Clasificación.*— El objetivo de una clasificación es determinar, de ser posible, la marca y el modelo de una máquina de escribir empleada para preparar el contenido de un documento sospechado. Usualmente, tal determinación se lleva a cabo en el escenario de una investigación en la cual una máquina sospechada de haber sido empleada para preparar el escrito, no ha sido localizada. Los expertos, utilizando muestras obtenidas de diferentes fabricantes, estarán en condiciones de proveer al investigador la información necesaria referida a la marca y al modelo usado en el caso tratado.

La clasificación de máquinas de escribir involucra el examen de textos incriminados, focalizando los siguientes aspectos:

- a) medida de los tipos;
- b) espacio horizontal de los caracteres;
- c) espaciado vertical de las líneas;
- d) forma de los caracteres o estilo.

Como se expresara anteriormente, no siempre es viable responder a los interrogantes de marca y modelo, ello obedece a una variedad de razones que generalmente son el resultado de la intercambiabilidad de estilo de tipos entre diversas máquinas o situaciones tecnológicas similares.

b) *Identificación.*— El objetivo de la identificación es establecer, cada vez que resulte posible, si una máquina de escribir determinada fue o no empleada para preparar el texto de un documento específico cuestionado.

Ello implica el cotejo de muestras indubitadas con el elemento secuestrado. Estas muestras pueden ser tomadas por el investigador o bien por el perito cuando se envía la máquina al laboratorio. En cada caso los hechos dictaminarán cuál será la alternativa a emplear.

En el proceso de investigación se consideran los mismos aspectos que en el de clasificación, además de los defectos observados simultáneamente en el material dubitado e indubitado.

Los defectos antes indicados son de extrema importancia en la identificación de máquinas de escribir. Los que aparecen de una manera reproducible y consistente son el resultado del uso y abuso

de la máquina, haciendo que su producto sea diferente al de cualquier otra. Teóricamente, cada máquina salida de fábrica es un elemento individual con características propias y únicas. Sin embargo, en un nivel práctico, pueden no ser perceptibles hasta que haya sido suficientemente utilizada.

Con anterioridad a la introducción de la máquina de escribir "Selectric", en la década del 60, por la empresa IBM, las máquinas de escribir empleaban palancas portatipos fijas que impactaban contra la cinta, luego de oprimida la tecla, arrojando de tal manera una imagen en el papel. La "Selectric" utiliza un elemento tipeador removible que tiene la apariencia de una esfera con todos los caracteres en su superficie. Numerosas compañías han introducido este tipo de máquina.

Otro avance o desarrollo ha sido el de la adopción de la *margarita* o *rueda de impresión*, que sustituye a los otros dos sistemas mencionados. Podemos describirla como una rueda con rayos que parten del centro; en el extremo de cada rayo hay un tipo o carácter que es el que imprime cada letra, signo o número.

Tales mecanismos de escritura son prominentes en los sistemas de procesamiento de palabras e impresoras de computación.

El perito debe asumir que con la variedad contemporánea de máquinas de escribir aparecen problemas intrincados a enfrentar. Una de las propuestas más ventajosas es la de pensar en las principales categorías de máquinas, respecto de su forma de operar, y luego explorar los componentes indicativos que pudieran ser significativos.

Categoría de las máquinas de escribir

Componentes indicativos

1) Manual o mecánica
(no eléctrica, barra portatipo
fija)

- a) cinta
- b) cinta correctora
- c) mecanismo de tipeado
- d) presionado de la tecla controlado en su mayor parte por el dactilógrafo
- e) rodillo de caucho

<i>Categoría de las máquinas de escribir</i>	<i>Componentes indicativos</i>
2) Eléctrica (barra portatipo fija)	a) cinta b) cinta correctora c) mecanismo de tipeado d) presionado de la tecla controlado por montaje de la máquina e) rodillo de caucho
3) Eléctrica (con bocha o esfera)	a) monoelemento de tipeado b) cinta c) cinta correctora d) mecanismo de tipeado e) presionado de la tecla controlado por montaje de la máquina f) rodillo
4) Eléctrica (margarita o rueda de impresión)	a) rueda de impresión b) cinta c) cinta correctora d) mecanismo de tipeado e) presionado de la tecla controlado por montaje de la máquina f) rodillo

Es de capital importancia aproximarse a cada máquina de escribir considerada como evidencia, con la idea de que hay muchos componentes operacionales de la misma que podrían proporcionar información útil para el éxito de la investigación. Por ejemplo, una cinta puede contener un texto que corresponda a una nota de extorsión. Asimismo, la cinta correctora puede exhibir un texto perfectamente consecuente con las correcciones efectuadas a un documento cuestionado. Los métodos impropios de manejo de la máquina de escribir pueden provocar la destrucción de valiosa evidencia.

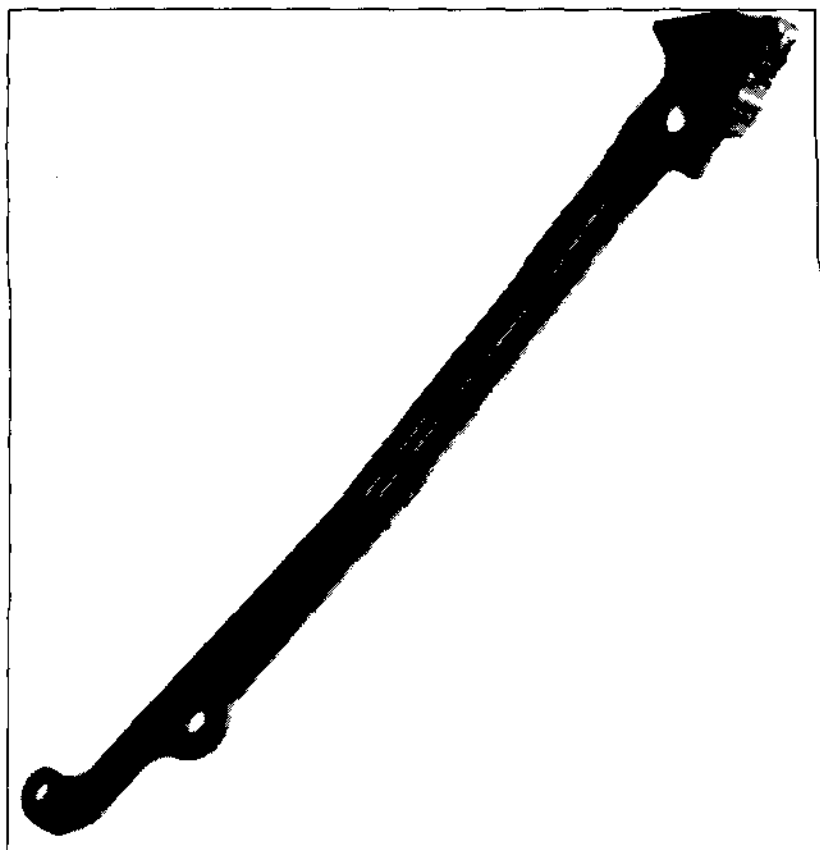
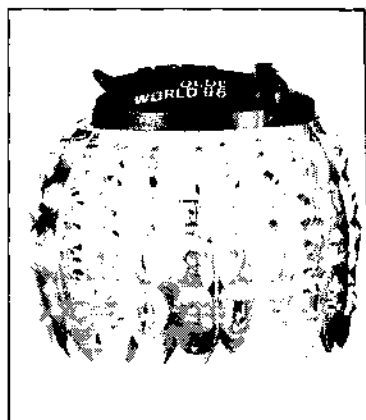
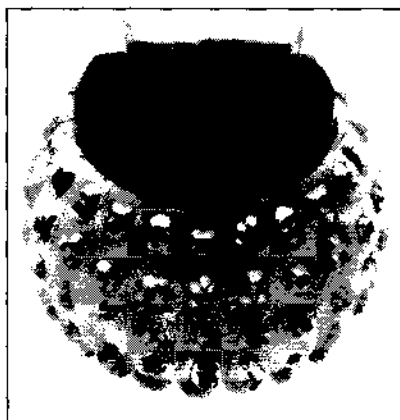


Figura 56

Barra portatipo fija, para máquina de escribir convencional.



Figuras 57 y 58

Bocha o esfera (monoelemento) para máquina de escribir eléctrica.

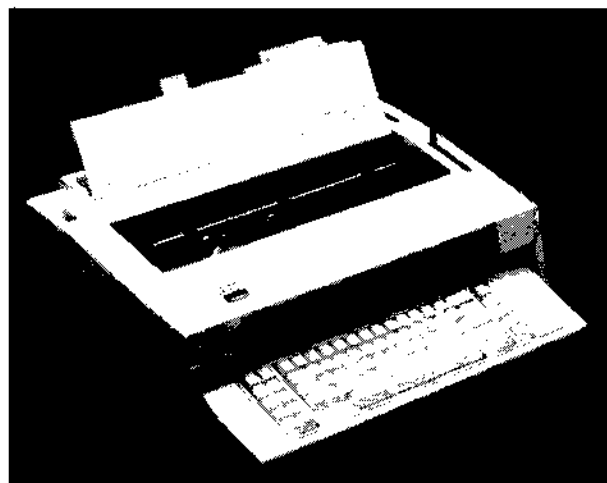


Figura 59

Máquina de escribir eléctrica para ser utilizada con "margarita".

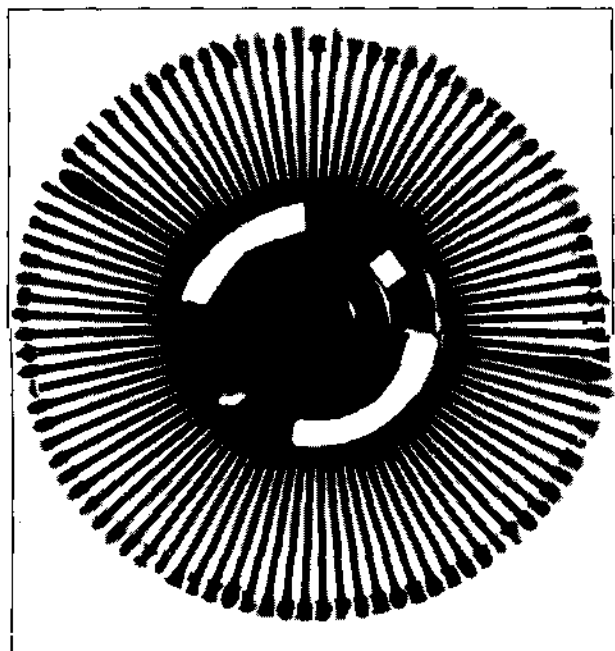


Figura 60

Margarita o rueda de impresión.

13. ANÁLISIS DE ESCRITURAS MECANOGRÁFICAS

Quien se propone delinquir, frecuentemente supone que resulta imposible reconocer la máquina de escribir autora de un texto, detectar su marca, establecer si se efectuaron agregados, o bien identificar a su autor. Evidentemente su equivocación es mayúscula, una diversidad de detalles convenientes, minuciosamente detectados y conscientemente evaluados, facultan arribar a conclusiones positivas, dando así solución a la intrincada temática constitutiva de los cuatro factores que conforman la pericia mecanográfica, a saber:

a) determinación de la marca de la máquina que se utilizara para concretar un escrito;

- b) reconocimiento de la misma;
- c) determinación de tiempos de ejecución en escritos mecanografiados;
- d) identificación del dactilógrafo.

Tales estudios versarán sobre las distintas clases de máquinas de escribir actuales: convencionales; de paso proporcional; a esfera o bocha, y a rueda o margarita.

a) *El paso mecánico.*— Se trata de un elemento de suma gravitación sobre este tipo de estudios. Al poner en funcionamiento la máquina de escribir en virtud de la presión que se ejerce sobre cada tecla o la barra espaciadora, surge un movimiento que se transmite a la barra universal, la que por intermedio del diente de la pieza libradora hace escapar un diente a la estrella solidaria con el piñón. Lo expresado actúa directamente sobre la cremallera del carro (mecanismo móvil en el que se encuentra el cilindro), desplazándolo una distancia o espacio determinado que se repite para cada digitación. Este desplazamiento es constante en las máquinas convencionales y recibe el nombre de paso mecánico o escape. Contrariamente a lo que ocurre en tipografía, el espacio reservado a cada letra es constante, sea ésta angosta o ancha. Los pasos mecánicos más frecuentes son: 2,00 mm; 2,10 mm; 2,12 mm; 2,17 mm; 2,20 mm; 2,23 mm; 2,54 mm; 2,60 mm, y 2,82 mm.

La determinación o medición del paso mecánico puede concretarse de dos maneras: directamente sobre la máquina o sobre un texto del cual se desconoce la máquina empleada.

En el primer caso basta con tomar la medida del desplazamiento del carro, cada vez que se presiona la tecla o la barra espaciadora, o bien, proceder a la lectura de la escala ubicada en la parte anterior o posterior del carro. Tal escala indica la cantidad de letras, números, signos o espacios que la máquina puede estampar por cada renglón.

En el segundo caso, se deberá tomar en un mismo renglón la distancia que separa dos letras iguales (con separación considerable) y luego dividir esa distancia por la cantidad de letras, números, signos y espacios que existan entre esas dos letras. Al efectuar dicha suma, sólo debe contarse una de las dos letras iguales. El resultado de la operación arroja directamente el paso mecánico.

b) *Características de los diferentes tipos de máquinas.*— Las máquinas convencionales se caracterizan por poseer un paso mecánico constante; por poseer los caracteres en barras portatipos, las que en conjunto forman lo que se denomina *canasta portatipos*, y porque el carro es desplazable.

Las máquinas de paso proporcional se caracterizan porque el carro no se desplaza en forma constante sino proporcional. El desplazamiento del carro se concreta proporcionalmente, conforme el diseño de la letra, número o signo que se digite, siendo por ende de distinto ancho de caracteres. Al desplazamiento mínimo del carro de estas máquinas se lo denomina *unidad básica*. Así, una letra mediana como la *o* puede tener 3 unidades básicas y otra angosta como la *r* 2 unidades básicas.

Las máquinas a esfera se caracterizan por poseer rodillo fijo (el trabajo de impresión lo realiza una esfera truncada en la parte superior e inferior, en la cual se encuentran moldeados los caracteres; se mueve de izquierda a derecha del papel). El desplazamiento de la esfera puede realizarse mediante escape constante o proporcional. Carece de canasta de tipos, por cuanto los caracteres están moldeados en la esfera, arriba y abajo. El rodillo es fijo en cuanto a sus desplazamientos laterales.

c) *Determinación de la marca de una máquina convencional autora de un escrito.*— Antes que nada diremos que para responder a este tipo de interrogante pericial es fundamental contar con un archivo de muestras de máquinas de escribir, debidamente organizado.

En principio habrá de determinarse el paso mecánico que acusa el escrito.

En segundo lugar habrá de considerarse el diseño de letras y números.

d) *Identificación de una máquina de escribir convencional.*— Este aspecto pericial puede presentarse de dos maneras diferentes: —necesidad de establecer si dos o más escritos mecanografiados responden a una misma máquina;

—necesidad de establecer si un documento fue realizado por alguna o algunas máquinas sospechadas.

Los procedimientos técnicos a seguir en ambos casos no difieren, excepto en una pequeña variación en cuanto a la forma de concretar el estudio.

En el primer caso el cotejo se lleva a cabo directamente sobre los textos aportados. En el segundo se confeccionarán previamente cuerpos de escritura con las máquinas aportadas, con la finalidad de detectar la personalidad escrituraria que transmiten al papel, la que a su vez será confrontada con la existente en el documento dubitado.

La identificación tendrá basamento sobre las características de diseño, las de origen y las adquiridas, que, en conjunto, otorgan una personalidad definida a cada elemento escritor (máquina de escribir).

Las características de diseño determinan la marca y el modelo de la máquina, tema éste ya desarrollado precedentemente.

Respecto de las características de origen diremos que la colocación de los portatipos en la máquina de escribir es realizada en forma manual, al igual que las conexiones correspondientes. El centrado de los tipos se cumplimenta comparando todos los caracteres con la *h* o la *n*, que se refieren como guía debido a la posición central que ocupan en el teclado (trabajan en posición vertical y por ello están menos expuestas a desalinearse). Para alinear los tipos en altura se trabaja con pinzas de flexionar o de morder, de forma tal que el borde delantero o posterior de la palanca portatipo (o del tipo mismo, según los casos), se acorte o alargue ligeramente, para permitir que los caracteres bajen o suban.

La alineación lateral se concreta imprimiendo la letra guía, y luego, retrocediendo un espacio, se estampa sobre la misma el tipo que se está alineando. Esta sobreimpresión indicará si el tipo en cuestión se encuentra o no centrado en relación con la letra guía.

Como podrá apreciarse, la intervención de la mano del hombre impedirá un montaje perfecto aun hecho con cuidado y exactitud. Todo lo expresado implica la existencia de desplazamientos laterales y verticales no observables a simple vista pero sí con instrumental óptico adecuado. Podemos concluir entonces que, aun sin uso, la máquina ya ha adquirido su propia personalidad.

Las características adquiridas, por su parte, son los defectos de impresión provocados por el uso y abuso. En tal sentido podemos considerar los siguientes:

- 1) defectos de los tipos;
- 2) defectos de interlineado;
- 3) moción.

De los tres, el más importante es el mencionado en primer término, ya que los restantes son complementarios y a veces no aparecen en un escrito.

1. *Defectos de los tipos.* Puede hacerse una clasificación de los mismos en: a) alteraciones del trazo; b) desigualdades de impresión, y c) desigualdades de alineación.

Las alteraciones del trazo consisten en aplastamientos, fisuras, abolladuras, etc., del tipo, que provocan una deformación del diseño de alguno o algunos números, letras o signos de puntuación. Son propios del uso de la máquina y rara vez provienen de un defecto de fabricación. Generalmente surgen por el choque repetido de los tipos entre sí, los que están en relación directa con la intervención del dactilógrafo. Se estudian con una simple lupa pero a veces es necesario recurrir al microscopio binocular.

Las desigualdades de impresión se producen cuando el tipo no se stampa frontalmente sino de manera inclinada, traduciéndose ello en letras, signos o números que acusan en el papel un lado con trazo fino y menos cantidad de tinta, y el otro grueso y más entintado. El origen de estas desigualdades puede atribuirse a defectos de fabricación o al desgaste natural de la máquina motivado por el uso, o bien al hecho de que la curvatura del rodillo no se adapta al tipo que imprime, motivando una desigualdad de impresión que generalmente es vertical. Esto último afecta a todos los caracteres (mayúsculas y minúsculas), por lo que no resulta de importancia fundamental para la identificación, sino que puede ser tomado como complemento de la misma.

Suele ocurrir que algunas letras, signos o números, no se hallen impresos en el lugar que deben, sino que presenten desplazamientos horizontales o verticales. Asimismo, puede ser que la desviación se produzca con respecto al eje longitudinal de la letra. Estaremos pues en presencia de desigualdades de alineación.

Con respecto a la línea de escritura estas desalineaciones se clasifican en horizontal y vertical, y con respecto al eje longitudinal de la letra en derecha e izquierda. En relación con las causales de este tipo de defectos pueden deberse a la mala soldadura del tipo o al ensanchamiento del alojamiento del eje de la barra portatipo. En

cuanto a las desalineaciones referidas al eje longitudinal de las letras, se deben generalmente a una torsión en la barra portatipo.

2. *Defecto de interlineado.* En las máquinas de escribir los interlineados ofrecen pocas variantes que van en función del tamaño de la escritura. Con el uso (características adquiridas) la separación de los renglones puede variar con respecto a su valor original, debido a las siguientes causas:

- a) por pérdida de espesor en el rodillo como consecuencia del torneado requerido en una reparación del mismo; al disminuir el diámetro disminuye consecuentemente la separación entre líneas;
- b) por afectación mecánica del mecanismo de interlineado;
- c) por defectos o inconvenientes en los rodillos compresores.

3. *Moción.* Es la distancia o espacio existente entre el pie de la mayúscula y el de la minúscula. Eventualmente es un detalle que puede dar una pauta definitiva, en especial en los estudios de descarte.

e) *El cuerpo de escritura.*— El cuerpo de escritura constituye el elemento indubitado y representa a la o las máquinas sospechadas. Para efectuar el confronte con el documento indubitado, el cuerpo escriturario debe contener la representación exacta del texto sospechado, tanto en su contenido como en su diagramación, y se confeccionará sobre un soporte igual o similar al del documento motivo de peritaje. Es conveniente copiar dos o tres veces íntegramente el material mecanografiado dubitado.

De igual modo, resulta oportuno agregar en el cuerpo de escritura, sucesiones de letras repetidas, ya que ello hará más sencilla la determinación del paso mecánico. También es importante efectuar impresiones de la letra *h* mayúscula y minúscula acompañada de los restantes caracteres, lo cual permitirá determinar si existen desplazamientos de los caracteres sobre estas últimas (como ya se explicó anteriormente, la *h* sufre, por su ubicación, poco desgaste, y su barra portatipos prácticamente carece de torsiones).

Para poder considerar que una característica identificativa es coincidente, tanto en la dubitada como en la indubitada, deben cumplirse los siguientes requisitos: estar igualmente ubicadas, situadas y dirigidas.

f) *Tiempos de ejecución.*— Pericialmente hablando, reviste notoria frecuencia el pedido cuyo interrogante es conocer si un escrito mecanografiado ha sido realizado en uno o más tiempos de ejecución; vale decir, si a un texto original se le ha agregado luego de ser firmado, una nueva frase, oración, párrafo, etc., que modifique al sentido inicial de ese documento. Esta maniobra es muy frecuente en pagarés, recibos, etc., en los que se cambia la obligación que dicho documento determina en primera instancia.

Para llevar a cabo este tipo de estudio, se deberá considerar que por razones de construcción de las máquinas de escribir, los escritos por ellas realizados tienen todos los renglones paralelos entre sí y que, letras, signos o números ubicados en diferentes renglones sobre una misma vertical, deben encontrarse alineados perfectamente.

Surgen así los dos requisitos fundamentales que deben cumplirse para afirmar que un texto fue concretado en un solo tiempo de ejecución: la horizontalidad y la verticalidad. De existir alteración en alguno de estos requisitos puede pensarse que se está frente a textos que han reconocido más de un tiempo en su confección. Ésta es la base sobre la que habrá de fundamentarse todo estudio que tienda a establecer estos hechos, debiendo excluirse desviaciones originadas por defectos de máquinas y cuya frecuencia certifica su normalidad.

En cuanto a la técnica a emplear para la práctica de mediciones y constataciones necesarias que den respuesta a los interrogantes planteados precedentemente, queda supeditada a la posibilidad de recursos y medios con que cuente cada perito (reglas, escuadras, elementos de medición en general, plantillas transparentes de celuloide, plástico, vidrio, etcétera).

g) *La identificación del dactilógrafo.*— Sin duda es uno de los problemas de más difícil solución dentro del terreno documentológico. Esa dificultad se basa en la escasa envergadura técnica de los elementos de juicio que hacen posible tal identificación. En efecto, los elementos de juicio que normalmente se toman para establecerlo son: 1) el presionado de las teclas o fuerza que se imprime a cada una para lograr la impresión del tipo en el soporte; 2) la diagrama-

ción del escrito; 3) la puntuación; 4) la ortografía; 5) la defectuosa utilización de la tecla de trasposición (letras mayúsculas), y 6) la inversión en el estampado de las letras.

Ahora bien, es indudable que resulta enorme la cantidad de personas que al escribir a máquina lo hacen digitando en forma mediana y pareja, de manera leve y desapareja, etc.; por ende, cuanto mayor sea el número de posibles autores de un escrito, menor probabilidad habrá de identificar al causante y viceversa.

Con respecto a la diagramación, si bien todo dactilógrafo adquiere cierta individualidad escritural, siempre será menos definida en quien ha aprendido en una academia especializada con respecto al autodidacta.

En relación con la puntuación, la dificultad surge cuando quien escribe lo hace siguiendo estrictamente las reglas que le han enseñado, despersonalizándose por completo de las suyas.

Los errores ortográficos revisten un valor considerable, en especial cuando son numerosos y peculiares.

La falta de coordinación en los movimientos produce una desalineación vertical de las letras mayúsculas cuando se emplea la tecla de trasposición. Ello, de ser frecuente, acusa una característica importante.

La inversión en el estampado de letras a veces puede convertirse en un hábito, que se corrige borrando, sobreimprimiendo o dejando la falta tal cual está. La asiduidad brinda una característica distintiva del autor.

Los pormenores enunciados hasta aquí no permiten por sí solos emitir una opinión categórica; por ello, el técnico deberá ser sumamente cauteloso en la valoración cualicuantitativa de sus observaciones, para luego brindar un juicio final acertado. Cada caso es diferente y por ello sólo podemos expresarnos en forma genérica.

h) *Identificación de tipo de máquina de escribir de espacios proporcionales.*— Para establecer la marca y el modelo de una máquina de paso proporcional rigen los mismos conceptos que para las convencionales, debiéndose cambiar el paso mecánico por el de unidad básica, tal como oportunamente se expresara (menor espacio que puede recorrer el carro cada vez que se oprime un tecla o el espaciador).

Las máquinas de este tipo que ha fabricado la empresa Olivetti, tienen una unidad básica de 0,8 mm; la IBM ha lanzado al merca-

do máquinas de tres unidades básicas: 1/32, 1/36 y 1/45 de pulgada, equivalentes a 0,793 mm, 0,705 mm y 0,564 mm, respectivamente.

Obviamente la unidad básica es una clave para determinar marcas y modelos de este tipo de máquinas y se convierte, al igual que el paso mecánico, en la primera clasificación. La subdivisión puede concretarse sobre el diseño de las mismas letras y números que las convencionales. Para ello, es necesario nuevamente contar con un fichero apropiado.

La identificación de la máquina en forma individual se complica en alguna medida, debido a que la mayor parte de los caracteres son sombreados, por lo tanto es más difícil reconocer las pequeñas fisuras, hundimientos, etc. El diferente ancho de las letras complica la determinación de las imperfecciones provenientes de los desplazamientos de los tipos. El especial diseño de las letras (sombreadas en su mayoría) otorga al tipo mayor solidez, por lo que sus defectos aparecen en menor número que en las máquinas comunes o convencionales.

No puede dejar de mencionarse que estas máquinas, en muchos casos, cuentan con un dispositivo llamado *expansor*, que agrega un espacio más entre letras, en el momento que lo desee el mecanógrafo.

La determinación de los tiempos de ejecución debe efectuarse en forma diferente a la de las máquinas convencionales. En relación con la horizontalidad no existen cambios, pero cuando se encara el estudio de la verticalidad, recién se estará en condiciones de determinar si hay perfecta alineación entre dos letras cuando se compruebe que el número de unidades básicas es el mismo.

Se recomienda el uso de plantillas, una para cada tipo y unidad básica.

La identificación del dactilógrafo se lleva a cabo de igual manera que con las máquinas convencionales, teniéndose presente que el aspecto *presionado* no ofrece particularidades distintivas, ya que por la acción eléctrica la digitación resulta siempre pareja.

i) *Máquinas a esfera*.— La característica principal consiste en que no poseen rodillo fijo y el trabajo de impresión lo realiza una esfera o bocha que se mueve de izquierda a derecha a lo ancho del papel, fabricada en plástico, con una capa de niquelado de 0,020 mm de espesor, sobre la cual se moldean los caracteres.

Tal elemento va ajustado a un eje en el sector superior del soporte de las teclas, que contiene los elementos que la activan y la mueven. La esfera es intercambiable y se saca comprimiendo la palanca de resorte que se proyecta hacia arriba.

Al igual que en las máquinas convencionales y de paso proporcional, para utilizar las letras mayúsculas se debe oprimir una tecla de trasposición que hace girar la esfera 180 grados (los caracteres que figuran en una misma tecla, ocupan posiciones idénticas en las dos semiesferas). Todos los caracteres están moldeados en cuatro o más líneas circulares y paralelas, con 22 o más unidades por línea horizontal.

Para la determinación del tipo y modelo de una máquina a esfera ("Selectric") puede prepararse una clave para identificar esferas, aunque es mucho más conveniente contar con un buen catálogo.

1. *Identificación de la máquina.* La tarea de identificar este tipo de máquina de escribir ofrece una serie de dificultades que están en relación directa con la peculiar forma de trabajo de la misma.

Puede detectarse una buena cantidad de características que no pertenecen a la máquina sino a la esfera, razón por la cual a través de ellas no es posible llegar a la identificación de la primera. El origen de los principales defectos que pueden presentarse son:

—Roturas en las letras, obviamente atribuibles a la esfera misma, que permiten su identificación.

—Letras torcidas: si el sostén de la esfera estuviese torcido, todos los caracteres imprimirán con una inclinación determinada. Es un defecto de la máquina.

—Impresiones con desplazamientos laterales: la inclinación y la rotación están controladas separadamente por medio de dos cintas de acero. Debajo de la esfera existen dientes, parando el movimiento de giro en la columna en la que se encuentra el carácter tipeado. El desgaste de los dientes hará que los caracteres que se encuentran en la columna correspondiente se estampen a derecha o izquierda del emplazamiento normal. Es un defecto de la esfera. En cambio, si la cuña de retención está desgastada, no subirá lo suficiente a la cúspide de espacio triangular que existe entre dos dientes, provocando emplazamientos anormales de todas las columnas. Es un defecto de la máquina. No pueden aquí dejarse de considerar los defectos mixtos.

—Impresiones con desplazamientos verticales: si se trata de un defecto de la máquina se producirá un desplazamiento vertical de todos los caracteres motivado por algún deterioro del retén. Si una de las muescas posee deterioros, producirá un desplazamiento vertical en el emplazamiento de todos los caracteres de la línea correspondiente. Es un defecto de la esfera.

—Impresión desapareja: se debe generalmente a la inadecuada posición entre el rodillo y la esfera y aparece en todos los caracteres. Puede considerarse un defecto de la máquina.

—Valor del escape defectuoso: puede ser que el valor del escape no se ajuste con exactitud a los valores de fábrica establecidos (por ejemplo: 2,54 mm, o 2,12 mm); esa diferencia se debe al mal funcionamiento del piñón y cremallera y es un defecto de la máquina.

—Espaciamiento defectuoso de los renglones: puede responder a un rodillo pequeño (motivado por reparación), o bien al uso de muchos carbónicos.

2. *Identificación del dactilógrafo.* Se consideran los mismos parámetros que para las máquinas convencionales y de paso proporcional.

3. *Determinación de tiempos de ejecución.* Dependiendo del tipo de máquina de que se trate (Selectric I, Selectric II, Composer 72, etc.), la determinación de los tiempos de ejecución estará regida por similares consideraciones técnicas que las vertidas para las máquinas convencionales y las de paso proporcional.

j) *Las máquinas de escribir electrónicas marca "Olivetti".*—Este tipo de máquinas de escribir introdujo importantes modificaciones en relación a las de esfera anteriormente mencionadas, ya que este monoelemento fue suplantado por el denominado "margarita".

Dicha margarita, según lo expresáramos oportunamente, está conformada por una rueda o disco plano (con engarce central) de cuyo borde externo parten rayos o pétalos en cuyos extremos van implantados los caracteres (letras, números y signos), uno en cada punta.

La búsqueda del carácter seleccionado se realiza por el camino más corto, no girando nunca más de 180 grados, contando a partir de su posición cero (conformada por el carácter “_” (subrayado). Una vez que la unidad de control del motor de selección posiciona el pétalo correspondiente frente al martillo, éste se acciona y golpea contra la guía del reverso del contratipo, impulsándolo contra la cinta de impresión que es intercambiable (de nylon y de polietileno), sobre la cual golpea dando lugar a la impronta.

Existen diferentes tipos de margarita, según el paso mecánico a utilizar y el diseño que se prefiera.

Estas máquinas electrónicas pueden evidentemente utilizar diversos pasos mecanográficos, por ejemplo: modelo ET 121 y 221: 1/10; 1/12; 1/15 y proporcional; modelo TES 401: 1/10; 1/12 y proporcional, que han sido los primeros en comercializarse en el país.

1. *Características identificativas.* Por tratarse la margarita de un monoelemento, es intercambiable; consecuentemente, sus características se repetirán sin importar la máquina utilizada. Las particularidades más salientes son: rebabas en los caracteres; roturas; desniveles anómalos de los pétalos o rayos (que se estamparán por encima o por debajo de la línea base, siendo constantes los desniveles para cada carácter en particular); deformaciones de los caracteres; ausencia por rotura de uno o más caracteres, etcétera.

Con prescindencia del monoelemento, las características particulares que permitirán identificar la máquina son, entre otras:

I. *Estampación incompleta de caracteres (si se trata de cinta de polietileno) o entintado irregular de la impresión (cinta de nylon):* Es atribuible a bloqueos mecánicos; fallas electrónicas; falta de centrado del piñón de arrastre; irregularidades en el funcionamiento del motor de avance de cinta y/o desajuste de la ballesta de contramarcha del cinético de avance de cinta.

II. *Las interlíneas son irregulares:* Ocasionado por fallas en el resorte de reclamo del grupo interlínea o en el engrane del arpón con la rueda dentada de interlíneas.

III. *La corrección no queda centrada con el carácter impostado:* Puede deberse a la falta de regulación del enganche del piñón

de la cinta correctora o a que la correa de tabulación no esté suficientemente tensa.

IV. *Los caracteres imprimen defectuosamente su parte superior o inferior:* Obedece al excesivo acercamiento del grupo impresor al rodillo o a su alejamiento de la distancia normal (2,8 a 3 mm), respectivamente.

V. *Los caracteres imprimen defectuosamente sus laterales izquierdos o derechos:* Ello es motivado por la carencia de paralelismo entre el eje del rodillo y la guía del grupo impresor.

VI. *La calidad de la escritura no es uniforme y en forma de banda se extiende a lo largo de todo el texto en sentido vertical:* Ocurre cuando la superficie del rodillo acuse depresiones en un sector o parte de éste no sea paralelo a su eje o bien cuando el eje guía del grupo impresor esté deformado en algún segmento de su extensión.

VII. *El presionado del estampado es irregular:* Se presenta cuando la placa de repuesto acusa fallas de sus componentes.

En todos los casos se sugiere el uso de microscopio para la detección de características.

14. **LOS SELLOS DE GOMA Y SUS IMPRESIONES COMO EVIDENCIA**

El estampado de un sello de goma es una impresión producida por un dispositivo comúnmente utilizado con fines personales y comerciales. Es un hecho rutinario y simple el empleo de tales elementos selladores para imprimir firmas, fechas, direcciones y demás información en documentos. Normalmente esta estampación se concreta a mano; sin embargo, también existen dispositivos mecánicos para este propósito. Sea de una forma o de otra, los efectos de la aplicación sobre papel, son esencialmente los mismos.

En muchos hechos delictivos resulta de notoria importancia demostrar que la impresión de un sello fue llevada a cabo mediante la utilización de un dispositivo específico. Ciertas características de

clase e individuales, tanto del sello como de su estampa, se consideran de manera combinada para proporcionar tal demostración. A fin de comprender adecuadamente el potencial de los sellos de goma y sus impresiones, es necesario conocer en forma básica, cómo están hechos. Por ejemplo, la preparación de un sello de goma manual, normalmente implica el grabado de un texto con relieve, previa composición de los tipos, la impresión térmica de una imagen positiva en una matriz, y la producción de una imagen negativa en goma vulcanizada, que es recortada y montada en una pieza (generalmente de madera o metal) con un mango.

El proceso descripto, por sí mismo, puede originar características individuales que pueden ser utilizadas en la identificación de un sello con una estampa o impresión. Adicionalmente, otras características, tales como daños o deterioros, el entintado y la superficie del papel, desempeñarán un rol muy importante en tal determinación.

Hay numerosas consideraciones que deberán ser estudiadas cuando se trate de llevar a cabo tales tareas de cotejo, en orden a obtener identificaciones positivas. La siguiente información describe algunos de los principales aspectos vinculados con el tema:

a) Características de las estampas que ayudan a distinguirlas de impresiones llevadas a cabo por otros medios:

1) Efecto de enjugado (característico de todos los métodos de impresión por relieve).

2) Distorsión en el diseño de los caracteres debida a la naturaleza flexible de la goma.

3) Tipo de tinta (usualmente soluble; es también la clase de tinta utilizada en otros tipos de dispositivos para marcar, algunos metálicos).

4) Ausencia de endentado.

b) Sellos de goma confeccionados en una sola pieza.

1) Si la tipografía está incluida, es más probable que esté convenientemente alineada, que en el caso de sellos hechos con elementos sueltos o individuales.

2) Las impresiones cuestionadas incluyen:

1) Modelo o diseño determinado.

II) Características no determinadas o accidentales.

3) Cuando los diseños del material dubi-indubitado son idénticos en apariencia, se debe depender de las características accidentales para alcanzar las conclusiones.

1) No siempre es posible determinar de una sola impresión dubitada la fuente de un defecto particular.

i) Si el sello está hecho de un estereotipo, electrotipo o clisé de plástico, el defecto podría estar en la matriz o molde.

ii) El molde como el mencionado, usualmente está realizado de baquelita; sin embargo, todavía puede emplearse el método anticuado de la arcilla. Tales defectos identifican el molde.

iii) La plancha de goma en sí misma.

- Distorsiones resultantes de traccionar la plancha de goma del molde mientras está caliente y/o estiramientos que se producen durante su colocación.

iv) La manera o forma en que se realizan las impresiones:

- Aplicando presión desigual sobre la superficie del diseño.
- Aplicando presión en una dirección no perpendicular al plano del diseño.

- Aplicando presión con un movimiento rodante de atrás hacia adelante.

- Aplicando presión con un movimiento giratorio.

Son elementos que producen imágenes de defectos no existentes.

v) Material extraño en la estampa.

- Hebras.

- Marcas de tinta seca.

Identifican al sello.

vi) Material extraño en la almohadilla.

Produce la ilusión de defectos en la estampa.

vii) Naturaleza de la superficie sobre la que se apoya el papel:

- Encuadernaciones u otras superficies ásperas.

- Bordes de papeles, etcétera.

c) Sellos confeccionados con partes intercambiables.

1) La tipografía invariablemente posee alineación pobre.

2) Algunos defectos en el tipo de goma pueden haber ocurrido en la fabricación.

Cuando sea posible, el sello que se sospecha ha sido utilizado para realizar una impresión cuestionada, debería ser remitido al perito, juntamente con la tinta y la almohadilla sospechadas. Cuando sea necesario tomar impresiones testigos en el propio lugar de los hechos o en el laboratorio, se deben obtener ejemplares donde aparezcan las diferentes formas de presionado. La superficie del sello no debe ser limpiada o raspada, ya que esta acción puede destruir características necesarias para una identificación positiva.

15. *ADULTERACIÓN DE DOCUMENTOS MANUSCRITOS*

Comencemos expresando en forma sintética que adulteración de un documento es toda alteración ilícita del mismo, concretada en alguna o gran parte de su contenido.

Existen diversos procedimientos a los que se apela para adulterar documentos manuscritos, entre ellos, el borrado, el raspado, el lavado, el testado y la enmienda del texto, y la amputación del soporte.

El borrado no sólo afecta al texto, sino que inevitablemente ataca al soporte (papel) que lo contiene, eliminando su apresto, para dejar en libertad a las fibras que lo conforman, fibras cuyo erizamiento es perfectamente captable mediante la observación microscópica. Por su fácil captación, esta maniobra es poco usada para eliminar textos a tinta. En cambio, resulta ideal para maniobras sobre textos a lápiz, ya que su eliminación puede hacerse en forma total, y la escritura reemplazante no acusará corrimientos como los que produce la tinta.

El raspado suele llevarse a cabo sobre textos escritos a tinta, empleándose para ello cualquier elemento cortante existente en plaza. Esta maniobra también produce la eliminación del apresto del papel y el erizamiento de las fibras, perfectamente captables a través del microscopio.

El lavado sólo puede emplearse para eliminar textos manuscritos a tinta, ya que el grafito, no reconociendo o no admitiendo disolventes, solamente puede ser suprimido por borrado o raspado. Para su detección resulta clásico el uso de la lámpara de luz ultravioleta.

El testado es el procedimiento al que se recurre para ocultar parcialmente un texto manuscrito, con el propósito de cambiar o restringir su alcance y significado. La enmienda, por su parte, es la maniobra que se concreta para modificar un número, una letra o una palabra.

La amputación del soporte es la supresión de una parte del mismo, valiéndose de elementos cortantes o del fuego.

16. **ADULTERACIÓN Y FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE IDENTIDAD, BILLETES DE BANCO, ETCÉTERA**

a) *Instrumental técnico necesario.*— Para una inspección rápida de tales elementos se necesita un equipo con pocos instrumentos para una buena y rápida inspección. Los más comunes son un amplificador de imagen de baja potencia y una luz ultravioleta.

El motivo para su uso es que en un tiempo relativamente corto y utilizando uno o ambos elementos del equipo, se pueden descubrir diversas formas de adulterar o falsificar documentos. El amplificador de imagen de baja potencia permite realizar un examen superficial de los detalles del elemento, en áreas que se prestan a adulteraciones o falsificaciones, tales como el nombre del titular, el número de serie del documento, la firma, las fechas de emisión y vencimiento y, en contadas ocasiones, los defectos en la impresión cuando es conocido el posible punto para investigar.

La luz ultravioleta se utiliza para dos propósitos principales. El primero es la ratificación o detección de la pérdida de los elementos ultravioletas de seguridad, que pueden ser parte esencial de un documento, billete, etc., legítimo o de sus componentes. El segundo propósito es hallar marcas de agua falsas.

Es necesario hacer la salvedad de que no todos los documentos o sus componentes contienen elementos ultravioletas de seguridad. No obstante, la tendencia es a la incorporación de los mismos como un método para proteger la seguridad de dicha documentación. La falta de cualquier elemento ultravioleta puede ser un indicador útil para justificar un examen más completo del documento.

Por otra parte, la existencia de estos elementos de seguridad no necesariamente prueban su legitimidad, ya que podría tratarse de una falsificación extremadamente sofisticada.

b) *Medidas comunes de seguridad.*— 1. *Caracteres magnéticos.* Se utilizan especialmente en cheques, con el propósito de sistematizar operaciones bancarias, en el sentido de inscribir, leer, clasificar y despachar con notable y eficiente seguridad tales elementos.

2. *Grabado ciego o en seco.* Es un sello o texto grabado sobre el papel desde una superficie elevada, por presión. Es producido sin utilizar tinta y produce una imagen que es visible con iluminación oblicua o rasante. Se lo utiliza generalmente en sellos de validación.

3. *Fibras.* Las fibras de seguridad son insertadas dentro del papel durante el proceso de manufactura y pueden ser vistas con luz normal, usualmente sin necesidad de ampliación.

4. *Fibras fluorescentes.* Son también fibras de seguridad, normalmente insertadas durante el proceso de manufactura del papel, las cuales fluorescen bajo una luz ultravioleta.

5. *Holograma.* Consiste en una imagen multidimensional hecha sobre un film fotográfico o una lámina, sin utilizar una cámara.

6. *Tinta fluorescente.* Tinta que fluoresce cuando es iluminada por una luz ultravioleta. En algunos casos esta tinta no puede ser vista con luz normal.

7. *Ornamentaciones (Guilloche).* Una imagen decorativa muy detallada, compuesta por líneas curvas entrelazadas, impresas.

8. *Patrón geométrico.* Una serie de formas recurrentes usadas como seguridad en el fondo de impresión del soporte.

9. *Tinta fugitiva.* Tinta que se disuelve en un líquido. Ésta es encontrada frecuentemente en el fondo de impresión como una protección contra alteraciones químicas.

10. *Ojales de metal.* Accesorios metálicos utilizados para asegurar la fotografía a la página. Algunos ojales de metal contienen marcas especiales.

11. *Fondo de impresión (subtinte).* Un patrón o diseño visible en una página. El texto es normalmente impreso sobre el diseño, aunque en algunos casos el patrón es impreso sobre el texto.

12. *Impresión tipo plena.* Impresión en relieve que utiliza una lámina finamente grabada al agua fuerte, la cual produce ricos detalles.

13. *Imagen latente en impresión tipo plena (calcografía).* Una imagen producida utilizando el procedimiento antedicho. La imagen es visible al sostener el área que la contiene en forma oblicua bajo una fuerte luz intensa, y está conformada por columnas que permiten que la luz fluya a través de ellas. La misma no puede ser duplicada por la flexilografía o por métodos termográficos de impresión.

14. *Laminado.* Se trata de una hoja sintética transparente que es colocada sobre las fotografías o sobre la información biográfica y asegurada por medio de un adhesivo o de calor. El laminado puede contener también imágenes impresas o retroflexivas que asisten en la detección de alteraciones.

15. *Cinta de seguridad.* Una cinta sintética, algunas veces impresa con texto muy reducido en su tamaño (microlínea), que está hilada dentro del papel para prevenir la sustitución o falsificación de páginas.

16. *Citocromía.* Impresión en la cual un color se fusiona gradualmente con otro. Los colores son impresos en un solo proceso y no tienen una separación precisa.

17. *Impresión tipográfica.* El proceso que frecuentemente arroja una imagen impresa con un borde de tinta. Es normalmente usada para números impresos.

18. *Números perforados.* Este proceso emplea agujas que punzan agujeros a través de las páginas de un documento, en un solo paso.

19. *Muestras de marcación ("planchettes").* Son pequeños puntos, frecuentemente de plástico o seda, coloreados, y agregados al papel durante el proceso de manufactura. Al igual que las fibras de seguridad, estas marcas pueden ser reactivadas a la luz ultravioleta.

20. *Imagen retrorreflexiva.* Es una imagen invisible incorporada dentro del laminado, visible a través de un visor retrorreflexivo.

21. *Impresión simultánea.* Imágenes impresas en las caras opuestas de la misma hoja que, cuando son vistas a la luz, se alinean exactamente unas con otras.

22. *Indicia confusa.* Se trata de una imagen visible impresa confusamente y que sólo puede ser distinguida por el uso de un visor especial que altera la trayectoria de la luz.

23. *Sello de agua.* Es una imagen resultante de los diferentes grosores de papel. Usualmente se produce por el presionado de un diseño proyectado en el molde o en un rodillo procesador, visible cuando el papel es sometido a la luz. No reaccionará a la luz ultravioleta.

El sello o marca de agua es uno de los elementos de seguridad más efectivos por su extrema dificultad para ser reproducido con efectividad.

Existen tres métodos diferentes para lograrlo fraudulentamente:

El primero es una imitación de índole química que se puede revelar fácilmente con el empleo de la luz ultravioleta.

El segundo método consiste en imprimir la imagen proyectada por la marca de agua legítima, con una tinta de imprenta muy suave. Por razones obvias es la forma más fácil de detectar.

El tercero se logra imprimiendo la imagen de la marca de agua en el papel. No reacciona con luz ultravioleta y cuando se lo observa a través de una fuente lumínica potente, arroja una imagen similar a la de la marca de agua legítima. Se distingue por las impresiones muy marcadas en el papel. Una marca de agua auténtica contiene sutiles diferencias en el grosor del papel que no pueden ser distinguidas por examen, utilizando luz oblicua o rasante. La imitación señalada sí puede detectarse con luz aplicada de la manera indicada, debido a las marcas y a la relativa profundidad de la impresión.

24. *Encuadernación o costura.* La encuadernación o costu-

ra de un documento no deja de ser una medida de seguridad, ya que puede ser examinada para la búsqueda de desarmado y/o rearmado. Para ello deberá determinarse la reacción del hilo a la luz ultravioleta (en caso de ser fluorescente) y que no esté excesivamente flojo o deshilachado.

Las mismas técnicas de examen pueden emplearse respecto de los ganchos metálicos.

c) *Tipos de adulteraciones más frecuentes.*— 1. *Sustitución de la fotografía.* Es uno de los procedimientos más frecuentes en la adulteración de documentos de identidad. La fotografía del titular es removida y reemplazada por otra. Por lo general esta maniobra deber estar acompañada de la alteración de los datos biográficos de la persona, a fin de que estén de acuerdo con las características físicas que aporta la nueva fotografía. En ocasiones ello no se realiza.

2. *Sustitución de páginas.* La información que no ha podido ser fácilmente alterada o borrada, se remueve mediante el desarmado del documento, con la extracción y reemplazo de la hoja no deseada. Esta nueva página puede ser genuina o falsa.

3. *Alteración manual.* Escritura o impresión agregada a letras, palabras o números, y extracción total o parcial de los mismos, con reemplazo o no de dígitos o letras. Las escrituras o impresiones agregadas pueden revelarse mediante el empleo de un dispositivo visor de filtrado infrarrojo.

4. *Borrado mecánico o químico.* La información impresa o escrita puede ser alterada por borrado mecánico o químico, ya sea para eliminación de palabras enteras, letras, números, partes de letras o de números. El borrado químico puede detectarse con luz ultravioleta.

5. *Alteración completa por pegado.* En esta forma de adulteración, una nueva página (falsa o genuina) es pegada sobre la página no deseada para esconder información y alterar el contenido del documento.

17. IDENTIFICACIÓN DE CIFRAS NUMÉRICAS MANUSCRITAS

El problema de la identificación de los autores de cifras manuscritas se parece mucho al de los autores de textos escritos con letra de imprenta; en ambos casos, el perito se encuentra ante una serie de caracteres que, normalmente, no están enlazados entre sí. Como las cifras tienen menos características distintivas, sus autores son más difíciles de identificar que los que han escrito letras. Sin embargo, cabe individualizar a la persona de cuya manera de escribir no se tiene otra muestra que una serie de números.

Obviamente, no existen sino diez dígitos, pero el documento sometido a examen pericial puede tener —además de los guarismos— diferentes símbolos utilizados al mismo tiempo que ellos. Al indicar sumas de dinero o cifras numéricas en general, se utilizan símbolos tales como “\$”, “%”, “+”, “-”, etc. En diversas profesiones y oficios se emplean en los informes cifrados diversos signos y símbolos, tales como los puntos o comas de separación de los decimales y las barras horizontales o diagonales. En tales casos, el perito dispone de una cantidad determinada de caracteres diferentes y, cuando se habla de identificación de autores de guarismos hay que entender que ese empeño comprende también el estudio de esos símbolos.

La identificación de un escritor de números requiere el empleo de tres elementos fundamentales que son necesarios para individualizar a los autores de cualquier otro tipo de textos escritos: *estudio de la forma de los caracteres de la calidad de la letra*, es decir, de la forma en que se ha escrito y de las *variantes*. Las semejanzas sirven para establecer una combinación única de factores, que permitirá una identificación positiva. Las diferencias fundamentales permiten hacer la distinción entre las cifras escritas por personas diferentes.

a) *Forma*.— La identificación de las personas que han escrito números se basa no sólo en el estudio de la forma básica de éstos, sino también en el análisis completo de las subdivisiones de su trazado: rasgos iniciales, terminaciones, adornos, simplificaciones, inclinación general e influencia mutua de los elementos componentes, en

especial en lo que se refiere a las cifras complejas: "2", "3", "4", "5", "6", "8" y "9". Se pueden estudiar también las dimensiones de una parte o su inclinación con respecto al todo. Cabe formularse asimismo las siguientes preguntas:

—¿Cuántos trazos se utilizan para escribir guarismos tales como "4", "5", "8" y "9"?

—¿Cuál es la dirección de los trazos iniciales y de las terminaciones?

—¿Los trazos rectos son absolutamente rectos o curvas compuestas?

—¿Hay reasunciones de trazos interrumpidos, lazos o ángulos redondeados en la parte inferior del "2", en el centro del "3", en el extremo izquierdo del "4", en los dos rasgos hacia la izquierda del "5", en la parte superior derecha del "7" y en la unión del óvalo y la pata del "9"?

—¿Dónde finaliza una parte determinada de un guarismo? y ¿se respeta el equilibrio del conjunto?

Los estudios de las formas deben comprender el examen del ángulo formado por dos rasgos de la cifra, en especial en lo que atañe a los guarismos "4", "5", "7" y "9".

Cuando puede disponerse para la peritación de diversos guarismos, el tamaño o la inclinación de uno de ellos en relación con los otros puede ser peculiar de quien los ha escrito. Por lo general, las dimensiones del conjunto de las cifras dependen del espacio de que disponía el autor del escrito, pero las anomalías constantes de su forma de trazarla son instructivas.

Aparte de las dimensiones de las diversas cifras en comparación con las otras, se puede estudiar también su posición. El espaciamiento puede ser característico y —caso más frecuente— puede haber una alineación especial, sobre todo en lo que se refiere a las fracciones y a las sumas que indican los centavos en caracteres más pequeños, por encima de la línea. Otro elemento que puede ayudar a la identificación: el hecho de que se subraye o no la base de estos guarismos.

Las partes circulares u ovaladas de las cifras presentan una gran variedad de formas y el grado en que están redondeadas tiene importancia para la identificación; los óvalos alargados, junto con el ángulo formado por el eje principal y la vertical, constituyen otro factor de identificación; los óvalos abiertos son relativamente frecuentes en los números escritos de prisa por una persona, pero pue-

den encontrarse asimismo tanto si ésta quiere escribir con cuidado como en caso contrario. El punto de partida del óvalo —en la parte superior, a la derecha o a la izquierda— y el modo en que está trazado, constituyen también elementos característicos de la forma.

La manera de trazar las cifras varía también de una persona a otra, pero está influida en muchos casos por la enseñanza que han recibido.

Todo el mundo llega a tener una forma personal, a partir de la que se le enseñó en la escuela. Por ejemplo, en muchos casos es significativa la presencia o la inexistencia de una barra a través del "7". En la arquitectura y en la industria, los delineantes tienen una manera de escribir las cifras que pone de manifiesto su formación profesional. El guarismo "8" formado por dos óvalos, situados uno encima del otro, es aun más típico. Sería extraordinario que dos personas a las que se ha enseñado en la escuela dos formas diferentes de escribir, modificadas por sus características personales, llegaran a cambiar sus cifras de modo tan completo que resultase imposible llegar a descubrir, en su manera de escribir normal y natural, algo que reflejara sus diferencias fundamentales de educación. Los peritos calígrafos tienen que conocer las diferencias esenciales en el trazado de las cifras para no confundirlas con las características personales.

b) *Calidad de la letra.*— La forma de escribir los guarismos es muy importante para distinguir la letra de quien los haya trazado. Como las cifras no están enlazadas entre sí, no siempre es fácil apreciar la habilidad, la velocidad y la facilidad de ejecución. Sin embargo, es posible analizar esos factores, junto con otros que en conjunto constituyen la calidad de la letra.

La soltura del elemento escritor es un factor que permite distinguir las cifras de forma análoga, pero trazadas por manos diferentes. Los datos que permiten pronunciarse sobre la soltura son: la regularidad de los trazos, la facilidad de ejecución, los signos de un trabajo automático (o laborioso) y, naturalmente, la precisión del trazado. Hay, a este respecto, numerosos grados, que van desde la ejecución perfecta hasta la más primitiva y tosca.

Los rasgos que constituyen los guarismos pueden ser gruesos o finos. Las cifras pueden ser simétricas o angulosas, demostrar la prisa o la falta constante de cuidado, de manera que acaben en cur-

vas o en horquillas, o en forma poco acentuada, sobre todo por lo que se refiere a los "3" y a los "5". En términos generales, puede decirse que todos los elementos que se estudian al examinar la letra manuscrita desempeñan un papel en el trazado de las cifras.

Para identificar a quienes han escrito las cifras, sobre todo las que tienen curvas cerradas, tales como "0", "8", "6" y "9", es importante observar el punto de partida y la dirección del rasgo trazado por el elemento escritor. El dígito "8" puede escribirse de muchas maneras; hay quienes empiezan muy arriba, a la derecha, y bajan para formar el óvalo interior en sentido contrario al de las agujas del reloj; otras personas empiezan por arriba, a la izquierda, y desplazan el elemento escritor en la dirección enteramente contraria.

Como las cifras deben escribirse por separado, la manera de enlazar dos o tres guarismos es una característica personal. Existe una relación entre los enlaces de las cifras y la rapidez con que se escribe. Lo más frecuente es enlazar los ceros, pero hay personas que llegan a escribir sin levantar el elemento "20", "50", "80" y, con menos frecuencia, "30". Ello constituye un elemento para la identificación; por otra parte, los enlaces son distintos de una persona a otra.

c) *Variantes.*— La letra de cada persona, cualquiera que sea su forma, presenta variantes. Las cifras no constituyen una excepción a la regla. Pueden considerarse con respecto a este problema dos aspectos: las variantes debidas a una ejecución rápida y a una letra descuidada y las variantes de forma. Ambos aspectos no son enteramente distintos, pero se los puede estudiar por separado.

Las cifras escritas a toda prisa y sin poner ningún cuidado al trazarlas son diferentes de las escritas con atención. Por otra parte, el hecho de escribir sin cuidado puede provocar grandes diferencias de una cifra a otra. Puede hacer que las formas no sean exactas y que los detalles sean diferentes de los que presentan los guarismos trazados con más cuidado. Pero incluso las muestras de letras escritas con cuidado presentan variantes. Si se comparan diversos ejemplos de la misma cifra, se observa que no son absolutamente idénticas. El grado en que difieren de un escrito a otro define el límite de la variación, de tal modo que si se dispone de una serie verdaderamente representativa de muestras testigo de la letra de una persona, cualquier guarismo escrito por ella estará compren-

dido dentro de los límites determinados por las variantes de las muestras.

En cuanto a las variantes de forma, son de dos tipos: la cifra puede presentar formas enteramente distintas u oscilar en torno a una misma forma básica. El primer tipo se encuentra con mucha frecuencia en la letra de determinadas personas. Por ejemplo, en ocasiones, un individuo puede corregir ligeramente su trazo o interrumpir bruscamente el rasgo al final del trazo descendente inicial de un "5", antes de iniciar el trazo hacia la izquierda para formar la curva inferior del guarismo. Se encuentran a veces algunos "5" escritos como una "s" en caracteres de imprenta. Esta última forma es, sin duda, más frecuente en las cifras escritas de prisa, pero hay personas que utilizan indiferentemente ambas grafías. Se pueden encontrar asimismo en otras cifras formas absolutamente distintas. Cuando un guarismo determinado no presenta un trazado único y se encuentran las dos formas en el texto conocido y el manuscrito cuyo autor se ha de identificar, ello representa más de diez formas de cifras y su conjunto facilita la identificación.

d) *Examen de las diez cifras.*— 1. *El uno.* Normalmente el guarismo "1" no comprende sino un solo trazo descendente, ligeramente oblicuo. El trazo puede ser recto, puede parecer encorvado hacia la derecha o hacia la izquierda, puede ser también un trazo ligeramente sinuoso. Algunas personas empiezan el guarismo con un trazo ascendente en diagonal. El rasgo horizontal al pie de la cifra que aparece en los caracteres de imprenta es raro en los textos manuscritos.

2. *El dos.* La cifra "2" tiene dos partes: en la superior, una gran curva; en la base, un trazo horizontal. Esas dos partes pueden estar enlazadas por una presilla, una reanudación del trazo interrumpido, un ángulo muy agudo o un pequeño rasgo vertical que forma un ángulo casi recto en la parte inferior de la cifra. La parte superior puede comenzar por un trazo ascendente curvo, por un rasgo o una presilla decorativos o por una línea recta casi horizontal. El trazo descendente que va en diagonal de la parte superior derecha a la inferior izquierda, presenta, por lo general, la forma de una curva compuesta. Es importante observar su dirección, así como su longitud con respecto al ancho de la cifra. Hay que estudiar el co-

mienzo del rasgo, la forma en que están enlazados sus elementos, la naturaleza de las curvas y la terminación del guarismo. El grado de sencillez o, por el contrario, de complicación, es otro elemento que puede ayudar a la identificación del autor.

3. *El tres.* La cifra "3" tiene dos partes: ambas son arcos de circunferencia o de óvalo enlazadas hacia la mitad del guarismo por una presilla abierta, una reanudación del trazo o un simple recodo abierto. La parte superior del guarismo puede aparecer aplastada y formar un ángulo agudo en el extremo superior derecho. Al comienzo o al final puede haber presillas que constituyan adornos. Es muy importante la relación entre las dimensiones de la parte superior y la inferior; lo mismo puede decirse de la dirección del trazo terminal y del grado de inclinación de la cifra.

4. *El cuatro.* Este dígito puede presentar dos formas principales: la primera tiene una cúspide abierta; la segunda, un triángulo cerrado. Si la parte superior es abierta, puede haber a la izquierda un ángulo casi recto, formado por dos trazos derechos o ligeramente encorvados. A veces esa parte izquierda tiene una especie de presilla o una reanudación parcial del rasgo. El trazo descendente desde la derecha debe, en principio, ser recto y paralelo al de la izquierda, pero ello no es cierto en todos los casos. Su longitud, tanto por encima como por debajo del trazo horizontal, y en que corta a éste pueden ser detalles importantes, al igual que la altura del trazo derecho y del trazo izquierdo. Si se trata de un "4" con un triángulo cerrado, el lado izquierdo es necesariamente un trazo oblicuo, y los ángulos que forma con la horizontal y la vertical pueden ser característicos de la letra de la persona que lo ha escrito. La longitud del trazo horizontal más allá del vertical, así como la del trazo vertical más allá del horizontal, y el ángulo de intersección de ambos, constituyen indicios complementarios.

5. *El cinco.* La cifra "5" está formada, en principio, por dos trazos y tres partes, pero se la puede simplificar haciendo una sola curva continua, análoga a una "S" mayúscula. Comúnmente, el trazo horizontal de la parte superior se inscribe después de haber escrito el resto del guarismo. Su dirección, su grado de rectitud y su longitud son elementos importantes. En principio, el guarismo debe tener dos partes, que comienzan por un rasgo descendente, recto

y oblicuo, enlazado por un recodo que forma un ángulo recto con un arco de círculo (cuya curvatura no siempre es regular). Puede ocurrir que el trazo descendente inicial se aparte de la línea recta y que el ángulo agudo se convierta en un recodo o en una línea curva. La dirección del rasgo final y la adición de una presilla terminal, así como las dimensiones de las tres partes del guarismo, son otros tantos elementos que deben estudiarse.

6. *El seis.* En principio, es un guarismo que está constituido por una curva continua que se desvía al encontrar la línea de base. La persona que escribe sin cuidado tiene tendencia a dejar abierto el óvalo; otras lo cierran, prolongando el rasgo hasta la línea de base o haciéndolo atravesar el trazo descendente. En ocasiones, el trazo descendente inicial es casi recto; en la letra de otras personas, la curva es muy pronunciada. Naturalmente, la relación entre el óvalo inferior y el espacio ocupado por la cifra, constituye otro detalle importante.

7. *El siete.* Se utilizan en el mundo dos variantes de este guarismo, que difieren según la manera de escribir y las costumbres. Los angloamericanos utilizan un "7" que está compuesto por un rasgo horizontal recto que va de izquierda a derecha, seguido por un trazo descendente oblicuo. En Europa occidental y en otras partes del mundo, tales como América del Sur, se añade una barra horizontal que corta el trazo descendente aproximadamente por la mitad; el resultado es un guarismo con una barra, dividido en dos partes. En ambos sistemas el "7" puede empezar con un rasgo horizontal sencillo o con un adorno o una curva que, en muchos casos, forma un ángulo recto con el trazo descendente. Este último puede ser una curva compuesta y el ángulo agudo de la parte superior izquierda puede tener la forma de un recodo muy brusco. La inclinación del trazo y su forma permiten asimismo caracterizar el guarismo. Cuando el "7" tiene una barra, la posición del rasgo transversal, su forma, los adornos que pueda tener y su tamaño en relación con el rasgo superior, son otras tantas características importantes.

8. *El ocho.* Este dígito es el más complejo de todos y puede escribirse de muchas maneras. Comúnmente se traza de una sola vez, pero también es posible hacerlo dibujando dos óvalos enlazados. El punto en que comienzan los óvalos y la forma en que acaban es-

tos, permite, en muchos casos, identificar al autor del escrito. Cuando se trata de un "8" sencillo, trazado de una sola vez, deben estudiarse una serie de elementos. ¿Dónde empieza la cifra y qué forma tiene la parte inicial del trazo? ¿Qué relación hay entre el tamaño del óvalo superior y el del inferior? ¿Qué forma tiene el rasgo final? ¿El guarismo está cerrado o ligeramente abierto? ¿Qué dirección presenta el trazado? ¿En el sentido de las agujas de un reloj o en el inverso? Si la cifra se ha conformado por dos óvalos, ¿presentan éstos la misma forma y las mismas dimensiones? ¿De qué modo se cortan? ¿Están abiertos o cerrados de la misma manera?

9. *El nueve.* La cifra "9" se compone de un óvalo cerrado seguido de un rasgo descendente, ligeramente oblicuo. La forma en que el óvalo está enlazado con el trazo descendente —formando un ángulo muy marcado, una especie de presilla o una reanudación de un trazo interrumpido— contribuye a la identificación de la persona que lo ha escrito. En ocasiones, ésta interrumpe el trazado entre el óvalo y la pata de la cifra. El trazo descendente puede ser recto o curvo. La longitud del trazo por debajo de la línea de base puede tener cierta importancia. También contribuye a caracterizar la letra las dimensiones del óvalo superior, su comienzo y su terminación.

10. *El cero.* El cero está constituido por un simple óvalo y se parece a la letra "O". Hay personas que dejan el guarismo abierto en la parte superior; otras lo cierran superponiendo dos rasgos; otras trazan una especie de elipse o le dan inclinaciones diferentes. En la práctica, el "0", al igual que el "1", es —relativamente— demasiado sencillo para poder aportar datos interesantes en todos los casos.

e) *Observaciones especiales.*— Las cifras escritas en impresos o formularios que tienen líneas marcadas (talones de cheques, formularios de contabilidad, etc.) plantean numerosos problemas. Cada persona tiene una manera diferente de alinear las cifras en esos formularios; ese dato constituye un factor suplementario para la identificación. Se ha observado el caso de dos personas que escribían las cifras de modo muy análogo, pero que las alineaban de modo tan diferente en un formulario impreso, que resultaba posible distinguirlas.

f) *Letra disimulada.*— Cuando un documento controvertido no contiene sino cifras, es muy raro que quien lo ha escrito haya tratado de desfigurar su letra. Naturalmente, se encuentran cifras desfiguradas al mismo tiempo que otros elementos de un escrito, sobre todo en las cartas anónimas y en algunos cheques falsos. Como los guarismos se trazan por separado, son más fáciles de enmascarar que las letras, que forman parte de un conjunto enlazado. Cuando no se dispone sino de algunos guarismos, no siempre resulta posible descubrir el enmascaramiento. En principio se observan sin dificultad las formas torpes y las rebuscadas, pero un disimulo hábilmente efectuado puede ser difícil de descubrir. Por otra parte, puede resultar muy difícil identificar al autor de un escrito si no se dispone de un pequeño número de guarismos escritos por él. Es mucho más factible la identificación cuando se dispone de una cantidad de ellos y se pueden utilizar buenas muestras para proceder a la comparación. En la práctica hay que tener mucho cuidado para no confundir las diferencias fundamentales con las que son resultado de un intento de *enmascarar* la letra.

g) *Conclusiones.*— Para identificar a la persona que ha escrito unas cifras es esencial descubrir y aislar los elementos característicos y peculiares de la letra del autor. La posibilidad de identificarla está en función de una combinación única de factores personales, entre los que figuran la calidad de la escritura, los elementos de la forma y el estudio de las variantes normales. Bajo la denominación *calidad de la letra* quedan comprendidos todos los elementos que se toman en cuenta para individualizar al autor de un escrito: soltura, velocidad, legibilidad, ligereza o vigor de los rasgos, dirección o movimiento del elemento escritor y forma de enlazar las cifras cuando existe tal enlace. La existencia de cortes de trazos, de levantamiento del elemento escritor, de presillas o de ángulos, constituyen otros tantos factores importantes, al igual que los rasgos iniciales o terminales, o el hecho de no cerrar los óvalos, o la manera de terminar éstos.

Para analizar la forma hay que estudiar el trazado de los detalles, los adornos, las simplificaciones, las dimensiones y la inclinación de las diferentes partes con respecto al conjunto, así como la influencia del sistema caligráfico utilizado.

Por último, la identificación implica el estudio de las variantes que pueden encontrarse en las diferentes cifras trazadas por la mano de la misma persona. Hay que estudiar las formas variables que son resultado de la prisa, de un relajamiento de la tensión, de un cambio de posición, etc. Las cifras presentan las mismas variaciones que las demás formas de la letra.

Pero la existencia de algunos puntos de semejanza no es suficiente para identificar al individuo que ha escrito las cifras. Ni siquiera una forma poco frecuente permite tal identificación. Antes de formular conclusiones hay que estudiar todos los factores que intervienen en el problema, a fin de poder aislar los elementos análogos o muy distintos. Cuando se encuentran diferencias muy importantes el resultado de la pericia será que los dos documentos no se deben al mismo autor; pero si todos los factores concuerdan, hay que concluir —pero sólo en tal caso— que los documentos de que se trata han sido escritos por la misma persona.

18. *PERITAJES SOBRE ESCRITURAS EN COPIA CARBÓNICA*

Cuando una escritura, tanto manuscrita como mecanográfica, se reproduce una o más veces por medio de carbónico, existen algunas deformaciones que deben analizarse con sumo cuidado y con conocimiento pleno de esas circunstancias. No se trata de medir, pues las medidas se distorsionan en la reproducción, sino de interpretar cuáles son los elementos que aun en copia carbónica se reproducen con una fidelidad tal que permiten una correcta observación y valoración.

En realidad no existe ninguna razón legal que se oponga a la posibilidad de determinar mediante el estudio técnico correspondiente, el origen de escrituras de este tipo, ni sus condiciones de reproducción, en muchos casos.

Lo que obviamente existe es una razón de prudencia técnica que obliga al perito a dejar expresadas reservas ante la presentación del escrito original. Lo expresado tiene por fundamento el hecho de que en una copia carbónica es difícil, y generalmente imposible, por ejemplo en manuscritos y firmas, analizar diversos elementos del proceso gráfico, analizar las características del elemento escritor, la diferencia de grosor en los trazos, las presiones ejercidas, la velocidad, la espontaneidad, etcétera.

No debemos olvidar que en copias carbónicas pueden ocultarse convenientemente anormalidades tales como: retoques muy leves y levantamientos del elemento escritor, que sí pueden detectarse en el original. Es totalmente imposible, asimismo, llegar a establecer tiempos relativos de ejecución sobre la base de entrecruzamientos de trazos originados por elementos escritores o de éstos con escritos mecanográficos.

Como conclusión, diremos que jamás sería prudente, desde el punto de vista técnico-pericial, enunciar en forma categórica que una escritura hecha en carbónico es auténtica o falsa.

En todos los casos es aconsejable agotar las posibilidades de encontrar el original y, de no ser posible, la realización de la pericia correspondiente contendrá una formulación de reservas como la mencionada. Se podrán aclarar situaciones y aun formular opiniones, pero las mismas estarán sujetas a modificaciones ante el examen del original pertinente, lo cual implica que las observaciones sobre material producto de copias carbónicas estarán referidas más al aspecto formativo o externo de la escritura que a los que son personales o de fondo.

No debe dejarse de considerar que en una copia al carbónico puede ocultarse un calco sobre escritos auténticos, maniobra que puede ser demostrada con el original y pasar desapercibida en la reproducción.

CAPÍTULO IX

BALÍSTICA

1. *CONCEPTO*

El término *balística* proviene del latín *ballista*, especie de catapultas, del griego *bállein* (arrojar), siglo XVII, arte de lanzar proyectiles. Ha sido definida como la ciencia que estudia el alcance y la dirección de los proyectiles, o del movimiento de ellos.

Obviamente estamos en presencia de una rama de la física aplicada, que se ocupa del movimiento de los proyectiles en general. Conforme el espíritu del contenido del presente libro, de más está decir que los conceptos que se irán vertiendo estarán referidos a proyectiles procedentes de armas de fuego, aire o gas comprimido, o de acción neumática, ya que la acepción de la palabra balística tácitamente incluye cualquier otro elemento o cuerpo que pueda ser lanzado al aire o que caiga libremente por acción de la gravedad (flechas, piedras arrojadas manualmente o con honda, etcétera).

Su estudio comienza con el proyectil (bala) en reposo dentro del arma, su movimiento dentro del cañón, salida al exterior y consiguiente recorrido por el aire, su impacto y los efectos de esta acción de incidencia en el blanco, hasta llegar nuevamente al estado de reposo del mencionado proyectil. Requiere, por lo tanto, cierto nivel de conocimiento de otras ciencias, tales como matemáticas, química, física y ramas de ésta.

De todo lo expresado se deduce que en balística hay tres partes fundamentales, reiteradamente señaladas en diferentes textos específicos: una primera, llamada *balística interior*, que se ocupa del movimiento del proyectil dentro del arma y de todos los fenómenos que acontecen para que este movimiento se produzca y le lleve hasta su total salida por la boca de fuego; una segunda llamada *balística exterior*, claramente definida por su propio nombre, afectada principalmente por los rozamientos del proyectil con el aire y la acción de la fuerza de la gravedad sobre éste, y una tercera, llamada *balística de efecto*, cuyo nombre también es bastante significativo, a la que compete el estudio de la penetración, poder de detención, incendiario, etcétera.

2. **BALÍSTICA INTERIOR**

Un arma de fuego, sobre todo las semiautomáticas y automáticas, es una máquina o artificio térmico, tal como lo es un motor de combustión interna, una caldera, etc. Todas ellas se caracterizan por el hecho de que, a partir de la liberación de la energía concentrada, por la naturaleza o por medios artificiales, debidamente encauzada, es transformada en otra forma de energía capaz de realizar un trabajo.

Definiciones:

Energía: Es la capacidad de producir trabajo que posee un cuerpo o sistema de cuerpos.

Trabajo: Es una magnitud escalar que proviene del producto de la intensidad de la fuerza aplicada sobre un cuerpo y la distancia o camino recorrido por éste en la dirección de la fuerza.

En todos los casos la transformación de una energía en otra es realizada con desprendimiento de calor, de allí lo que dijéramos de máquinas térmicas. Circunscribiéndonos a lo específico, podríamos definir nuevamente un arma de fuego como un artificio mecánico, en el cual el calor liberado por la combustión de un propulsante es

transformado en energía cinética útil de un proyectil, siendo su función la de propulsar proyectiles hacia blancos específicos para producir efectos previstos.

El rendimiento de los artificios térmicos es bajo; la relación entre la energía potencial disponible y la realmente recuperada nos suministra, en forma de porcentaje, cifras realmente bajas.

Existen pérdidas debidas a la movilización de piezas, fricción entre las partes móviles, disipación térmica, etc., a las que no escapan, dentro de los principios de la termodinámica, las armas de fuego. Lo interesante es comprobar en qué otra forma se convierte esta energía que poseemos inicialmente.

Con el objeto de formarnos una idea de ello, se vierten a continuación valores porcentuales de la distribución de la energía de la combustión de la carga propulsora de un arma. Lógicamente, estas cifras variarán para cada arma, pero son útiles como idea general.

Energía consumida en impulsar el proyectil:	25-35%.
Energía consumida en forzar al proyectil para que gire alrededor de su eje:	0,2%.
Energía consumida en vencer el frotamiento del proyectil contra las paredes del tubo:	3,0%.
Energía consumida en forzar la expulsión de los gases a lo largo del tubo:	3,0%.
Energía consumida en el estampido de boca:	20-40%.
Calor producido en la recámara con calentamiento del arma y vaina:	20-30%.
Energía consumida por el sistema recuperador:	0,1%.

Por lo que puede observarse, el aprovechamiento de la energía potencial disponible para su utilización en su función específica, es del orden del 25-35%, lo que si bien es bajo, significa un buen rendimiento a la luz del de otros artificios. (Por ejemplo, la eficiencia energética real del motor convencional de automóvil está en valores comprendidos en el orden del 10 al 20%.)

La llamada *balística interior* comienza en el momento en que el iniciador es activado (por percusión, electricidad, chispa, etc.) para comenzar la combustión de la carga de propulsión, hasta que el proyectil traspasa la boca del arma.

A esta altura el proyectil debe haber adquirido la velocidad y el ángulo de inclinación o de partida correctos como para asegurar

que su trayectoria lo llevará hasta el blanco elegido. En el caso de las escopetas, la masa de los perdigones o postas en su trayectoria dentro del tubo se comporta, para la balística interior, como un solo proyectil sólido.

Sintetizando podemos decir que esta parte de la balística estudia los distintos fenómenos físicos que se producen en el interior del arma al efectuarse el disparo, tales como: ignición de la mezcla fulminante; combustión de la pólvora de propulsión; presión producida por la combustión de la carga de pólvora de propulsión; entallado del proyectil en el rayado del arma; velocidad del proyectil en el interior del tubo; giro del proyectil alrededor de su eje, impuesto por el rayado; resistencia de cada una de las partes constitutivas del arma; elevación de la boca del arma a la salida del proyectil; erosión del tubo por efecto de los gases de combustión; desgaste del tubo por efecto del rozamiento del proyectil; retroceso del arma, y vibración del arma.

Evidentemente, nos hemos referido a todos los fenómenos vinculados con el impulso que recibe el proyectil y que lo hacen mover hacia adelante. Éste obtiene toda su energía de propulsión dentro del arma, durante la muy pequeña fracción de segundos en que recorre el ánima, hasta trasponer la boca, y es aquí donde obtiene su velocidad máxima.

A esta altura cabe hacer una diferenciación entre los proyectiles de vuelo libre que estamos estudiando y los autopropulsados. Estos últimos llevan su carga de propulsión en su propio cuerpo; consecuentemente, su comportamiento en vuelo se asemeja al de las máquinas que se pretendió mencionar anteriormente. Su balística interior es diferente y también lo es la exterior, hasta el momento en que consumen su carga de proyección. En este punto adquieren su máxima velocidad, y a partir de aquí mantienen constante su forma y peso y se los trata como proyectiles de vuelo libre, sujetos sólo a las acciones de la fuerza de la gravedad y de la resistencia que el aire ejerce a su avance.

Circunscribiéndonos específicamente a lo que ocurre en las armas livianas (fusiles, carabinas, pistolas, revólveres, etc.), nos referiremos a los sucesos que tienen lugar desde el instante en que el percutor del arma es liberado hasta que el proyectil abandona la boca del arma.

En estos acontecimientos, la característica más importante es su extrema rapidez. Dicho período suele ser no mayor de una cen-

tésima de segundo (0,01 s) y puede ser considerablemente menor. Para su mejor interpretación este período puede dividirse en tres más pequeños: a) accionamiento del disparador y percusión; b) ignición, y c) recorrido del proyectil en el ánima.

a) *Accionamiento del disparador y percusión.*— Cuando el disparador (cola del disparador) es accionado por el dedo del tirador, es decir cuando lo oprime, se libera el percutor o martillo, según el caso. El percutor, actuando bajo la acción de su resorte que se encontraba comprimido, se desplaza velozmente hacia adelante y hunde su punta en la cápsula fulminante (en la munición de fuego central) o en el borde del culote de la vaina (en las de fuego anular). Para generalizar lo denominaremos *iniciador*.

De tal manera, la mezcla fulminante es comprimida y, por este efecto, se produce su explosión.

El tiempo que transcurre desde el momento que se libera el percutor hasta que éste golpea al iniciador, depende del largo del recorrido del percutor, de su peso y el de otras partes móviles y de la fuerza de compresión del resorte. En fusiles de combate este tiempo es del orden de 0,005 segundos, en tanto que en carabinas deportivas de pequeño calibre puede llegar a 0,002 segundos.

Este tiempo es muy importante, especialmente para tiradores de polígono. Teóricamente, el tirador presiona la cola del disparador cuando cree que su puntería es correcta, pero es posible que durante este período el fusil se mueva y la puntería se altere. Por lo tanto, cuanto menor sea este período, más ventajoso será para el tirador.

Desde el punto de la balística interior, la energía con que el percutor golpee al iniciador es más importante que su velocidad. Por supuesto, la energía también depende de la velocidad y el peso de las partes móviles. Si la energía no es lo suficientemente potente, la mezcla fulminante no será correctamente comprimida y puede ocurrir una ignición deficiente, un retardo de ignición o que no se produzca ésta.

Una ignición deficiente, tendiendo hacia un retardo, producirá una combustión incompleta de la carga de propulsión, consecuentemente una reducción de la velocidad inicial que puede llegar al orden de los 30 m/s y, como consecuencia, a un tiro impreciso.

Si la energía es demasiado grande, la cápsula fulminante puede ser perforada, con los peligros consecuentes para el tirador más

el escape de gases de propulsión que producen una disminución de la presión que debe mover el proyectil con el mismo resultado anterior: disminución de la velocidad inicial. Es por ello que diferentes tipos de iniciadores y distintas fabricaciones de los mismos requieren distintas energías del golpe del percutor para producir una ignición ideal.

b) *Ignición*.— Cuando la mezcla fulminante es comprimida, explota produciendo la ignición de la pólvora de propulsión. Si la ignición es normal, el tiempo que demanda este acontecimiento es extremadamente corto, del orden de 0,0002 segundos. Ésta es la fase más importante de la balística interior.

Tanto la eficiencia como el tiempo de ignición dependen del volumen y del calor generado por la llama producida por la explosión de la mezcla fulminante. Para que esta llama cumpla con su cometido, deben ser correctos la clase, el tipo y la granulometría de la composición de la mezcla que produce la ignición, lo mismo que su volumen, el tamaño y forma de la cámara que la aloja, como también los diámetros de los oídos o del agujero único que posee la vaina y por donde pasa esta llama a la cámara en la que se aloja la carga de propulsión.

Esta llama debe tener tal volumen y potencia que pueda entrometerse en todos los espacios que ocupan los granos de la pólvora, con el objeto de llenar casi la totalidad de la capacidad de la recámara contenida dentro de la vaina y propagar simultáneamente su fuego a todos los granos que forman la carga propulsora.

Ello significa que la llama no debe quemar solamente los granos próximos a los orificios por donde ella emerge y de allí propagarse al resto, sino a toda la carga simultáneamente. La pólvora negra inicia su combustión muy rápidamente y se necesita para ello un iniciador relativamente débil, pero las pólvoras sin humo son mucho más difíciles de iniciar.

Las pólvoras de grano muy fino y las pólvoras a la nitrocelulosa inician fácilmente y requieren iniciadores menos potentes que las pólvoras de grano grueso o a la nitrocelulosa.

Un cartucho que posee una recámara muy larga requiere un iniciador potente. Un iniciador diseñado para un cartucho de pistola suministrará una ignición pobre y sus resultados serán también pobres en un cartucho de fusil. Por otra parte, iniciadores potentes

en pequeños cartuchos suministrarán presiones altas y erráticas, y la precisión de los disparos será exigua.

Cuando la mezcla fulminante es comprimida suavemente por el percutor, se produce lo que se denomina detonación, en vez de explosión. Es un fenómeno sumamente interesante: los pequeños trozos de pólvora que pesan centésimas de gramo se transforman en 0,00001 segundos de sólidos, a temperatura ambiente, a una masa de gases blancos generando presiones internas del orden de los 700 kg/cm². Pero debido a que el resto de la masa de granos todavía no se quemó y las paredes de la vaina y recámara también están frías, la presión total en la recámara es muy baja y no alcanza más de unos 140 kg/cm².

Cuando la ignición es correcta, la recámara se llena casi instantáneamente de gases calientes generados por la combustión de la carga de proyección,

c) *Recorrido del proyectil en el ánima.*— La descripción general y básica de lo que ocurre en el interior del arma, en el momento del disparo, que es competencia de la balística interior, puede sintetizarse de la siguiente manera:

$$a = pA + f/m$$

En esta fórmula, "a" es la aceleración; "p" la presión; "A" la superficie de la sección vertical del ánima del cañón; "f" la fuerza de resistencia, y "m" la masa del proyectil.

La presión "p" en la base del proyectil es la variable principal en esta ecuación. Una vez conocida, puede derivarse la aceleración.

Por otra parte y a los fines ilustrativos, mencionaremos la forma básica y simplificada de la ecuación de Abel para la balística interior:

$$p = f (D/I - aD)$$

En ella "p" es la presión desarrollada; "D" la densidad de la carga de pólvora, obtenida del peso de la pólvora, dividida por el volumen de la cámara; "a" el volumen de gas a temperatura absoluta = cero; "f" el valor de RT_c para la pólvora particular en uso ("R" es la constante de los gases; T_c es la temperatura de combustión); " RT_c " es constante para una pólvora dada y diferente para cada pólvora.

La velocidad de un proyectil, dentro de ciertos límites, depende de la longitud del cañón del arma. Para una combinación de pólvora y balas dadas, existe una relación entre velocidad y longitud del cañón, que es aproximada y está indicada de la siguiente manera:

La velocidad inicial guarda una interrelación aproximada con la raíz cuarta de la longitud del cañón.

En relación con las estrías del cañón podemos decir que tienen como única misión dotar al proyectil de un giro sobre su propio eje, produciendo un efecto giroscópico que lo estabiliza durante su trayectoria. En las armas largas el número de estrías modernamente suele ser de cuatro y en las cortas de seis, y la forma con las aristas vivas o romas. El paso de hélice está calculado dependiendo de la longitud del cañón y velocidad inicial del proyectil.

En las armas cortas, al ser mucho menor la longitud del cañón, el paso de hélice de las estrías es mayor. Han existido muchos tipos de rayado de cañones y el número de estrías ha variado desde dos al llamado polirranura, con varias decenas de ellas.

Las armas de aire comprimido o de acción neumática también poseen sus pequeñas estrías, aunque en los primeros modelos los cañones eran lisos.

3. *BALÍSTICA EXTERIOR*

La velocidad de un proyectil, tanto la inicial como la remanente, es una de las cualidades más importantes del binomio arma-cartucho, entendiéndose por velocidad inicial (V_0) la que el proyectil lleva en el momento de salir por el cañón; ésta se mide en el número de metros que el mismo recorrería en un segundo si conservase dicha velocidad. Remanente es la que tiene en cualquier punto de su recorrido.

La *balística exterior o externa* se inicia en el momento que el proyectil abandona la boca del arma rotando sobre su eje para una mayor estabilización y consiguiente precisión, generalmente por encima de las cien mil revoluciones por minuto. La velocidad de rotación del proyectil se obtiene dividiendo la velocidad inicial en metros, por el paso de hélice también en metros y multiplicando luego el resultado por 60, para obtener las revoluciones por minuto

(r.p.m.). Por ejemplo, el proyectil 7 mm del fusil *Mausser*, modelo 1893, rotaba a 180.000 r.p.m.

Justo ahora el proyectil inicia su trayectoria, que si estuviera únicamente sometida a la fuerza de proyección de la pólvora, sería recta, o sea, seguiría constantemente la dirección del eje del cañón y recorrería distancias iguales en tiempos iguales.

Pero tan pronto como dicho elemento abandona el cañón se encuentra sometido a las fuerzas de resistencia del aire y de atracción de la gravedad.

La resistencia del aire le hace perder constantemente parte de su velocidad, reduciendo su alcance, de modo que en tiempos iguales recorre cada vez distancias más pequeñas. La fuerza de gravedad, por su parte, solicita al proyectil hacia el suelo. Esta última fuerza actúa de modo que el descenso del elemento hacia el suelo es más rápido a cada momento, siguiendo la ley de la caída libre de los cuerpos ($V_f = V_o + g t$), donde V_f es la velocidad final.

La combinación de estas tres fuerzas da lugar a que la trayectoria en el aire no sea recta ni circular, sino una curva parabólica. Como la acción de cada una de las tres fuerzas citadas es independiente de las otras dos, se entiende claramente que cuanto mayor sea la fuerza de proyección que adquiera y conserve el proyectil, más distancia habrá recorrido antes de caer al suelo; por tanto, la velocidad favorece el alcance.

Otro factor que ayuda al alcance, hasta ciertos límites, es la inclinación del arma —45 grados es el ángulo óptimo—, puesto que a mayor ángulo mayor será la altura a la que se envíe el proyectil y, por tanto, más tiempo tardará en llegar al suelo, tiempo en el que, evidentemente, no está dejando de avanzar. Matemáticamente, la fórmula $X = V^2 \sin \alpha / g$ nos confirma la totalidad de lo dicho, en donde X = distancia recorrida por el proyectil; α = su ángulo de proyección, y V = las pérdidas de velocidad por rozamientos con el aire.

Ya tenemos el proyectil volando a la máxima velocidad inicial posible gracias a los fenómenos ocurridos en tiempo de balística interior; ahora tenemos que procurar que esta velocidad alcanzada se mantenga el mayor tiempo posible. Ello se consigue mediante la aplicación del conocimiento de dos conceptos muy relacionados entre sí, que son: *densidad seccional* y *coeficiente balístico*. Veamos en qué consisten.

a) *Densidad seccional*.— Si consideramos dos proyectiles cilíndricos del mismo diámetro y longitud, uno hecho enteramente de madera y el otro de plomo, y los disparamos a la misma velocidad, no nos cabe la menor duda de que el de plomo iría mucho más lejos e impactaría más fuerte que el de madera. Pues bien, puesto que sus dimensiones son iguales, sus velocidades iniciales también y la resistencia del aire es común a ambos, tenemos que lo único que los hace comportar de forma diferente es la densidad del material con que están hechos. Diremos, pues, que el proyectil de plomo tiene mayor densidad seccional que el de madera.

Sabemos que la densidad del plomo (cociente entre la masa y el volumen del material) es muy superior a la de la madera (11,4 y 0,7, respectivamente), lo cual explica en parte lo dicho; pero, ¿qué ocurre cuando tomamos dos proyectiles cilíndricos del mismo diámetro y ambos de plomo, con la única diferencia de que uno es más largo que el otro, digamos el doble, por ejemplo? Si los disparásemos a la misma velocidad, tampoco nos cabe duda de que el más largo iría más lejos y golpearía más fuerte que el corto.

La razón única es que el más largo tiene mayor densidad seccional que el corto, y esta mayor densidad seccional nos viene a decir que proyectiles de la misma forma pero con más peso en relación con su diámetro, retienen mejor y por más tiempo su velocidad y su energía.

Puede darse el caso de que proyectiles de distintos diámetros y longitudes tengan la misma densidad seccional, y esto, así como todo lo anterior, viene expresado por la fórmula matemática $Ds = P/d^2$, en donde se nos dice que la densidad seccional de un proyectil es directamente proporcional a su peso e inversamente proporcional al cuadrado de su diámetro. En esta relación y en nuestro sistema, el peso viene expresado en kg (kilogramos) y el diámetro en metros; los anglosajones, para esta misma fórmula, como unidad de peso emplean la libra y de longitud la pulgada, obteniéndose en cualquier caso una cifra de tres dígitos que, cuanto mayor sea, indicará mayor densidad seccional en el proyectil en estudio.

b) *Coficiente balístico*.— Sin necesidad de recurrir a ningún ejemplo práctico, comprendemos perfectamente que cualquier cuer-

po que se desplaza dentro de un fluido (y el aire lo es) avanzará más o menos rápidamente, o lo que es lo mismo, será más o menos frenado por dicho fluido, dependiendo ello de la velocidad y de la forma dada al cuerpo en movimiento.

Parece claro, pues, que entre un proyectil de igual diámetro y peso que otro (misma densidad seccional), pero con distinta forma en su punta, uno chata y el otro ojival, será el de la punta ojival el que tenga, a igualdad de velocidad inicial, mayor alcance y penetración.

El mayor alcance es debido a una mayor facilidad de penetración en el aire. Pues bien, la forma dada al proyectil, unida a su densidad seccional, es lo que se llama *coeficiente balístico*, y está también definido por una cifra de tres dígitos que, al aumentar, aumenta dicho coeficiente y, por tanto, menor es la pérdida de velocidad del proyectil, lo que viene a significar, entre otras ventajas, una trayectoria más plana, una menor desviación por causa de la acción de vientos laterales, un llegar antes al blanco y una mayor energía retenida para ser usada y aprovechada en el momento del impacto.

El coeficiente balístico de un cuerpo está expresado por la igualdad $C_b = P/d^2K$, donde se ve que es la misma fórmula que la de la densidad seccional afectada por un factor de forma (K) que penaliza a los proyectiles de punta chata o roma y favorece a los puntiguados.

c) *Estampido de boca y de proyectil.*— Cuando se dispara un arma de fuego, ya sea automática o no, se distinguen dos clases de detonaciones:

—el estampido de boca, originado por la expulsión violenta de los gases detrás del proyectil;

—el estampido de proyectil, producido por el espesamiento del aire, llamado *onda de cabeza*, que se forma delante de éste durante su recorrido, cuando su velocidad es superior a la del sonido, problema éste que no se soluciona con el uso de los llamados *silenciadores*.

En combate se demostró que al recibir fuego enemigo, se oye primeramente el estampido de boca, generalmente seco, y luego el estampido de proyectil, generalmente sordo. El intervalo que existe entre uno y otro es tanto mayor cuanto más próximo se esté en la dirección del tiro.

En el espacio detrás del arma, abarcando aproximadamente un ángulo de 45 grados a la derecha e izquierda del plano de tiro, se percibe una sola detonación, constituida por la suma de ambos estampidos (de boca y de proyectil); por ello el tirador oye uno solo.

El estampido de proyectil puede inducir a cometer errores en la apreciación de la distancia y, en especial, de la dirección desde donde se tira; esta última sólo puede ser apreciada por el estampido de boca.

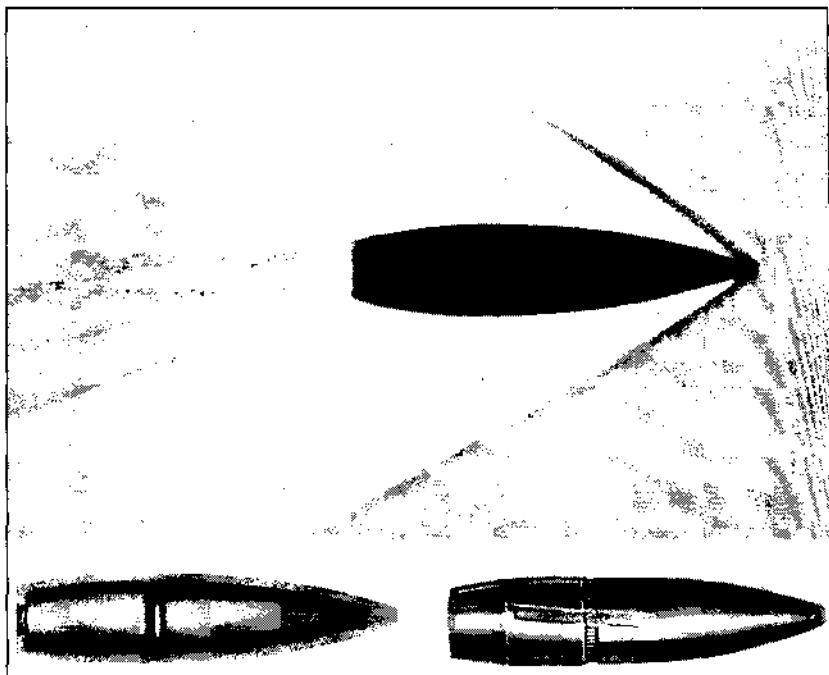


Figura 61

Proyectil en vuelo, calibre .30-06, de 11,66 gramos, donde pueden apreciarse las ondas de aire y la resistencia al avance reducida por el diseño "cola de bote". Izquierda: corte transversal longitudinal del mismo proyectil. Derecha: el elemento luego de pasar a través del ánima rayada del arma que lo disparara.

d) *Influencias atmosféricas.*— Se entienden por tales las influencias que sobre el proyectil ejercen el peso del aire y el viento. El peso del aire depende de la presión atmosférica, de la temperatura y del coeficiente de humedad; es tanto menor cuanto más alta sea la ubicación del lugar y cuanto mayor sea la temperatura.

En general, las graduaciones de las alzas (en armas de muy buena calidad) están referidas a un peso medio del aire de $1,206 \text{ kg/m}^3$, correspondiente a la altura del nivel del mar, a una presión atmosférica de 750 mm de mercurio, a una temperatura de 15 grados centígrados y a un coeficiente de humedad del 50%, sin viento y a velocidades iniciales medias del proyectil.

Sólo en estas condiciones se obtendrá un disparo *de alza* (cuando el punto apuntado coincide con la línea de puntería); un menor peso del aire aumenta el alcance del tiro y un peso mayor lo disminuye. Grandes variaciones de temperatura pueden influenciar considerablemente el alcance; por ejemplo: un cambio de temperatura del aire de 10 grados a una distancia de 1000 metros desplaza el punto de impacto medio aproximadamente un metro en sentido vertical.

La influencia del cambio de presión atmosférica se nota recién con grandes diferencias de altura, al igual que la incidencia del coeficiente de humedad, que se supone para todos los casos del 50% por ser también despreciables los efectos de sus variaciones.

El viento de frente disminuye el alcance del tiro, mientras que el de atrás lo aumenta. A 1000 metros de distancia, un viento a velocidad media (4 m por segundo) que sople de costado, origina un desplazamiento lateral del proyectil de 2 a 3 metros, desplazamiento éste que aumenta o disminuye proporcionalmente a la velocidad del viento.

e) *Influencia de la luz del sol.*— Aunque parezca un detalle de poca importancia, no lo es cuando se trata de lograr un disparo de precisión, porque un guión muy iluminado desde arriba, debido al reflejo de la luz, parece más grande de lo que realmente es, por eso involuntariamente no se toma la cantidad necesaria de guión y, en consecuencia, el tiro es bajo y corto. Por el contrario, en tiempo nublado, o dentro de un bosque, con poca luz, fácilmente se to-

ma una cantidad excesiva de guión, lo cual produce un tiro largo o alto.

Si un costado del guión recibe más luz que el otro, el más iluminado parece más grande, ello induce al tirador a colocar en la ranura del alza no la cúspide del guión, sino la parte más iluminada de éste, lo que origina una desviación del tiro hacia el lado oscuro.

f) *Rendimiento de tiro.*— El rendimiento de tiro de un arma, ya sea militar o de uso deportivo, y el rendimiento de su munición, dependen de los siguientes factores:

- la forma de la trayectoria (tendido);
- la dispersión;
- el efecto del proyectil.

El tendido de la trayectoria, en el tiro contra blancos visibles, es de importancia trascendental, pues aumenta la zona batida, entendiéndose por ésta, el espacio situado delante y detrás del blanco donde caen los proyectiles.

Cuanto mayor sea el tendido, tanto más se compensan las consecuencias de los errores inevitables en la apreciación de distancia y de las influencias atmosféricas.

Efectuando con un arma cierta cantidad de disparos, bajo condiciones lo más constantes posibles, los proyectiles no hacen impacto en un mismo punto, sino que se distribuyen sobre una superficie de dimensiones variables; esto se llama dispersión y sus causas son debidas a: vibraciones del cañón, variaciones en las influencias atmosféricas, pequeñas diferencias en el peso y forma de los proyectiles, y en la carga y combustión de la pólvora.

La dispersión natural de un arma es siempre aumentada por los errores del tirador al apuntar y al ejecutar el disparo. Si interceptáramos la dispersión con un plano vertical, veríamos que, en general, tiene una mayor extensión en altura que en ancho, con lo cual podemos concluir que la dispersión vertical es mayor que la lateral.

Si por la agrupación de impactos recogidos en un plano (blanco) trazamos una línea horizontal y otra vertical, tratando de que en cada cuadrante se encuentre igual número de impactos, el punto de intersección de las dos líneas constituye el punto de impacto medio que, teóricamente, debería coincidir con la línea de alza o el punto apuntado. Ello en la realidad nunca ocurre.

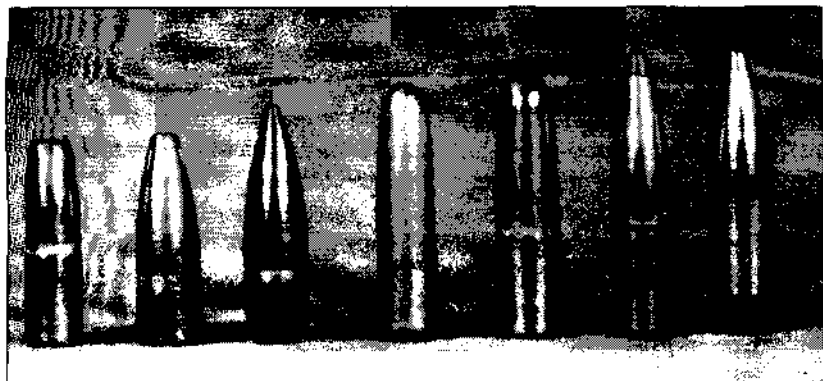


Figura 62

Proyectiles encamisados con coeficiente balístico creciente.

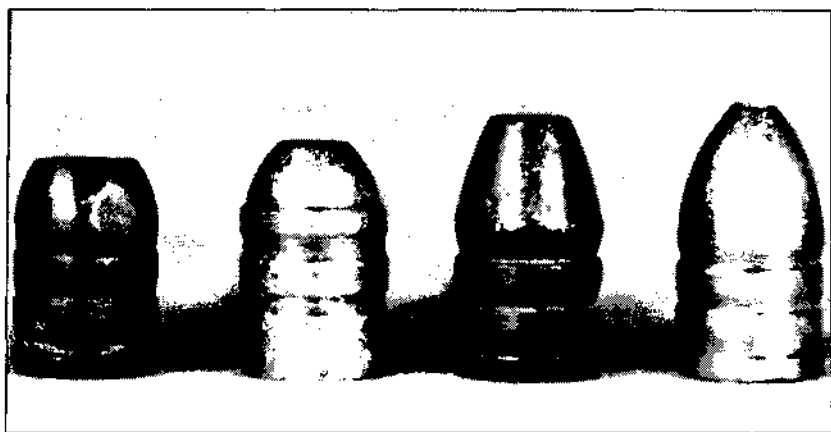


Figura 63

Proyectiles "minié" en calibre .38 con densidad seccional y coeficiente balístico creciente, de izquierda a derecha.

g) *Trayectoria del proyectil en el vacío y en el aire.*— El estudio de la trayectoria real que sigue un proyectil es un problema complejo, dado que como ya se ha dicho, son muchas las fuerzas que influyen en forma conjunta sobre el mismo en su recorrido.

Entre los factores mencionados, se encuentran la gravedad, la resistencia del aire, el viento, el movimiento del arma desde la cual es disparado el elemento y el giro de éste impartido por las estrías del cañón.

Con el propósito de arribar a alguna de las ideas generales concernientes a la trayectoria, es necesario despreciar todos los factores indicados precedentemente, excepto la fuerza de gravedad. Así es posible demostrar el recorrido bajo condiciones ideales. La trayectoria que resulta de este procedimiento es conocida como *trayectoria en vacío* (camino recorrido por el proyectil si fuese disparado en un vacío real).

La forma de este recorrido es parabólica. En general, el alcance de un proyectil se incrementa a medida que el ángulo del arma con la horizontal (elevación) crece hasta un cierto valor máximo. Si el ángulo que el arma forma con el horizonte supera este punto, que podríamos llamar ángulo "d", el alcance del proyectil decrecerá. La altitud máxima que alcanzará el proyectil por sobre la horizontal, se incrementará a medida que el ángulo de disparo sea mayor hasta que el arma esté apuntada directamente hacia arriba. Cuando el cañón del arma forme un ángulo de 90 grados con respecto a la horizontal, obtendremos la altitud máxima que puede alcanzar el elemento. Esta información carece de valor práctico, salvo que esté referida al tiro de artillería de largo alcance o al disparo antiaéreo. A fin de asegurar el máximo alcance, la trayectoria tendría que acusar un ángulo de partida de 45 grados respecto de la horizontal. En el vacío, si el proyectil parte con este valor, caerá formando otro ángulo de igual valor.

El estudio del recorrido de un proyectil en el vacío revela un número interesante de hechos: el alcance puede incrementarse en proporción a la energía del proyectil a la salida de la boca del cañón. Tales incrementos, desde un punto de vista práctico, son reducidos por cuanto las balas reales se disparan en la atmósfera y están sujetas a la resistencia del aire. A medida que aumenta la velocidad, la resistencia que ofrece el aire también lo hace, y de tal manera que

a velocidades de 900 metros por segundo o más, la distancia sólo se incrementa en pequeñas cantidades si se aumenta la energía en la boca del cañón.

Como se indicara, en orden a alcanzar algunos conceptos generalizados sobre la trayectoria de un proyectil, era necesario despreciar un número de factores, entre los cuales se encuentra la resistencia del aire. Sin embargo, en la balística práctica los efectos de aquélla no pueden ser despreciados; este hecho se ilustra comparando experimentalmente trayectorias en el vacío y en el aire. Son diferentes. La trayectoria en el aire es más corta que otra en el vacío, y decrece a medida que el calibre del arma disminuye.

El alcance máximo de una bala de carabina, pistola o revólver, es de aproximadamente $1/7$ del alcance máximo que podría ser calculado para la trayectoria en vacío. Es importante comprender que en la atmósfera la trayectoria no es simétrica como en el vacío. En el aire, la curva del recorrido del proyectil se hace más pronunciada en la rama descendente que en la ascendente. El vértice de la trayectoria se mueve así hacia el lado descendente del paso del elemento. Por otra parte, el ángulo de elevación sobre la horizontal, que resultará en el avance máximo en el aire, no es de 45 grados (como lo es en la trayectoria en vacío), sino de varios grados menos. Para las armas pequeñas, tales como revólveres y pistolas, el ángulo de elevación para el alcance máximo es aun menor.

Hay diferencias enormes en el alcance entre la trayectoria real de un proyectil en el aire y la calculada en el vacío. Por esta razón, los expertos balísticos han pasado mucho tiempo tratando de mejorar la forma de las balas, para recuperar tanto como fuese posible, la eficiencia perdida de los proyectiles en el aire.

Si la velocidad de un proyectil es pequeña, la resistencia del aire también lo es. Con incrementos de velocidad, sin embargo, la resistencia del aire aumenta. Cuando la velocidad es de alrededor de 330 metros por segundo, la resistencia del aire comienza a elevarse en una medida mucho mayor. Es interesante observar que la velocidad a la cual la resistencia del aire crece de una manera significativamente más grande, es la misma que la velocidad del sonido en el aire.

En el frío, la velocidad del sonido es más baja.

Entre algunos científicos balísticos que tratan con balas de alta velocidad, es común referirse a estas velocidades en términos de relación entre la velocidad de la bala y la del sonido. Por ejemplo,

si un proyectil se mueve a una velocidad de 660 metros por segundo a nivel del mar, se dice que tiene una velocidad de Mach. En otras palabras, la velocidad real de 660 m/s está dividida por 330 m/s (velocidad del sonido en el aire), para dar el valor 2. Este número Mach es denominado así debido a Ernst Mach, un físico conocido por su estudio acerca de la velocidad del sonido en diferentes tipos de materiales.

Un proyectil que viaja más ligero que la velocidad del sonido, forma en el aire una onda de presión aguda o angulosa; esta onda es la que cuenta en la resistencia del aire que ofrecen las balas de alta velocidad. La base chata de la mayoría de las balas causa una turbulencia o estela a su paso. Esta turbulencia también produce resistencia.

El movimiento del aire, tal como lo es el viento, que se mueve a través del recorrido de un proyectil, hará que este último se desvíe a izquierda o derecha. Esta fuerza de desvío no es la misma que la corriente de aire resultante del movimiento giratorio del proyectil en el aire.

h) *Estabilidad del proyectil.*— Si se disparara una antigua bala esférica con un arma o si se arrojara una pelota de béisbol, en ningún caso se modificaría la trayectoria si la esfera girara, ya que siempre presentará una superficie esférica al aire. Las balas modernas no son esféricas, sino alargadas, a fin de incrementar el coeficiente balístico. Si la bala alargada es para funcionar efectivamente, debe presentar siempre su punta aguda en la dirección que va el proyectil. Es solamente en este estado que la resistencia del aire y la retardación que produce, puede mantenerse tan baja como sea posible.

El tema de asegurar que el proyectil sigue a lo largo del recorrido teórico, es un problema de estabilidad. Es posible asegurarla de dos formas:

—hacer girar la bala antes de que abandone el ánima del arma;

—colocando aletas en la parte trasera a fin de que la presión del aire pueda mantener el proyectil en su curso.

El uso de aletas en armas pequeñas no es práctico. Sin embargo, se las utiliza en cohetes y algunas clases de granadas.

Consecuentemente, para asegurar estabilidad a las balas, se

les da giro mediante el estriado. La resistencia del aire actúa para invertir al proyectil. Si el giro impartido es el adecuado, el mismo permanecerá en su curso con la punta siempre en la misma dirección; cabría decir entonces que la estabilidad siempre podría asegurarse dándole al elemento una vuelta violenta para que gire rápidamente. Sin embargo, la dificultad con este movimiento estriba en que si el proyectil gira demasiado rápido, siempre apuntará en la misma dirección una vez que abandone la boca del cañón. A esta situación se la denomina sobreestabilización.

Un proyectil en esas condiciones tendría su nariz apuntando en la dirección apropiada sobre la rama ascendente de la trayectoria, pero cuando el pico o cima de la curva fuera alcanzado, la punta estaría hacia arriba, mientras el recorrido real se habría nivelado. De tal manera, durante la rama descendente del trayecto, la punta que gira rápidamente continuaría apuntando hacia arriba con un ángulo igual al de salida, aunque en realidad esté cayendo. En esta situación el aire estaría soplando de través sobre el proyectil y, por ende, acusaría una gran resistencia del medio gaseoso.

Por las razones antedichas es importante darle a la bala sólo la velocidad de giro necesaria, ya que de esta manera su punta se mantendrá en la dirección del movimiento. Un exceso incrementará la resistencia del aire y un valor menor al apropiado también lo hará, dada la tendencia al bamboleo o tambaleo de un proyectil con escasa velocidad de giro.

i) *Comportamiento de los proyectiles para cartuchos de escopeta.*— El vuelo de los perdigones surge ante un disparo de cartucho para escopeta o pistolón por los mismos medios utilizados para impulsar una bala. Existen diferencias menores entre la balística de un arma de cañón estriado y la de otra de cañón liso.

La velocidad inicial de una carga de perdigones es menor que la de un proyectil disparado con cañón de ánima estriada; además, dado que los primeros se desplazan en forma libre en el interior del arma, se requiere una presión menor para impulsarlos fuera de ella. Dadas estas bajas presiones las pólvoras propulsoras no queman bien, es por ello que los cartuchos usualmente se llenan completamente y la pólvora se fabrica en forma de delgadas laminillas con espesores significativamente más pequeños que los granos de pólvora empleados en cartuchos de bala única. Las presiones de gas en

el caño de una escopeta aparecen rápidamente, y tanto es así que la presión máxima surge antes de que la masa de perdigones se hubiere desplazado 2,6 cm dentro del ánima. Luego de ello, los gases se expanden de tal manera que en la boca del arma la presión es muy baja. Consecuentemente, el destello en la boca es inexistente o muy pequeño.

Los perdigones se fabrican en general de plomo considerablemente blando, causa por la cual distorsionan su aspecto esférico cuando golpean unos contra otros en el vuelo, o bien cuando rozan las paredes del caño en su interior. El resultado final será una dispersión significativa de la masa de perdigones, que se va incrementando con la distancia recorrida.

A fin de mantener estos elementos y la pólvora en sus respectivos lugares dentro del cartucho, se utilizan tacos hechos de fieltro, papel o plástico, o combinación de ellos. Estos materiales son livianos y tienden a caer rápidamente para no interferir con el vuelo individual de los perdigones.

A medida que la masa de esferas se aleja del caño, se distancian entre sí debido a que todas no poseen características balísticas idénticas. Por otra parte, los perdigones que componen la parte frontal de la masa causan una perturbación que inhibirá el vuelo de aquellos que vienen detrás. El distanciamiento a que se ha hecho referencia es importante para asegurar precisión.

El desempeño de las diferentes municiones varía considerablemente. Por ejemplo, en E.E.UU. las postas nº 00, favoritas de las instituciones policiales, tienen un alcance máximo de 500 metros cuando la escopeta se sostiene formando un ángulo de 25 grados con la horizontal. La velocidad en la boca del caño es de 335 metros por segundo. Por el contrario, si se trata de perdigones pequeños como los del nº 8, el alcance máximo es de 200 metros, solamente cuando la elevación del arma es de 30 grados. La velocidad inicial en este caso es de 316 metros por segundo. Finalmente, los individualizados con el nº 9 tienen un alcance máximo de 184,5 metros con un ángulo de 30 grados y la velocidad inicial es de 312 m/s.

Los indicados han sido alcances máximos. Ordinariamente las escopetas se emplean a una distancia máxima de 90 metros, pero es conveniente hablar de 45 metros, ya que más allá de esta distancia su efectividad decrece.

j) *Desvío por movimiento giratorio.*— Existe una desviación lateral de la trayectoria de un proyectil respecto del plano de partida del mismo, causada por la rotación. Como resultado del desvío el trayecto horizontal del proyectil es curvo y no en línea recta.

En distancias cortas esta desviación no es significativa con respecto a la precisión y en elementos disparados con pistolas o revólveres puede ser despreciada. En disparos efectuados en polígonos de larga distancia, la desviación puede tener alguna importancia.

Hasta aquí se ha hecho referencia a factores interiores del cañón que afectan el desenvolvimiento de una bala disparada con un arma. Los factores externos también ejercen influencia sobre el vuelo desde el arma hasta el blanco. En ellos se incluyen la dirección y velocidad del viento, gravedad y desvío lateral.

La gravedad es constante en toda la esfera terrestre, para todos los propósitos prácticos. Los aparatos de puntería están fabricados y ajustados para incluir correcciones de sus efectos.

El desvío a que se ha hecho referencia es la tendencia de un proyectil a viajar hacia la derecha o izquierda, como resultado del giro que le produce el estriado del cañón del arma. Para las armas de puño este desvío no es un gran problema, ya que basta con ajustar los aparatos de puntería.

Un cierto desvío mínimo es el acompañamiento natural del giro impartido a la bala. Para el calibre .38 *Special* es de alrededor de 2,6 cm en 45 metros.

k) *Resistencia del aire.*— Los componentes del aire que actúan en dirección opuesta a la que se mueve el centro de gravedad de un proyectil, definen la resistencia de aquél. A medida que un proyectil se desplaza desde la boca del cañón hacia el blanco, el aire retarda su recorrido o tiende a retenerlo. Si dicho elemento se mueve a través de algún otro medio, tal como un metal o carne, ese medio actúa entonces para frenarlo.

El fenómeno de la retardación es más grande cuanto más altas son las velocidades (varía directamente con el cuadrado de la velocidad) y con balas de diámetro mayor (superficie seccional). En medios de gran densidad la retardación se incrementa, por ejemplo, es más grande en el agua que en el aire. Cuanto más pesada es la ba-

la menor es el rango a que se hace referencia. Estos factores de retención son importantes en la determinación de la energía cinética utilizable para producir una herida o daño a una estructura.

Un proyectil que en el aire tenga una velocidad de 2100 m/s, se retarda o frena seis veces más rápido que uno que se mueva a 30 m/s. De igual manera, un proyectil que se mueva a 900 m/s de velocidad, se retarda casi tres veces más rápido que otro que se desplace a 300 m/s.

l) *Giro sobre el eje transversal.*— La tendencia al giro sobre el eje transversal de un proyectil se magnifica cuando dicho elemento abandona un medio para moverse en otro, por ejemplo, del aire a un músculo; de un músculo al hueco de un órgano interno, etcétera.

m) *Desviación lateral respecto de la línea regular de vuelo.*— Esta desviación está referida al ángulo conformado por la dirección del movimiento de un proyectil y el eje longitudinal del mismo, a veces llamado ángulo de desviación lateral.

Este ángulo varía periódicamente pero el promedio se incrementa con el tiempo de vuelo de un elemento inestable.

Relacionado con el fenómeno de desvío lateral está el factor de estabilidad, que indica la relativa capacidad del proyectil de mantener una actitud fija en vuelo, bajo condiciones dadas. El factor depende de los momentos de inercia del proyectil, de su giro y del momento de la fuerza aerodinámica respecto del centro de gravedad.

Una condición necesaria pero no suficiente para la estabilidad es que el factor de estabilidad sea mayor que la unidad o negativo. Este factor es llamado, a veces, coeficiente de estabilidad giroscópica.

n) *Alcance del proyectil.*— Los cálculos teóricos balísticos a menudo consideran que el proyectil se desplaza en el vacío. Bajo esta condición, el alcance máximo se logra cuando el arma forma 45 grados con la horizontal. El alcance variará entonces directa y únicamente con la velocidad inicial.

Ha sido calculado, por ejemplo, que en el vacío el calibre militar .30, disparado formando un ángulo de 45 grados, hará un reco-

rrido de 68,8 km; en el aire, la bala tiene un alcance máximo de tan sólo 3,2 km.

Es tan pronunciada la resistencia del aire que el alcance máximo de un disparo efectuado con un revólver calibre .38 Special, con cañón de 4 pulgadas, se obtiene cuando se concreta con el arma formando un ángulo de 25 a 29 grados por encima de la horizontal. Si dicho ángulo es mayor o menor, el alcance decrece.

Para averiguar de manera general la distancia máxima en metros, a la que denominaremos "X", es útil la siguiente ecuación que considera cualquier tipo de proyectil disparado en el vacío, a un ángulo de 45 grados:

$$X = \frac{(\text{velocidad inicial})^2}{10}$$

Por ejemplo, el cartucho .38 *Special* (*Winchester-Western*), con bala de 9,6 gramos, tiene una velocidad inicial de 318 m/s. En el vacío enviaría al proyectil a 10.112 metros.

El cartucho norma .357 *Magnum*, con bala de 10 gramos, tiene una velocidad inicial de 430 m/s y, consecuentemente, su alcance sería de 18.490 metros.

Recordemos que los valores antes dados son en vacío. Las balas pesadas disparadas a baja velocidad en el aire, tienen un alcance de tan sólo el 15 al 20% del máximo teórico calculado en el vacío.

El revólver *British .455 Webley* dispara una bala de 16,96 gramos y la velocidad inicial es de 180 metros por segundo. Por lo tanto, su alcance máximo en el vacío es de 3240 metros. Las experiencias reales hechas en el aire muestran que este disparo tiene un alcance extremo de 1170 m, es decir alrededor del 36% del máximo teórico.

Las balas de masa pequeña y alta velocidad alcanzan en el aire una distancia máxima que representa un bajo porcentaje del máximo teórico en el vacío (4 al 10%). La siguiente tabla puede resultar de utilidad:

Proyectil	Velocidad inicial (m/s)	Alcance en el vacío (metros)	Alcance en el aire (metros)
.22 LR - 2,56 gr	343,50	11.799	1350
.380 ACP - 6,08 gr	291,00	8468	980
.45 ACP - 14,98 gr	246,00	6052	1476
.30 carabina - 7,11 gr	591,00	34.928	1980
.50 AP - 46 gr	852,00	72.590	6547

Asimismo, los alcances máximos en el aire, para diversos calibres de uso frecuente, expresados en metros, son los siguientes:

.22 LR = 1755

.38 Special = 1620

.357 Magnum = 2115

9 mm Luger = 1710

.44 Magnum = 2250

ñ) *Caída del proyectil*.— La caída de un proyectil en vuelo puede calcularse. Ordinariamente, tales cálculos no son necesarios, salvo que se esté probando con disparos experimentales.

En estas operaciones matemáticas se presupone que el proyectil alcance la mitad del recorrido en la mitad del tiempo de vuelo; asimismo, se considera que en todo momento en la trayectoria el elemento está cayendo hacia el centro de la Tierra. Cuando se emplea este cálculo, sólo es válido para distancias cortas (un máximo de 270 metros).

La cantidad de caída determinará cuánta elevación se necesita para acertar en el blanco.

Las tablas de información balística corrientemente editadas por la mayoría de los fabricantes de munición, incluyen distancias de la caída del proyectil, así como también altura de la trayectoria media. En ausencia de ello o en experiencias de prueba, el cálculo es muy útil.

Un objeto cae libremente en el vacío de acuerdo con la relación $1/2 g t^2$, donde "g" es la aceleración de la gravedad y "t" es el tiempo en segundos. Un proyectil que se mueve en el aire no cae tan rápido; por lo tanto "g" debería ser ajustado o corregido para representar la caída real de los proyectiles en el aire. Esta corrección arroja una nueva cantidad que llamaremos "f":

$$f = g \left[1 - b \left(\frac{V_0 - v}{V_0} \right) \right]$$

" V_0 " es la velocidad inicial; "v" la velocidad remanente en algún punto del recorrido; "b" posee un valor de 0,4 (cuando "v" es mayor que V_0/s). Es esencial la medición precisa del tiempo en este cálculo.

o) *Pérdida de energía.*— La pérdida de energía cinética de un proyectil en vuelo ($E_c = 1/2$ masa por la velocidad al cuadrado) es la resultante de diversos factores. Las ondas de aire que crea el proyectil indican la existencia de energía. La cantidad de ésta que se pierde depende de la forma y superficie de la sección de la bala. La succión y corriente en remolino producidas por el proyectil, consumen energía. La forma de aquél juega un rol clave en este itinerario de pérdida de energía. Finalmente, la energía se disipa como calor proveniente de la resistencia a la fricción. Esta ruta de pérdida de calor depende de la forma y del arma y características de su superficie.

Según toda probabilidad, virtualmente toda la energía perdida por un proyectil en vuelo responde a la creación de ondas de aire y a las corrientes de succión y remolino.

<i>Cartucho</i>	<i>Energía inicial</i>	<i>Energía a 45 m</i>	<i>Pérdida a 45 m</i>	<i>Energía a 90 m</i>	<i>Pérdida a 90 m</i>
9 mm Luger	46,50	39,15	16%	31,72	32%
.38 Special	56,02	49,95	11%	37,80	32%
.357 Magnum	114,07	89,77	21%	59,40	48%
.44 Special	43,06	38,47	8%	35,77	14%
.44 Magnum	153,90	91,12	24%	90,45	42%
.45 Automatic	49,95	44,95	10%	41,17	18%

El porcentaje de pérdida de energía a 90 metros es más bajo en el calibre .44 *Special*. En distancias más grandes la energía absoluta retenida por el .44 *Special*, lo hace competitivo con el 9 mm *Luger* y el .38 *Special*.

p) *Proyectiles en caída libre.*— Si se dispara una bala directamente hacia arriba, debe, por supuesto, regresar finalmente a la tierra. "Lo que sube debe bajar". Si el disparo se hizo en el vacío alcanzará una altura pico (y velocidad cero) por encima de la boca del cañón, luego caerá hacia la tierra. Cuando alcance en su regreso la boca del arma, se estará moviendo a una velocidad idéntica a la de

su salida hacia arriba; este valor se denomina velocidad final o terminal.

Por ejemplo, una bala de plomo de 10,11 gramos, calibre .38 *Special*, que abandona la boca del cañón de un revólver de 4 pulgadas, en vuelo vertical hacia arriba, tiene una velocidad de 254 metros por segundo y una energía cinética de 33,88 kilográmetros. Esta última le permitirá al elemento alcanzar su altura pico, pero en el procedimiento el nivel de energía caerá a cero, transformándose en energía potencial; se hace cargo entonces la aceleración de la gravedad y lo dirige hacia abajo, a razón de 9,6 m/s por cada segundo de caída. En el momento que alcanza en su caída el nivel de la boca del cañón, la velocidad es nuevamente de 254 m/s y la energía cinética de 33,88 kilográmetros. Es un misil peligroso.

Sin embargo, en la práctica los proyectiles no caen en el vacío, lo hacen en una atmósfera que les impide la caída libre. De tal manera, en su regreso el proyectil estará afectado por el aire y comenzará a girar sobre su eje transversal, pudiéndose considerar desde el punto de vista físico que se comporta como una esfera.

(ver cuadros ps. 257 y 258)

Utilizando la imposición antes enunciada, la velocidad final de un proyectil calibre .22 LR, de 2,56 gramos de peso, puede decirse que es de 39 metros por segundo y su energía de 0,27 kilográmetros. Para el calibre .30-06 y un proyectil de 14,08 gramos, tales parámetros serían: 48 m/s y 1,75 kgrm.

Resulta obvio que una bala disparada verticalmente hacia arriba, regresa a la tierra con considerable capacidad de daño; no es como el agua de lluvia.

q) *Trayectoria*.— El comportamiento de un proyectil desde que abandona el arma hasta que alcanza el blanco, está incluido en el estudio de la balística exterior (movimiento del proyectil mientras se encuentra en vuelo). Para predecir el recorrido de dicho elemento a través del aire, deben considerarse, como ya se ha expresado, factores tales como la gravedad, el viento, la densidad del aire, la temperatura y la curvatura de la Tierra. Cuando no pueda calcularse una fuerza debe hacerse una estimación, a fin de considerar el efecto que tendrá sobre el proyectil en su vuelo y corregirlo.

CARACTERÍSTICAS DE LA MUNICIÓN 9 x 19 mm; 9 x 17 mm; 11,25 x 23 mm Y .38 SPECIAL, PRODUCIDA POR "D.G.F.M."

Calibre	9 x 19 mm "C"	9 x 19 mm "T"	9 x 17 mm	11,25 x 23 mm	.38 Special
Tipo	Común	Trazante	Corto	Común	
Longitud cartucho	29,7	29,6	24,9	32,4	38,85
Peso cartucho (gr)	12	12,4	9,77	21	15,2
Identificación	FMK 5 Mod O Periferia de cápsula roja	FMK 2 Mod O Periferia de cápsula roja y punta proyectil roja	Periferia de cápsula color violeta	FMK 1 Mod C Periferia de cápsula violeta	Periferia de cápsula violeta
Longitud bala (mm)	15,7	17,3		16,8	17,9
Peso bala (gr)	8	7,18	6,15	14,9	10,25
Material bala	Plomo antimoniado con camisa de latón Cu 90% Zn 10%	Plomo antimoniado con camisa de latón y cápsula interior con sustancia trazante	Plomo antimoniado con camisa de latón Cu 90% Zn 10%	Plomo antimoniado con camisa de latón Cu 90% Zn 10%	Plomo antimoniado
Longitud vaina (mm)	19,1	19,1		22,8	28,8
Peso vaina (gr)	3,9	3,9		5,5	4,5
Material vaina	Latón Cu 70% - Zn 30%				
Pólvora	Monobásica tipo A 22		Monobásica	Monobásica Tipo A2	Monobásica Tipo A23
Cápsula	No corrosiva - No oxidante				
Velocidad	V 12,5:345	V 2:340	V 2:274	V 2:248	V 2:255
Presión	2800 Kg/cm ²	2800 Kg/cm ²	Menor 1500 Bares	1340 Bares	Menor 1000 Bares
Energía (Joule)	476	415	230	(a 25 m) 458	(a 2 m) 333

CARACTERÍSTICAS DE LA MUNICIÓN .22 L.R. Y .32 S&W, PRODUCIDA POR LA "D.G.F.M."

Calibre	.22 L.R. "PS"	.22 L.R. "AV"	.22 L.R. "PHAV"	.22 L.R. "Competición"	.32 S&W Largo
Tipo	Largo Rifle	Largo Rifle Alta Velocidad	Largo Rifle Punta Hueca Alta Velocidad	Largo Rifle Competición	Largo
Longitud cartucho (mm)	25,15	25,15	24,95	24,90	32,5
Peso cartucho (gr)	3,46	3,46	3,27	3,38	9,74
Identificación cartucho	Sigla "FM" estampada en el culote				
Longitud bala (mm)	12,27	12,27	12,20	11,80	15
Peso bala (gr)	2,46	2,46	2,45	2,58	6,35
Material bala	Aleación plomo antimonio				
Longitud vaina (mm)	15,40	15,40	15,40	15,40	23,37
Peso vaina (gr)	0,72	0,72	0,72	0,72	2,9
Material	Latón Cu 70% - Zn 30%				
Pólvora	Monobásica tipo A-22 n	Monobásica tipo A-22 a			Monobásica tipo A-23
Iniciador	No oxidante - no corrosivo				
Velocidad (m/s)	340	376	360	360	222,5
Presión (bares)	Menor 1500	Menor 1820	Menor 1500	Menor 1100	Menor 800
Energía (Joule)	152	174	160	115	157

r) *Movimientos horizontales y verticales.*— Idealmente, un arma no debería moverse en ninguna dirección; sin embargo, algunos movimientos de este tipo son inevitables. Por ejemplo, un arma larga y delgada siempre se inclina un poco, pero al ser disparada la presión interna la endereza algo. Todos estos movimientos son indeseables por cuanto cambian ligeramente la dirección y perjudican la precisión.

El cambio en la dirección (que sería la que indica el eje longitudinal del cañón) es llamado salto. En la mayoría de los casos el arma *salta* sustancialmente de la misma manera para cada disparo, lo cual debe ser tenido en cuenta al apuntar. Este salto puede ser imaginado como una rotación efectiva del eje del cañón en el proceso del disparo, aunque realmente es un fenómeno más complicado. Con armas bien diseñadas y emplazadas, estos movimientos son extremadamente pequeños y se salvan corrigiendo la elevación para el alcance máximo.

s) *Las ecuaciones de la balística exterior.*— Coeficiente de rozamiento - $Cr = K_r p v^2 d^2$

Elevación - $L = p d^2 v^2 K_l \text{ sen } y$

Momento - $M = p d^2 v^2 K_m \text{ sen } y \text{ cos } y$

"p" = densidad del aire

"d" = diámetro de la bala

"v" = velocidad del proyectil

"y" = ángulo de desvío (es decir el ángulo entre el eje longitudinal del proyectil y la dirección de progresión de éste)

"K_r", "K_l" y "K_m" = coeficientes de rozamiento, elevación y momento, respectivamente.

Teniendo en cuenta que el proyectil considerado no tiene desvío, tres factores afectan el rozamiento:

—Presión del aire en la nariz del proyectil; es una fuerza que actúa por detrás.

—Fricción superficial del aire sobre los laterales del proyectil; este factor varía con la suavidad de la superficie de la bala.

—Rozamiento en la base provocado por la turbulencia creada en el aire.

El primer factor se ve reducido por la forma aerodinámica de la punta.

El segundo factor se reduce eliminando las rugosidades de la superficie del proyectil; una bala encamisada, si es suave, reduce la fricción del aire.

El tercer factor se reduce haciendo más cónica la forma de la base del proyectil (cola de bote).

Las consideraciones vertidas indican que desde el punto de vista de la balística exterior, la mayoría de las balas para arma corta son abominables en cuanto a su forma. Cada factor que incide en el rozamiento parece haber sido colocado en ellas: puntas u ojivas planas, sin forma aerodinámica; superficies laterales acanaladas por cinturas de engrase; bases planas y perforadas en otros casos (o ahuecadas). Está claro que las balas para armas cortas no están diseñadas para disparos de largo alcance; cuando se las emplea dentro de las distancias para las que sí son específicas, acusan remarcada precisión.

Asumamos que un proyectil es disparado desde la boca del cañón en una dirección que es paralela a la superficie de la Tierra. A partir de allí pueden designarse los variados componentes del patrón de vuelo o trayectoria: "h", altura de la boca del cañón respecto del piso; "y", altura del proyectil respecto del piso en cualquier momento dado; "y", altura del proyectil respecto del suelo en el instante que abandona el arma ($y = h$); " V_0 ", velocidad inicial del proyectil; "v", velocidad en un punto específico de la trayectoria; "x", recorrido horizontal del proyectil; "xi", distancia horizontal de impacto en el piso; "g", aceleración de la gravedad; "m", peso de la bala.

$$x = V_0 t \quad y = h - g (t^2/2)$$

La curva de la trayectoria en el vacío es:

$$y = h - (g/2 V_0^2) x^2$$

La forma es una parábola.

El punto de impacto "xi" que es el valor de "x" cuando "y" es cero es:

$$xi = \sqrt{V_0^2 2 h/g}$$

El tiempo de vuelo "ti" es el valor de "t" cuando "y" es cero:

$$ti = \sqrt{2 h/g}$$

El ángulo de impacto en el piso "i" es:

$$\text{tangente } i = \sqrt{2 gh/v_0}$$

Asumamos ahora que el arma está apuntada hacia arriba con respecto al horizonte y que el proyectil toma un curso de similares características. El ángulo de inclinación hacia arriba cuando el proyectil abandona el arma, será designado α_0 luego:

$$\begin{aligned} x &= V_0 t \cos \alpha_0 \\ y &= V_0 t \sin \alpha_0 - 1/2 g t^2 \end{aligned}$$

La forma de la trayectoria será:

$$y = x \operatorname{tg} \alpha_0 - g x^2 / 2 V_0^2 \cos^2 \alpha_0$$

La forma es una parábola. La cima de la trayectoria es x_c , y_c

$$\begin{aligned} x_c &= (V_0^2/g) \operatorname{sen} \alpha_0 \cos \alpha_0 \\ y_c &= (V_0^2/2g) \operatorname{sen}^2 \alpha_0 \end{aligned}$$

El tiempo de vuelo a la cima es "tc":

$$t_c = (V_0/g) \operatorname{sen} \alpha_0$$

Si hacemos $y = \text{cero}$, entonces la distancia "xi" es:

$$x_i = (2 V_0^2/g) \operatorname{sen} \alpha_0 \cos \alpha_0$$

El tiempo de vuelo "ti" es:

$$t_i = (2 V_0/g) \operatorname{sen} \alpha_0$$

El alcance y el tiempo de caída en la cima, duplica lo que uno podría esperar de una trayectoria simétrica.

t) *Métodos de medición de la velocidad de un proyectil.*— 1. *Péndulo balístico.* Se trata de la forma más simple y sencilla de medir, lo más acertadamente posible, la velocidad inicial de un proyectil disparado con arma de fuego. Consiste en un sistema mecánico compuesto por un gran bloque de madera de masa "M", que cuelga verticalmente de dos cuerdas.

Un proyectil de masa "m" que avance con una velocidad horizontal "v", chocará contra él y se incrustará en su interior. Si el tiempo de choque (el tiempo requerido para que la bala quede en reposo con respecto al bloque) es muy pequeño en comparación con el de oscilación del péndulo, las cuerdas que lo sostienen quedan aproximadamente verticales durante el choque. Por consiguiente, no obra ninguna fuerza externa horizontal sobre el sistema y se conserva la componente de igual tipo de la cantidad de movimiento.

La velocidad "Vs" del sistema después del choque es mucho menor que la del proyectil antes del mismo. Esta velocidad final se puede determinar fácilmente, de modo que la original del proyectil se puede calcular a partir del principio de la conservación de la cantidad de movimiento.

La cantidad de movimiento inicial del sistema es la del proyectil (masa por velocidad = mv) y la cantidad de movimiento del sistema apenas terminado el choque es (m + M) Vs, de modo que:

$$mv = (m + M) V_s$$

Una vez que termina el choque, el péndulo y la bala oscilan hasta una altura máxima "y", en donde la energía cinética que quedó después del impacto se convierte en energía potencial gravitacional.

Entonces, aplicando el principio de la conservación de la energía mecánica para esta parte del movimiento, obtenemos:

$$1/2 (m + M) V_s^2 = (m + M) g y$$

Despejando "v" de esas dos ecuaciones, obtenemos:

$$v = \frac{m + M}{m} \cdot \sqrt{2 g y}$$

Por consiguiente, se puede determinar la velocidad inicial del proyectil si se miden "m", "M" e "y".

(ver figura 64 en p. 263)

2. *Cronógrafo balístico.* Sin duda el cronógrafo balístico es el instrumento actual de medición de velocidades iniciales, o no, de

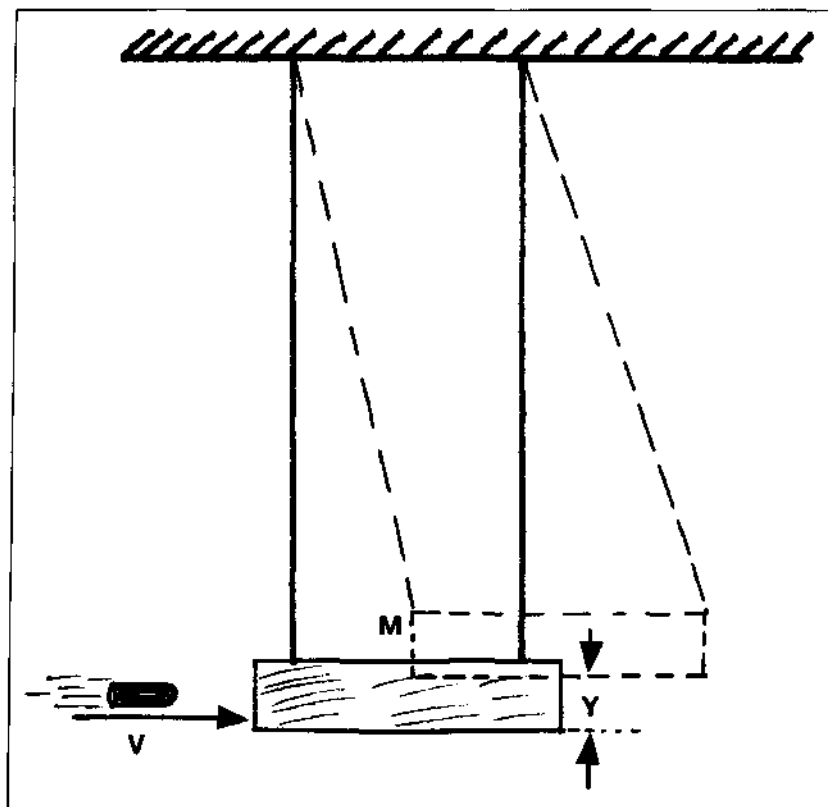


Figura 64

proyectiles disparados con armas de fuego, gas comprimido o acción neumática.

Los hay de diferentes formas y variada tecnología, pero, por lo general, el conjunto consiste en dos pantallas separadas por una determinada distancia. Cada pantalla está constituida por un marco de cuya parte superior e inferior (o superior solamente) emerge luz, formando una pantalla luminica. Mediante un complicado circuito electrónico cada pantalla detecta el paso del proyectil disparado, transmitiendo tal información a un procesador que automáticamente (o mediante cálculo posterior) arroja un valor numérico que implica el valor de la velocidad del elemento actuante.

4. *BALÍSTICA DE EFECTO*

El objetivo final de un proyectil es impactar en el punto deseado por el tirador, y el sentido común parece decirnos que cuanto más velocidad y peso lleve éste, más energía será capaz de transportar y ceder. Estamos en lo cierto, cuando estudiamos física aprendimos que la energía cinética o fuerza viva de un cuerpo en movimiento es directamente proporcional a su masa y al cuadrado de su velocidad ($E_c = m v^2/2$), lo cual, aplicado a un proyectil en movimiento, nos dice que cuanto más velocidad lleve, más energía es capaz de transportar.

El cómo optimizar ese transporte ya sabemos que viene dado por el coeficiente balístico. El cómo poder aprovechar completamente esta energía lo dirá la balística de efecto.

Empieza en el mismo momento del impacto, y las balas se construyen según el propósito perseguido, optimizando o degradando sus coeficientes balísticos, independientemente de que los materiales con que están construidas varíen también en función de su finalidad.

Matizando, tenemos balas con fines militares: son aquellas totalmente blindadas que ofrecen el mejor coeficiente balístico posible. Interesa su poder penetrante en cualquier modo y no se hace nada por potenciar sus efectos letales en el cuerpo humano.

En lo que hace a los proyectiles de caza, el fin perseguido es muy concreto: cobrar la pieza con la mayor efectividad y el menor sufrimiento para ésta; por lo tanto, junto al mayor coeficiente balístico posible, se diseñan las balas para que tengan la propiedad de que, en el momento del impacto, se deformen, aumentando su diámetro para que así pueda aumentarse la transferencia de energía. Ésta es máxima cuando el proyectil queda alojado dentro de la pieza a cobrar.

Por lo tanto, interesa que el impacto y consiguiente deformación del proyectil sea tal que el efecto conseguido cause traumatismo y *shock* inmediato como para que, aun no interesando ningún órgano vital, la pieza quede abatida para no levantarse más.

La deformación del proyectil, deseablemente en forma de hongo, se consigue generalmente construyendo éste con su punta par-

cialmente hueca y desprovista del blindaje que necesariamente ha de llevar el resto para que, al conseguir velocidades por encima de los 400 metros por segundo, no se deteriore la precisión ni se emplee el cañón. Para la deformación del proyectil hace falta un mínimo de velocidad en el momento del impacto, la que no debe ser inferior a los 600 m/s, la cual, junto con la consistencia del tejido impactado (músculos, huesos, vísceras, etc.), conformarán la deformación.

Otro tipo de proyectil, concretamente el de defensa personal, debe estar construido de tal forma que su impacto debe dejar incapacitado para toda acción ofensiva al agresor sin que para ello haya que elegirse necesariamente el lugar del impacto ni matar al agresor. Entendemos la defensa personal llevada a la necesidad de disparo contra otro ser humano, cuando existe peligro inmediato real e irreversible —de no hacer nada por evitarlo— de nuestra propia vida y que la acción de disparo sea la única alternativa posible de defensa.

Existe una fórmula que nos dice que el poder de detención de un proyectil viene dado por el producto resultante de la energía remanente por la superficie frontal de éste; P_d (poder de detención) = E (energía en kilográmetros) $\times S$ (superficie en cm^2) por lo que a igualdad de velocidad remanente, el proyectil que presente mayor superficie frontal (peor coeficiente balístico) tendrá mejor poder de detención.

Resumiendo: en arma corta, por tener limitada la velocidad, el poder de detención se optimiza con proyectiles de grandes diámetros y punta chata. En los fusiles, para cortas distancias, también; y para las largas, los proyectiles dotados de alta velocidad y punta hueca son los más aconsejables. En cualquier caso, si bien la velocidad es un factor muy importante, el peso también debe ser tenido en consideración.

La balística de efecto, también llamada *balística terminal*, concierne en sí misma a efectos de los proyectiles en los blancos, sean éstos hombres, animales o estructuras físicas no vivientes. La ciencia de la balística terminal está mucho menos avanzada que la balística interior o la exterior, dado que el estado del arte de la instrumentación no permite todavía recolectar información extensa y confiable.

Los efectos instantáneos que ocurren cuando un proyectil choca contra un blanco, presentan al científico balístico un factor de tiempo en sus observaciones que es muy difícil de manejar.

Los fenómenos que a continuación vamos a tratar están vinculados con los siguientes temas:

a) impacto, la penetración o perforación de un órgano, tejido, cuerpo o estructura física tal como una pierna, una pared de concreto o la puerta de un automóvil;

b) fragmentos secundarios en movimiento dentro del blanco, por acción del proyectil actuante, tales como trozos de hueso o mamografía.

Un blanco blando es un cuerpo viviente. Un blanco duro sería un ladrillo o una pared de cemento. También son blancos duros las puertas de los vehículos.

PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN EN MADERA DE PINO Y VOLUMEN DEL CANAL QUE FORMA EL PROYECTIL, PARA ARMAS DE PUÑO DISPARADAS A UNA DISTANCIA DE 50 METROS (*)

Arma	Proyectil	Calibre	Profundidad (cm)	Volumen (cm ³)
Pistola o revólver	plomo	.22 LR	12,6	3,10
Revólver	plomo	.380	7,6	4,85
Pistola	encamisado	.380	8,3	5,30
Revólver	plomo	.38 Spl.	13,4	8,40
Pistola	encamisado	9 mm Luger	15,3	9,90
Revólver	plomo	.44 Spl.	13,8	13,20
Pistola	encamisado	.45 ACP	13,7	13,70
Revólver	plomo	.357 Magnum	29,0	18,50
Revólver	plomo	.44 Magnum	36,0	34,20

(*) Bock-Weigel, 1968.

Las variaciones en el complejo de reacciones que reúnen una respuesta balística terminal de un proyectil resultan de:

a) diferencias en el blanco;

b) características de la bala;

c) un grupo frustrante de imponderables.

Para una muy cuidadosamente controlada serie de disparos experimentales habrá muchos grados de afectaciones o daños del blanco. Es por ello que en balística terminal la investigación implica mucha evaluación estadística. Un punto importante a tener en

cuenta respecto de este tema es que los valores cuantitativos son promedios con distancias y desviaciones estándar que pueden ser grandes.

a) *Blancos sin vida.*— Puertas de coches, ventanas con vidrios, o mampostería, son blancos que usualmente se ven afectados por el accionar de proyectiles disparados con armas de fuego. Todos ellos están compuestos por materiales que ofrecen una cierta resistencia que previene o inhibe su penetración o perforación. Los materiales tales como el vidrio, el metal o la madera, por ejemplo, pueden resultar atravesados por un proyectil cuando una porción de ellos es arrojada de la estructura y el elemento pasa a través del orificio resultante. El metal de la puerta de un rodado puede resultar desplazado y formar *pétalos* que permitan el pasaje del proyectil.

La penetración sin perforación puede concluir en la formación de protuberancias, hoyos y tacos (efecto de sacabocado o similar) que recién comienzan y no han sido expulsados completamente; en estos casos el proyectil suele permanecer en el interior de la estructura.

PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN EN MADERA DE PINO DE UN PROYECTIL LUEGO DE PERFORAR LA PUERTA DE UN VEHÍCULO O EL VIDRIO DE UNA VENTANA (*)

<i>Cartucho</i>	<i>Vidrio laminado</i>	<i>Vidrio de seguridad</i>	<i>Puerta de un rodado</i>
.45 ACP	1,8	1,5	1,5
.38 Special	2,8	2,5	2,0
9 mm Luger	6,0	7,0	11,5
.357 Magnum	11,5	7,0	4,5

(*) Bock-Weigel, 1968.

Las siguientes propiedades físicas de un blanco influyen en el efecto del proyectil sobre el mismo:

1) dureza o capacidad del material para prevenir hundimientos, marcas, etcétera;

2) flexibilidad o capacidad del material componente del blanco para absorber energía antes de romperse;

3) ausencia de defectos locales tales como nudos en la madera, zonas delgadas en el metal, o burbujas de aire en el vidrio.

Para un material específico de proyectil y blanco, la penetración promedio se incrementará con la velocidad de impacto del elemento actuante. En el caso de una pared de concreto puede ocurrir el desgranado, o sea la eyección de fragmentos de la cara (superficie) de la estructura opuesta al punto de impacto, lo cual es similar al astillamiento en el metal. Si el desgranado o desmembramiento ocurre, el grado de penetración crece rápidamente con el aumento de velocidad.

b) *Formación de orificios de bala en láminas de acero.*—Murr y Foltz (1970), en su descripción de la formación de un orificio en acero producido por proyectiles calibre .22 LR, muestran el desprendimiento de una tapa procedente del centro del mismo y el despliegue de *pétalos* de metal alrededor de la periferia, para completar el proceso. En su modelo, por supuesto, se describió la situación ideal.

Se han hecho experiencias de disparos con calibres más grandes, tomando como inicio el modelo indicado, utilizándose para ello acero laminado y una distancia de 27,4 metros (30 yardas). En tal oportunidad se midieron los diámetros de los orificios resultantes, luego de ello se reparó cada perforación del lado por donde saliera el proyectil (superficie opuesta a la de entrada), mediante el aplanamiento del sector afectado, lo cual dio origen a orificios menores en cada zona central dañada. La diferencia entre las medidas originales y las posteriormente registradas de las perforaciones más pequeñas, arrojó en cada caso el diámetro de los defectos existentes en la lámina de acero, causados por la acción de sacabocado del proyectil, consistente en un pequeño círculo metálico.

La siguiente tabla sintetiza los resultados:

Calibre	Longitud cañón (pulgadas)	Orificio fresco (pulgadas)	Orificio aplanado (pulgadas)
.45 Colt	6	.63	.34
.44 Magnum	6	.47	.28
.357 Magnum, 110 grains	4	.41	.16
.357 Magnum, 158 grains	4	.41	.28
.38 Sp. Super Vel.	4	.41	.25

Los diámetros de los defectos son:

.45 Colt - .29 pulgadas

.44 Magnum - .19 pulgadas

.357 Magnum, 110 *grains* - .25 pulgadas

.357 Magnum, 158 *grains* - .13 pulgadas

.38 Special Super Vel - .15 pulgadas

(Estos diámetros son coincidentes con los de los discos metálicos expulsados por la acción del proyectil.)

Por su parte, un disparo de 9 mm *Luger* con una pistola semiautomática *Browning*, arrojó un defecto de .16 pulgadas.

¿Posee algún efecto la longitud del cañón sobre la formación de un orificio producido por un proyectil que atraviesa acero laminado? Se dispararon balas calibre .38 *Special*, de plomo y con punta redondeada, de 150 *grains* de peso, a una distancia de 27,4 metros, sobre acero laminado utilizado en automóviles modernos. En la oportunidad se utilizaron revólveres de 2, 4 y 6 pulgadas, respectivamente.

Los orificios frescos que se formaron estuvieron dentro de los siguientes promedios:

—cañón de 6 pulgadas: .53 pulgadas;

—cañón de 4 pulgadas: .53 pulgadas;

—cañón de 2 pulgadas: .56 pulgadas.

Cuando se acomodó el material para reparar los orificios, no apareció ningún defecto, es decir, no surgió ningún orificio central. Sin embargo, en cada caso fue claramente visible una tapita abovedada pegada al metal en la zona de impacto; las mismas no se encontraban quebradas y no eran concéntricas con el orificio. El diámetro promedio de dichos elementos era de .24 pulgadas. Consecuentemente puede decirse que, con este tipo de balas de plomo de relativamente baja velocidad, se formó una tapa (en forma de gorra) muy distintiva, cuando el elemento atravesó la lámina.

Dicha tapa encajaba sobre el extremo ojival del proyectil. El resto del metal alrededor del orificio se evertió para dar origen a una perforación cuyo diámetro varió entre .53 y .56 pulgadas. Esta eversión del material consistió en desgarros irregulares.

Proyectiles de mayor velocidad y calibre removieron discos metálicos del centro del orificio y los bordes evertidos de este último adoptaron la forma de rulos.

c) *Energía de impacto.*— A pesar del número significativo de excelentes reportes técnicos que pueden obtenerse respecto de la

biofísica de la herida y de las leyes básicas de la física vinculadas con la balística, hay todavía informes o aseveraciones no entendidas e irresponsables, como la siguiente: "...Las tablas balísticas de fabricación y muchas 'autoridades' que derivan su pericia o habilidad de allí, toman sólo en cuenta la masa y la velocidad que obtienen a través de la fórmula $E = MV^2/2$, para obtener la energía cinética del proyectil en determinadas unidades". "La fórmula de energía reditúa un cálculo muy exacto y satisfactorio que, desafortunadamente, es virtualmente inservible excepto su inclusión en otra fórmula para determinar el retroceso (culatazo o reculada). Ciertamente, nada tiene que ver con la efectividad del proyectil en el blanco" (Josserand y Stevenson, 1972).

El rol crucial de la energía de impacto en la efectividad de un proyectil ha sido repetidamente demostrado, por lo tanto, es un tema de seria disputa.

d) *Huella del proyectil.*— Empíricamente uno está conducido a concluir que el volumen de la cavidad de la herida originada por un proyectil, varía directamente con la impresionante o llamativa velocidad de ese elemento, sin importar su forma. Una suposición en esa consideración es que el proyectil penetra pero no perfora el blanco. La ecuación general para expresar la relación es:

$$E = MV^2/2g$$

En ella, "E" es la energía terminal o de choque; "M" el peso de la bala en gramos; "V" la velocidad en metros por segundo o pies por segundo, al momento del impacto, y "g" la constante de gravedad que es igual a 9,8 m/s² (o 32 pies/segundo al cuadrado).

Con la suposición de que el proyectil es retenido en el blanco y no lo traspasa, los a menudo algo acalorados argumentos sobre proyectiles de punta perforada contra otras configuraciones para los mismos, tienen sentido limitado. La forma de la bala sólo es importante en cuanto la forma en cuestión sirva para mantener el elemento dentro del blanco y prevenir su perforación. Un proyectil que finaliza su vuelo dentro del objetivo apuntado, expande toda su energía en ese punto (capacidad de realizar trabajo o daño), en el blanco (Corner, 1950; Hunt, 1951; Heigel, 1953).

e) *El canal de la herida.*— El canal o cavidad hecha por un proyectil cuando pasa a través de carne o elemento de consistencia similar, da una indicación razonable de la capacidad para herir del mismo. Cuando un proyectil pasa entonces a través de carne ocurren tres resultados:

1) se forma una cavidad temporaria y tiende a pulsar o vibrar, provocando daño en los tejidos circundantes;

2) una zona de escape o fuga de sangre en los tejidos que rodean la cavidad;

3) una cavidad permanente que es menor a la temporaria.

La cavidad permanente así como también la zona de fuga de sangre, se forman después de la cavidad temporaria. La permanente no es idéntica en configuración con la del túnel hecho por un proyectil del diámetro del que pasa a través de la carne. El diámetro de este canal tiende a ser más grande en el comienzo de la cavidad y menor cerca de su final.

La zona de escape o fuga de sangre (a veces llamada zona de extravasación) permanece circundando la cavidad permanente. Esta zona es producida por las energías que forman el canal temporario; allí los vasos sanguíneos, nervios y otras clases de tejidos son severamente dañados. Los cirujanos encuentran necesario extraer la mayor parte de este tejido en heridas severas, a fin de prevenir que el tejido muerto se transforme en una constante fuente de infección para la víctima.

El volumen de la cavidad permanente varía directamente con la energía transferida del proyectil al tejido. Sellier (1969) ha sugerido la siguiente ecuación para el cálculo de volumen de las varias zonas referidas anteriormente:

$$V = k Eab$$

“V” es el volumen de la zona en cuestión; “Eab” es la energía absorbida por los tejidos y “k” una constante que varía con la zona en cuestión.

El valor de “k” es, para la cavidad permanente, 0,30 cm³/mcp; para la zona de fuga de sangre 3,5 cm³/mcp, y para la cavidad temporaria, 7,7 cm³/mcp, “m” es la masa del proyectil, “c” es el calibre y “p” la presión. Estos valores están empíricamente determinados para el tejido muscular.

Se ha determinado que el valor de "k" para la cavidad temporaria desarrollada disparando en un tanque de agua, es de 87. La *performance* del proyectil en agua no es idéntica a la de la carne.

En la carne, el volumen de la cavidad temporaria es veintiséis veces más grande que el de la permanente (Sellier, 1969).

El diámetro máximo de la cavidad no es constante a lo largo de la extensión del canal; éste tiene forma de cono o embudo. En los puntos de mayor velocidad del elemento, el diámetro del canal es más grande y viceversa. La relación entre el diámetro ("D") de la cavidad temporaria y los varios factores, es la siguiente:

$$D = \sqrt{4/\pi \cdot k \cdot 2a \cdot E}$$

"k" es la constante referida anteriormente; el valor "k" para el tejido muscular es de 7,7 cm³/mcp; "E" es la energía absorbida del proyectil; "2a" es un factor que cuenta para la energía absorbida por centímetro de pasaje de proyectil.

El diámetro de la cavidad temporaria o de la permanente en cualquier punto dado del canal, no depende del total de energía absorbida sino más bien de la cantidad de energía absorbida por centímetro de pasaje del proyectil (2aE). Es obvio que la energía remanente en el proyectil al final de su paso a través del tejido, es baja. El diámetro de las cavidades temporaria y permanente será pequeño, quizá no mayor que el del proyectil (ahora deformado en mayor o menor extensión) que pasa a través del tejido. Dado que bajo estas condiciones no se forma ninguna zona de fuga de sangre, a menudo es difícil encontrar el elemento actuante en lo que parece ser tejido normal.

Asumamos que dos proyectiles que tienen el mismo calibre han sido disparados sobre carne o elemento de consistencia similar, y que tenemos la misma absorción de energía por centímetro de pasaje a través del blanco. Luego asumamos que las energías en la boca del cañón del arma son idénticas, por lo tanto "aE" es la misma para cada proyectil. Veremos entonces que el diámetro de la cavidad temporaria será el mismo para cada disparo.

Ocurre una situación interesante si uno compara dos proyectiles que tienen la misma energía pero diferentes calibres. El de calibre más pequeño tiene un peso menor pero necesariamente una velocidad mayor (para igualar la energía del que posee calibre y peso menores) que el restante. El proyectil de calibre más pequeño

tendrá un valor superior para "a": ésta es proporcional a "S", la cual iguala al peso dividido por la superficie del corte vertical del proyectil ($\pi/4 \times$ calibre al cuadrado). Este último valor es más pequeño para el proyectil de calibre más chico. El valor "2aE" que expresa la energía absorbida, es mayor para el calibre más pequeño, a pesar de la igualdad de energías en la boca de ambos proyectiles. Este resultado está basado en el valor al que es absorbida la energía de ambos elementos, a medida que se desplazan por el canal de la herida. Si ambos penetran pero no perforan, toda la energía de cada uno irá dentro del blanco.

f) *La fórmula de Hatcher sobre el poder de detención relativo.*— El general Hatcher, un muy bien renombrado militar experto en armas de puño, desarrolló una fórmula para comparar la efectividad de varios cartuchos para armas cortas, uno con otro en una escala relativa (no absoluta) (Hatcher, 1935). Al factor de efectividad obtenido de su fórmula lo llamó "poder de detención relativo" del

$$\text{PDR} = a \cdot m \cdot s$$

"a" es la superficie del corte transversal del proyectil; "m" es la cantidad de movimiento, y "s" la forma del proyectil.

En el trabajo original de Hatcher la cantidad de movimiento se obtenía de la siguiente manera:

$$m = Ek/V$$

O la energía era dividida por la velocidad: $(1/2 m v^2)/V$

Está claro que por este método uno obtiene solamente la mitad de la cantidad de movimiento, error que aparentemente en forma inconsciente se le deslizó a Hatcher. Por los propósitos de la fórmula, por ejemplo una escala relativa para comparar cartuchos, el error puede no importar, asumiendo que el mismo error ocurre en los valores de PDR de todos los cartuchos que se comparen.

La superficie del corte transversal del proyectil se obtiene rápidamente así:

$$a = \pi r^2$$

El área o superficie será igual al producto de π (3,1416) por el radio al cuadrado. Para medir el diámetro del proyectil se puede emplear un calibre y la mitad de ese valor dará el radio.

La forma del proyectil está expresada mediante el empleo de un "factor de forma" arbitrario, conforme el siguiente detalle:

<i>Aspecto del proyectil</i>	<i>Factor de forma</i>
Punta redonda, encamisada	0,90
Punta roma encamisada; también punta redonda de plomo	1,00
Proyectil de plomo punta roma (.44-40)	1,10
Punta roma <i>wadcutter</i> (sacabocado), de plomo	1,25

Los factores expresados generalmente son multiplicados por 1000 antes de su uso en la fórmula, por lo tanto el PDR será un número entero.

Hatcher no hizo especificaciones respecto de las balas encamisadas expansivas. Miller (1975) sugirió un método para manejar el asunto:

1) si el proyectil encamisado adquiere forma de hongo (por deformación) en forma similar al *slug* de plomo de igual calibre, masa y forma, el factor de forma debería ser considerado igual que para el proyectil de plomo;

2) si la bala encamisada se expande bien, se le dará el valor 1,25 como factor de forma.

g) *El así llamado poder de detención ("stopping power").*— El tema del poder de detención está rodeado de retórica y misticismo. Es dudoso que estos aspectos no racionales del tema alguna vez sean borrados. Sin embargo, es importante observar los puntos de vista teóricos más aceptables, a fin de tener alguna apreciación de cómo han sido clasificados los cartuchos respecto de la efectividad, por varios expertos. Sellier (1969) ha reseñado el tema con algún detalle. La siguiente discusión seguirá su argumentación.

Weigel (1962) sostiene que el efecto biológico de un proyectil es proporcional al volumen de la cavidad geométrica de la herida. Éste es un argumento razonable, basado en la premisa de que el tejido vivo es un sistema fisicoquímico que obedece a las leyes básicas

de la naturaleza. El volumen de la cavidad de la herida representa la extensión del daño hecho al organismo en cuestión; a mayor daño uno puede concluir que más efectivo es el proyectil.

En el trabajo de Weigel se emplearon tablas de pino como material de experimentación. Se encontró que la penetración "d" en este material podía ser descripta adecuadamente mediante la siguiente ecuación, donde "G" es el peso del proyectil:

$$d = 0,03 \cdot \frac{G \cdot V^{3/2}}{k^2}$$

El valor de "d" debería ser multiplicado por el área frontal de la bala, "F" para obtener el volumen del canal del disparo, "V" en madera:

$$V = d \cdot F \text{ y } F = \pi/4 \cdot k^2$$

El volumen es independiente del calibre "k"; es proporcional a la acción biológica "w".

$$W \approx V = d \cdot F$$

Este concepto es llamado *poder de detención* por Sellier.

La siguiente tabla arroja valores de "V" para diferentes cartuchos:

<i>W ≈ poder de detención</i>					
<i>Cartucho</i>	<i>W ≈ V</i> <i>(pulgadas³)</i>	<i>Pie-libras</i> <i>x pulgada²</i>	<i>d</i> <i>(pulgadas)</i>	<i>Pie-libras</i> <i>(*)</i>	<i>F</i> <i>(pulgadas²)</i>
.22 LR	.06	1	3.2	54	.02
.380	.15	6	3.7	156	.04
9 mm Luger	.27	13	6.8	315	.04
.38 Spec.	.26	11	5.7	239	.05
.44 Magnum	1.0	79	17.3	1316	.06
.45 ACP	.41	26	5.9	373	.07
(*) Energía en boca.					

En el contexto de la tabla anterior, el *poder de detención* está definido como:

Poder de detención = E (pie-libras) x F (pulgadas cuadradas).

La unidad de poder de detención está definida en términos métricos como:

1 (poder de detención) = 1 mkp x 1 cm cuadrado.

Esta relación convierte a:

1 (poder de detención) = 7,233 pie-libras x .155 pulgadas cuadradas.

Por ejemplo, el 9 mm *Luger* tiene una energía en la boca del cañón de alrededor de 315 pie-libras y un área frontal de .04 pulgadas cuadradas. Por lo tanto, el cartucho tiene un poder de detención de: $315 \times .099 = 13$.

La energía cinética absoluta del proyectil no es el factor crítico en los efectos biológicos del disparo; la energía absorbida por el cuerpo es el factor significativo. La energía no absorbida no puede trabajar para dañar tejido.

Cuanto mayor sea el área frontal del proyectil, mayor será el efecto de frenado. Como consecuencia, existe una mayor absorción de energía por parte del cuerpo, transmitida por el elemento actuante. El único efecto que produce la punta perforada es incrementar el frenado; los proyectiles semiencañados de punta blanda están diseñados en la misma forma, para realzar el efecto mencionado.

Por lo tanto, es importante multiplicar la energía del proyectil por la superficie frontal (corte transversal) para obtener una medida del efecto biológico. Ése es el poder de detención de acuerdo con el punto de vista de Sellier.

Obsérvese que el 9 mm *Luger*, el 7,63 mm *Mausser* y el .45 ACP tienen una energía en la boca de alrededor de 360 pie-libras. Los primeros dos cartuchos tienen balas que virtualmente exhiben la misma penetración y pierden casi la misma energía en el cuerpo, mientras que el .45 ACP, que posee un área frontal casi doble a la de cualquiera de los otros dos, permanece en el cuerpo, dejando en él toda su energía; su poder de detención es de 26.

Cowgill (1975) analizó el concepto del poder de detención relativo (PDR) como vinculado con la energía cinética del proyectil. Comparó el PDR de una determinada variedad de cartuchos para armas de puño, con las respectivas energías cinéticas entregadas a bloques de gelatina, por técnica gráfica. Surgieron en evidencia un número de aspectos cuestionables sobre el concepto de PDR. Por ejemplo, en la comparación gráfica el .44 *Special*, el quinto índice más grande de

PDR, a pesar del hecho que liberaba la cantidad más pequeña de energía cinética en el blanco. Dos deficiencias se convirtieron en obvias para el análisis de Cowgill:

1) el área frontal de la bala estaba dando demasiado peso en la fórmula PDR de Hatcher;

2) el factor de forma era arbitrario, al extremo que demandaba una seria revisión.

Es verdaderamente desafortunado que para un número determinado de aficionados a las armas, la fórmula del PDR de Hatcher se haya convertido en un tema de creencia casi religiosa. Hatcher era un científico físico y, como tal, comprendió que sus conclusiones y generalizaciones serían necesariamente modificadas, adaptadas y realmente podían ser descartadas por científicos sobre la base de datos experimentales más nuevos.

El análisis de Cowgill (1975) es útil para forzar una nueva y objetiva mirada al concepto de PDR.

h) *El criterio de la baja.*— La literatura militar da los siguientes valores para la energía necesaria para poner a un hombre fuera de combate, es decir, el mínimo de energía necesaria para producir una baja:

<i>Fuente</i>	<i>Energía, pie-libra</i>
Francia	29
Suiza	46
Alemania	58
Estados Unidos	58
Rusia	175

La notablemente alta estimación rusa no es fácilmente comprensible; no hay razón para concluir que las tropas rusas son mucho más resistentes a los efectos biológicos de las heridas provocadas por armas de fuego. El alto valor probablemente resulte de un único método de estimación sobre producción de bajas. Los valores obtenidos por los alemanes y los americanos parecen ser los que más probablemente asumen un promedio de hombre, en términos de edad, textura y estado psicológico.

i) *Pérdida de energía.*— Luego de un disparo cercano con la pistola *Colt .45*, con una velocidad en la boca de aproximadamente 181 metros por segundo, en el corazón, se ha observado que el tejido muscular a una distancia de alrededor de 1 centímetro (0,4 pulgadas aproximadamente) de la pared del canal de la herida, no ofrece virtualmente cambios.

La velocidad se pierde tan rápidamente como el proyectil atraviesa las variadas estructuras del cuerpo. Este hecho debe ser tenido en cuenta cuando se evalúa la efectividad de un cartucho para un propósito específico. Por ejemplo, una bala calibre 9 mm *Luger* disparada en la espalda de un individuo mostraría el siguiente patrón de pérdida de energía a medida que se mueve a través del cuerpo: velocidad en la boca, 280 m/s; en piel de la espalda, 250 m/s; impacto en el hueso vertebral, 190 m/s; perforación del mismo, 170 m/s; cavidad abdominal, 110 m/s; perforación de la piel del estómago y salida, 60 m/s. El último valor es la velocidad residual del proyectil que se mueve más allá del blanco.

Está claro que este cartucho imprime a la bala una velocidad en la salida de 280 m/s; luego de atravesar el cuerpo queda aún una velocidad residual de 60 m/s, la pérdida por pasar a través de este blanco ha sido de 220 m/s, con una bala de 8,10 gramos, lo que implica una pérdida de energía en el cuerpo de 20 kilográmetros y una residual de 12,4 kgrm del total original en la boca que era de 32,4 kilográmetros.

Aparece aquí un punto interesante como resultado de la pérdida eficiente de energía de un proyectil de calibre grande, al pasar a través de un material que oficia de blanco. Si el mismo atraviesa una sustancia tal como el vidrio, lámina de metal, ropa, madera u otro material, antes de hacer impacto en el cuerpo, su pérdida de energía en el blanco preliminar puede resultar tan eficiente y por lo tanto tan grande su cantidad que podría no ser capaz de atravesar el cuerpo.

Experimentos llevados a cabo por Stavenhagen en 1957 estuvieron vinculados con disparos de cartuchos calibre .45 ACP y 9 mm *Luger*, respectivamente, a través de diferentes sustancias en las que se incluía el vidrio y láminas de metal como blancos preliminares, luego de lo cual existían tablas de pino como blanco último o final. Los resultados fueron cotejados con los obtenidos mediante disparos directos sobre la madera de pino.

El proyectil calibre 9 mm, luego de atravesar el acero laminado, con un poder de detención de 13, penetró 11,43 cm en la tabla de pino. Por su parte, el correspondiente al calibre .45 ACP, con un poder de detención de 26, bajo condiciones similares, penetró solamente 1,52 centímetros.

<i>Cartucho</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Velocidad (m/s)</i>	<i>Energía (Kgrm)</i>	<i>Poder de detención</i>
.45 ACP	1,52	57	2,63	1
9 mm	11,43	250	25,5	7

Está claro que el proyectil calibre .45 ACP, luego de atravesar 2 mm de acero laminado con un poder de detención de 26, muestra otro remanente de sólo uno (1). Por el otro lado, el calibre 9 mm comienza con un poder de detención de 13 y luego de hacer lo mismo que el anterior, mantiene para este poder un valor de siete (7).

La velocidad residual de 57 metros por segundo para el calibre .45 ACP, luego de pasar a través del acero laminado, es suficiente como para perforar la piel humana, mientras que la velocidad del 9 mm Luger, luego del mismo hecho, es claramente letal.

j) *Volumen de la cavidad temporaria.*— Mediante cálculo es posible mostrar que el volumen de la cavidad temporal "V", en carne (o material de similar consistencia, como la gelatina), es proporcional a la superficie o área transversal "F" del proyectil, multiplicado por el cuadrado de la velocidad "V":

$$V \approx F \cdot V^2$$

k) *La anomalía de la penetración.*— En un estudio para comparar la efectividad del fusil 5 mm *Magnum* con el .22 *Magnum* de fuego anular, se llevaron a cabo experimentos de penetración en arcilla, con proyectiles disparados a una distancia de 46 metros y 95 metros, respectivamente (Lachuk, 1971).

Los resultados fueron:

<i>Distancia (metros)</i>	<i>Penetración (cm)</i>	
	<i>5 mm</i>	<i>.22 Magnum</i>
46	12,70	15,24
95	15,24	17,78

La penetración del blanco fue mejor a la distancia más larga.

Experimentos llevados a cabo por el ejército con el calibre .30 dio un patrón de comportamiento similar en arena y otros materiales similares, como arena seca, arena húmeda y tierra margosa o de moldeo (Hatcher, 1966).

Se ha sugerido que la deformación del proyectil cuando choca a la distancia más cercana, es mayor. Por consiguiente, hay más resistencia a la distancia más próxima de penetración del blanco, por cuanto el proyectil se encuentra más deformado. También se ha dicho que la estabilidad del proyectil puede ser mayor a mayor distancia (factor que hace a la mejor penetración).

Experimentos realizados por el doctor en física Charles G. Wilber, con proyectiles disparados con armas de puño, calibre .38, sobre blancos confeccionados con papel prensado, han dado los siguientes resultados:

<i>Distancia en metros</i>	<i>Penetración en centímetros</i>	
	<i>Super Vel. 7,12 gramos</i>	<i>Winchester 10,24 gramos</i>
6,40	5,08 cm	4,44 cm
11,00	5,08 cm	5,08 cm
22,00	7,62 cm	6,35 cm

1) *Cálculo de la penetración del proyectil (Cranz, 1921).*— La penetración de un proyectil en el material de un blanco puede expresarse mediante la fórmula:

$$X = \frac{P}{2\pi R^2 bgi} \log \left(1 + \frac{bVo^2}{a} \right)$$

“X” es la profundidad total de la penetración; “Vo” la velocidad inicial al momento del impacto; “R²π” la superficie de sección transversal del proyectil; “a” y “b” constantes que dependen de la natura-

leza del material que compone el blanco; "i" un coeficiente que depende de la forma de la punta del proyectil; "P/g" la masa de dicho elemento.

El tiempo "T" que le lleva al proyectil aludido penetrar totalmente tan lejos como pueda en el blanco, está dado por la fórmula:

$$T = P/\pi R^2 \sqrt{g i a b^{1/3} \cdot 1} (V_o \sqrt{b/a})$$

Los valores de "a" y "b" para materiales seleccionados son:

<i>Material</i>	<i>"a"</i>	<i>10⁶ b/a</i>
Piedra caliza	12.000.000	15
Mezcla de albañilería	4.400.000	15
Enladrillado	3.160.000	15
Arena	435.000	200
Arcilla	1.045.000	35
Tierra	700.000	60
Roble	2.085.000	20

Los cálculos han indicado que en general para la tierra, madera y mezcla de albañilería, el valor de $10^6 b/a$ puede tomarse conveniente.

El coeficiente "i" es 1 para los proyectiles esféricos; para los convencionales de punta redonda es de 2/3.

Una fórmula simple pero relacionada con el tema de la penetración, ha sido utilizada en Europa:

$$X = \frac{P k f (V_o)}{4 R^2}$$

"X" es la profundidad de la penetración en metros; "P" el peso de la bala en kilogramos; "2R" el calibre en centímetros; "k" el coeficiente que depende de la naturaleza del material a penetrar.

Los valores seleccionados de "k" son los siguientes:

Piedra de mezcla para albañilería	0,94
Concreto	0,64
Enladrillado	1,63
Tierra arenosa	2,94
Tierra arcillosa	5,87

Hay una fórmula puramente empírica para la penetración, propuesta por Journeé (mencionada por Cranz, 1921). El empleo de esta fórmula permite la estimación de velocidad mediante la medición de la profundidad de la penetración del proyectil.

Journeé sostiene que si un proyectil penetra un abeto, se obtiene lo siguiente:

$$X = 0,000093 \text{ d } V_o^2$$

“X” es la profundidad de penetración en centímetros; “d” el diámetro del proyectil en centímetros y “Vo” es la velocidad en el momento del impacto.

En fórmulas como la del tipo referido anteriormente, uno no debe dejarse llevar por el impulso de atribuirles total precisión; deben ser consideradas como generalizaciones matemáticas, pudiendo brindar estimaciones. Pero aun almacenando información en computadoras todavía dan aproximaciones. Es importante también que los ítems de cada ecuación vayan surgiendo sobre la base de la experimentación.

La anomalía de la penetración oportunamente referida fue observada por científicos balísticos franceses alrededor del año 1900, quienes notaron que las profundidades mayores de penetración tenían lugar a distancias significantes de la boca del cañón. Los experimentos realizados en aquella época mediante el empleo de proyectiles utilizados en el ejército francés, mostraban lo siguiente:

<i>Distancia en metros (boca cañón - blanco)</i>	<i>Profundidad de penetración en centímetros</i>		
	<i>arena</i>	<i>tierra suelta</i>	<i>roble</i>
10	11	25	20
40	18	39	19
100	32	62	18
300	46	77	17
600	38	63	15

La peculiaridad observada está explicada por la compresión del proyectil que se mueve dentro del blanco a diferentes velocidades. Si su velocidad de impacto es grande, la compresión del proyectil incrementará la superficie del corte transversal del mismo. El

efecto del cambio, en las fórmulas anteriores, πR^2 es más significativo que el rol de " $a + b V^2$ ". De tal manera la resistencia al paso del elemento se ve muy incrementada y la profundidad de la penetración es menor. A bajas velocidades (como uno esperaría a mayores distancias boca cañón - blanco), aparece una compresión menor y el área seccional del proyectil se incrementa menos; ello se traduce en menor resistencia a la penetración.

m) *Los cartuchos "Magnum".*— Hay cierta mística que rodea a los así llamados cartuchos y armas de puño. La palabra *magnum* proviene del latín y simplemente significa *grande*. Los cartuchos de este tipo son más grandes que los convencionales del calibre en cuestión y, por lo tanto, pueden llenarse con más pólvora.

El revólver y el cartucho .357 *Magnum* fueron desarrollados para satisfacer un requerimiento o demanda de un cartucho del tipo .38 *Special* que tuviese más energía para su empleo en la caza o a nivel policial. Lo mismo ocurrió con el .44 *Magnum*, desarrollados (arma y cartucho) a partir del .44 *Special*. Es importante aquí señalar que, a medida que la velocidad y energía del cartucho calibre .44 crecen, la precisión declina.

No deben confundirse los revólveres y pistolas *Magnum* con los fusiles *Magnum*. Estos últimos son armas potentes destinadas a la caza bajo condiciones especiales. Es realmente pasmosa su efectividad.

Por otra parte, las armas de puño *Magnum*, comparadas con los fusiles, poseen baja velocidad y energía. Por ejemplo, los valores promedio de energía en la boca del cañón de las primeras son los siguientes: .38 *Special* alta velocidad, 58,70 kilográmetros; .45 *Colt*, 56,70 kilográmetros; .45 *Automatic*, 50 kilográmetros. Nos hemos referido a las de calibre estándar; en cuanto a las *Magnum*, tales valores son: .357 *Magnum*, 96,70 a 117,50 kilográmetros; .41 *Magnum*, 69,50 a 138,30 kilográmetros; .44 *Magnum*, 159 kilográmetros.

Los siguientes valores de fusiles *Magnum* muestran las diferencias dramáticas que existen: .357 *H & H Magnum*, 622,13 kilográmetros; .378 *Weatherby*, 829,55 kilográmetros; .460 *Weatherby*, 1106 kilográmetros.

Aun los calibres ordinarios para fusiles ilustran las pronunciadas diferencias existentes respecto de las armas de puño, en rela-

ción con la energía (potencia) desplegada cuando el proyectil abandona el arma; veamos para ello los siguientes ejemplos: 6 mm *Remington*, 276,54 kilogrametros; 30-30, 248,88 kilogrametros; 30-06, 355,35 a 414,81 kilogrametros; .32 *Special*, 253 kilogrametros; .303 *British*, 336,70 kilogrametros. Resulta obvio que el fusil ordinario es un arma mucho más potente que el arma de puño *Magnum* más efectiva. Por lo tanto, es importante no confundir la efectividad de unos con la de otros, ya que se encuentran en diferentes y claros órdenes de magnitud.

No es cuestionable que las armas de puño *Magnum* causen más daño (heridas) que las convencionales, siempre y cuando el tirador tenga la habilidad de acertar el disparo. Sin embargo, aun los fusiles ordinarios provocan heridas más serias que las armas convencionales o *Magnum* de cintura, a excepción de algunos fusiles obsoletos y otros de pequeño calibre.

n) *Experiencia médica práctica con heridas producidas por armas de fuego.*— El tratamiento quirúrgico de heridas de armas de fuego en civiles, ha confirmado (en EE.UU.) la clave del rol de la velocidad del proyectil. Los cirujanos que tratan tales heridas están interesados en la *velocidad eficaz*; es decir, la diferencia entre la velocidad de impacto del elemento y la velocidad que mantiene el mismo luego de atravesar el cuerpo. Obviamente, si el proyectil nunca abandona el cuerpo no existirá velocidad residual de interés; la velocidad de impacto será, esencialmente, la velocidad eficaz (Amato y cols., 1974).

Con proyectiles de fusil que se mueven a 914 metros por segundo, el diámetro máximo de la cavidad temporaria es treinta veces la medida del proyectil original. La cavidad temporaria atraviesa un período de oscilación o pulsación que dura aproximadamente 5 a 10 milisegundos. En un órgano blando como el hígado esta cavidad puede resultar más grande que en un músculo.

La velocidad es crítica también para la fractura de huesos; la experiencia quirúrgica sugiere que el umbral de velocidad para la fractura del hueso humano es de 61 metros por segundo (velocidad de impacto).

En un artículo titulado *Modelos de heridas producidas por proyectiles de fusiles militares*, publicado en "International Defense Review", 1/89, ps. 59 a 64, realizado por Martin L. Fackler, se analizan

los daños causados en tejidos blandos de organismos vivos por diferentes calibres y tipos de proyectiles de fusiles militares. El autor, coronel médico del ejército de los EE.UU., es además director del Laboratorio de Balística de las Heridas del Instituto "Letterman" de Investigaciones del Ejército, habiendo acumulado enorme experiencia durante el conflicto de Vietnam, donde se desempeñó como médico militar. Sus investigaciones y ensayos sobre modelos que ejemplifican tejidos orgánicos, utilizando rayos X y fotografías, constituyen un aporte significativo oportuno de comentar.

Uno de los temas tabúes referidos a las armas militares, es el del daño que causa un proyectil al hacer impacto y atravesar el tejido humano. Resulta obvio que el tema se haya considerado de tal manera en virtud de que las conferencias internacionales se preocuparon por poner límites al efecto de los proyectiles y armas antipersonales. Fackler, en colaboración con el médico forense Richard T. Mason, partió de dos presunciones:

1) los cirujanos que tratan daños causados por un proyectil, salvo raras excepciones, carecen en general de conocimientos prácticos en cuanto a los efectos causados por el mismo;

2) los intentos para completar esa información con fórmulas, gráficos, experimentos imperfectos, hipótesis inválidas y teorías basadas en verdades a medias (o sin verdades en absoluto), sólo han servido para aumentar la confusión.

En la historia de la medicina le correspondió a los cirujanos militares llegar a un conocimiento muy profundo del organismo humano ya que sus pacientes eran generalmente hombres sanos heridos.

Cuando se analizan los efectos de un proyectil destinado a perforar blindajes, por ejemplo, los ensayos pueden repetirse tantas veces como sea necesario hasta encontrar los materiales y perfeccionar la balística interior y exterior para que produzca el efecto deseado. Con las municiones antipersonales el diseñador conoce al proyectil hasta el momento en que hace impacto e ignora científicamente qué sucede después.

Para conocer el comportamiento del proyectil desde el momento en que hace impacto, Fackler utiliza un método llamado "perfil o contorno de la herida" (*wound profile*). A tal fin enuncia que los cortes describen el máximo desgarró que puede esperarse que un determinado proyectil produzca en el tejido elástico de un animal vivo, y agrega que la cavidad permanente indicada en los perfiles de las he-

ridas, es el orificio causado por el elemento al destruir el tejido con el que choca, en tanto que la cavidad temporaria muestra la extensión aproximada del estiramiento de las paredes de este orificio unos pocos milisegundos después del pasaje del elemento actuante (muy parecido a una zambullida en el agua).

El patólogo forense, cuando estudia una herida de bala, debe establecer la dirección o el ángulo del disparo, la profundidad a la que penetró, la posición (desviado o recto) y la forma en que lo hizo (deformado, fragmentado), además de la distancia aproximada a la que se estiraron las paredes del orificio después de que el proyectil pasó (cavidad temporaria). Con esos datos puede comprender la mecánica de la herida.

En el artículo se grafican perfiles de heridas y se describen las características de los proyectiles más comunes empleados en la actualidad en fusiles militares. Esa información debería darle al cirujano militar alguna idea de *qué esperar*. Si la configuración de las heridas que actualmente trata difieren en forma significativa del perfil esperado, podría ser el primer indicio de un cambio en el arma o en el tipo de proyectil del enemigo. La figura ocasionada por la fragmentación de los proyectiles tal como se ve con los rayos X, o aun la forma del desgarrar del tejido, como se observa en el cuerpo, puede compararse con la serie de perfiles de heridas para estimar el tipo de proyectil utilizado cuando el mismo haya atravesado completamente el cuerpo y no sea posible recoger el proyectil o algunos de sus fragmentos.

Fackler analiza las características de los proyectiles de fusil actualmente en servicio y hace una tipología de las heridas más comunes capaces de producir, refiriéndose a diversos cartuchos de origen soviético, yugoslavo, norteamericano, alemán, etc. A manera ejemplificativa se grafica a continuación el corte de herida de proyectil 7,62 x 51 mm versión norteamericana, que casi nunca sufre deformaciones al hacer impacto sobre tejido blando y que conserva su trayectoria a pesar de que pivotea sobre su eje longitudinal a partir de los 16 centímetros.

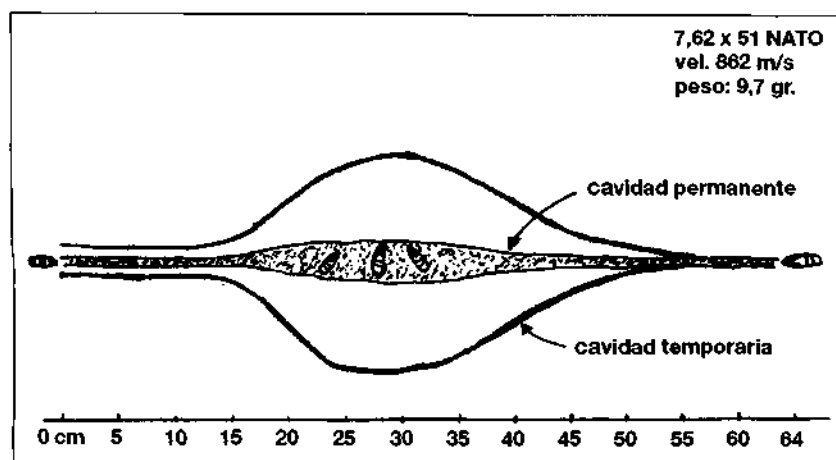


Figura 65

7,62 x 51 mm OTAN (norteamericano). Proyectil totalmente encamisado en cobre. Al hacer impacto en el tejido el proyectil no se deforma, pero se desvía hasta 90 grados para después de alcanzar la posición de la base hacia adelante, continuar el resto de su trayectoria casi sin desvío. En los primeros 16 cm, luego del impacto, el elemento continúa con la punta hacia adelante. La herida abdominal, con un trayecto suficientemente largo de modo que el proyectil se desvíe causando la gran cavidad temporaria que se ve a profundidades de 20 a 35 cm, se espera que sea muy grave. Si el trayecto del elemento es tal que la cavidad temporaria ocurre en el hígado, este gran desgarró en el tejido hace poco probable la supervivencia.

En el gráfico anterior se observa el recorrido y la cavidad permanente que produce el proyectil, con pequeños orificios de entrada y de salida.

El artículo de mención es categórico al señalar que la distancia que el proyectil de tipo militar recorre en trayectoria rectilínea antes de desviarse, es crítica para los efectos del daño y advierte que es importante reconocer cuánta variación de tiro a tiro, a esta distancia promedio, puede esperarse. Como ejemplo cita que el proyectil 5,56 mm se desvía a partir de los 9/15 cm en cada siete de diez disparos, por lo que la dispersión del 25% es una norma que puede aplicarse a los demás proyectiles, aunque dice que son incongruentes los efectos que se han notado en heridas causadas por el M 16 y otros proyectiles militares modernos, causa por la cual se imponen ensayos para determinar fehacientemente los daños que pueda causar cada tipo de elemento.

La masa del proyectil y la velocidad de choque establecen la potencia del mismo; fijan el límite de desgarramiento de tejido que puede producir. La forma y construcción del proyectil determinan qué parte de esa potencia realmente se emplea para desgarrar tejido; éstos son los mayores determinantes del efecto del proyectil.

Los proyectiles obsoletos de gran calibre utilizados a fines del siglo XIX y comienzos del actual, con punta redonda, fueron investigados también por Fackler, quien concluyó que recorren 50 cm de tejido antes de comenzar a desviarse, por lo que aun aquellos soldados con heridas en el pecho de lado a lado, en las cuales el proyectil no dio en el corazón (pero atravesó el pulmón), estarían en condiciones de reunirse con sus unidades en unas pocas semanas.

Casi un capítulo aparte lo constituyen los nuevos tipos de cartuchos que se han desarrollado para el fusil de combate del ejército norteamericano en el programa ACR (*advanced combat rifle* - fusil de combate avanzado). En este aspecto el daño que pueden causar en el tejido humano los proyectiles para tales armas, es información clasificada. Sin embargo, Fackler realizó sus propias especulaciones basado en sus conocimientos sobre proyectiles similares.

Los desarrollos de la munición del fusil ACR giran alrededor del proyectil de acero tipo flecha, estabilizado por aletas (Steyr-Mannlicher y AAI), los proyectiles dobles (*Colt*) y la modalidad de tres disparos simultáneos a elevada cadencia (Heckler & Koch).

Sobre el proyectil tipo flecha expresa que produce una lesión mínima, ya que su estabilidad está dada por las aletas antes que por la rotación, y las aletas estabilizadoras trabajan igualmente en el tejido, manteniendo el proyectil apuntando hacia adelante. Recorriendo en esta posición causa un desgarramiento mínimo de tejido y casi no provoca cavidad temporaria.

En relación con la ráfaga de tiros simultáneos, que hacen impacto con unos pocos centímetros de distancia una de otra, cada proyectil pegará sucesivamente dentro de los 30 milisegundos en distancias de hasta 50 metros. Fackler predice que la primera pulsación de la cavidad temporaria (expansión y colapso) podrá durar de 10 a 12 milisegundos; varias pulsaciones de similar duración le seguirán. El tejido aún estará en movimiento en la cavidad temporaria, causada por la primera munición, cuando se produzca la segunda cavidad temporaria, y así la tercera.

Los ensayos mencionados por Fackler brindan alguna luz so-

bre el comportamiento de algunos tipos de proyectiles luego de que los mismos hacen impacto, información ésta para el médico que debe atender esas heridas, así como para el diseñador del cartucho. No obstante ello, existe una limitación, y es la de que están circunscritos a la consideración de un organismo tipo, compuesto por tejidos únicamente. La realidad puede ser muy diferente, ya que un proyectil, al hacer impacto y continuar su recorrido, probablemente encuentre en su camino elementos de diferente consistencia, tales como partes de uniforme, huesos, etc., que alteren no sólo la trayectoria sino que también pueden causar deformaciones y diferentes grados de fragmentación del proyectil, con la consecuente diferenciación en los daños. Cada herida es única, pero una tipología de los daños que causan diferentes proyectiles constituye una información de relevante importancia.

ñ) *El rebote.*— El rebote de un proyectil es el salto, la botadura o el vuelo con un ángulo determinado, luego de haber impactado sobre un objeto o una superficie, pudiendo la misma ser dura como una roca, cemento o mampostería, y también la del agua.

El rebote es el comportamiento peligroso de todos los proyectiles. Los que poseen superficies duras como los totalmente encamisados o con porciones de camisa agudas o penetrantes, tienden a rebotar fácilmente. Las balas de plomo blando o de mezclas quebradizas de este mismo material, tienden a fragmentarse antes que desviarse de una superficie dura.

En general, la tendencia al rebote o desvío es mayor a medida que la velocidad del elemento decrece.

El rebote puede ocurrir idealmente cuando un proyectil choca contra una superficie dura a un ángulo comprendido entre los 0 y 90 grados, con la horizontal. En una situación ideal (una bala relativamente dura con punta redonda que impacta en una superficie de dura consistencia), el ángulo que forma al desviarse de la superficie dura será igual al del impacto sobre tal superficie: el ángulo de impacto será igual al ángulo de rebote. La textura de la superficie y de la bala así como también la elasticidad de ambos, actúan para modificar el ejemplo ideal. En experimentos prácticos el ángulo de desvío es menor que el de impacto.

Los proyectiles rebotan en la superficie del agua como si fuera una superficie dura. En un conjunto de pruebas realizadas en

EE.UU., utilizando la superficie del océano, se verificó que raramente rebotan, salvo que el ángulo fuera menor de 25 grados respecto de la horizontal.

Pruebas concretadas con esferas metálicas de 5,91 gramos cada una, proyectadas con un arma con cañón de ánima lisa, sobre agua fresca y estanca a velocidades de 623 metros por segundo y a diferentes ángulos de impacto, permitieron verificar que el rebote sólo se producía con ángulos inferiores a los 7 grados. A ángulos superiores el proyectil se sumergía (Cranz y Becker, 1921). En todos los casos el ángulo de rebote era menor que el de impacto.

Algunas experiencias sobre superficies con césped, arrojaron valores similares a los mencionados para el agua.

Pruebas llevadas a cabo por la Marina de los Estados Unidos indicaron que hasta una ametralladora calibre .50 disparada sobre la superficie del océano con un ángulo de impacto de 90 grados, es peligrosa para una persona sumergida, sólo hasta una distancia de 1,53 metros (por debajo de la superficie del agua). En otras palabras, si una persona sumerge su cuerpo bajo la superficie, está segura de hasta un disparo directo de fusil pesado. Si el ángulo de impacto está comprendido entre los 45 y 60 grados, el proyectil sólo será letal hasta aproximadamente 1,22 metros debajo de la superficie. Un fusil calibre .30, disparado verticalmente hacia el agua, puede infligir una herida seria a 0,31 metros por debajo de la superficie pero no a 0,62 metros.

Sellier (1969) coincide en que por lo general, el rebote ocurrirá cuando el ángulo de impacto sea igual o menor a 7 grados, respecto de la horizontal. Sin embargo, advierte que si las superficies son ásperas o toscas, irregulares, congeladas o cubiertas de rocas, el rebote puede ocurrir a mayores angulaciones.

Similares resultados fueron observados sobre terrenos cubiertos de hielo. Se dispararon perdigones de 3,5 mm de diámetro hacia una silueta humana, desde una distancia de 30 metros. Luego se concretaron otros disparos frente al blanco, a una distancia de 14,63 metros. Se tomó nota de todos los tiros certeros, comprobándose que la razón o proporción entre rebotes y los que no lo fueron era de 1 a 3.

¿Es posible determinar a través del examen de las huellas de impacto del disparo de un cartucho de escopeta, que aparezcan en la tierra o suelo, en una pared o en la víctima, si se trató de un disparo directo o si los perdigones previamente rebotaron en su desplaza-

miento? Tanto con proyectiles únicos como con conjunto de perdigones o postas, tal determinación es posible y se hace a menudo. Las fuerzas que actúan sobre un perdigón incluyen la presión del disparo sobre la pared interna del cañón y la presión de los perdigones entre sí a medida que atraviezan el ánima, todo lo cual hace que tales fuerzas deformen cada elemento (perdigón, posta, etc.) de una manera impredecible. Asimismo, los proyectiles recuperados del cuerpo de la víctima pueden poseer deformaciones causadas por el choque con huesos.

Cuando uno toma en consideración todas estas fuerzas que pueden confundir el resultado, es evidente que el trayecto de cada proyectil sólo puede ser determinado reconstruyendo la situación real de tiro, utilizando testigos oculares o la evidencia física tal como quedara en el lugar del hecho.

o) *Disparos indirectos.*— Suele ocurrir que las fuerzas policiales hagan uso del efecto de rebote mediante el disparo indirecto con escopetas. Tal técnica se emplea cuando debe ser atenuado el impacto completo; en lugar de apuntar al blanco en forma directa, un delincuente, por ejemplo, la carga balística se proyecta hacia la calle u otra superficie dura, frente al blanco. El conjunto de proyectiles rebota entonces hacia el objetivo, pero la velocidad y energía de cada perdigón o posta (de plomo o caucho) ha quedado reducida.

De acuerdo con la "National Rifle Association of America" (NRA), EE.UU., si el guardián del orden se encuentra entre 14 y 37 metros del blanco, debería apuntar su escopeta de manera tal que la carga de proyectiles haga impacto en el pavimento a una distancia de 6,50 metros antes del blanco; de esta manera, el rebote llevará los elementos a no más de 0,76 cm de altura al hacer impacto (NRA, 1968). Se ha comprobado que las postas cuyo diámetro es de 6,09 y 8,64 mm funcionaron muy bien en este aspecto.

Se han llevado a cabo pruebas específicas de eficiencia respecto de disparos indirectos (Sellier, 1969). Se utilizó para ello tierra cubierta de hielo como superficie reflectora de la carga de proyectiles. Se reconoció que también habría rebote sobre tierra suave, fangosa o cubierta de césped. En una serie de experimentos se emplearon perdigones de 2,5 mm de diámetro, los que fueron disparados sobre tierra dura a una distancia de 10 metros. En la línea de fuego, a 40 metros más allá del punto de impacto, se colocó un gran

blanco de 1,82 metros de lado. Este último evidenció 23 impactos, o sea el 7% del total de perdigones disparados con el cartucho.

Sellier (1971) hizo un detallado análisis de la desviación y deformación. Encontró que la cantidad de movimiento (masa x velocidad) es crítica para determinar la cantidad de desviación. Si las superficies de rebote son metálicas y planas es posible tener una desviación con un ángulo de 65 grados. En tal circunstancia la energía del proyectil desviado será baja.

La deformación de un proyectil que impacta o perfora diversos materiales depende del tipo (plomo, encamisado, semiencausado, forma redondeada), la velocidad de impacto y la naturaleza del blanco (madera, gelatina, hueso, acero o arena, por ejemplo). Cuando se encuentran involucrados materiales mezclados tales como músculo, piel, hueso o concreto reforzado, el sistema se convierte en complejo y resultan difíciles las predicciones de lo que pueda ocurrir.

p) *La deformación de los proyectiles.*— La apariencia de un proyectil puede dar al observador información sobre su actividad previa, si es que puede explicar las marcas que presenta. Bajo la expresión *deformación* utilizada en su sentido más amplio, están todos los cambios que ocurren en la así llamada bala virgen, desde su salida del cartucho que la contenía hasta su punto final de impacto.

En esta categoría general no se encuentran incluidas las marcas de estriado que le imprime el ánima del cañón, que son particulares de cada arma. La deformación en una bala disparada puede ser apreciable o mínima; la misma está influenciada por la medida del proyectil y también por el material a través del cual se mueve (arena, hueso u otro), depende de la naturaleza del proyectil en sí mismo; por ejemplo, el ser totalmente blindado en vez de semiblandado modifica la deformación. Su forma también es importante y, por supuesto, si es o no de punta perforada también lo es. La dureza de la aleación de plomo influirá en el grado y la naturaleza de la deformación.

La velocidad de impacto juega un rol importante en el aspecto mencionado. Si el material sobre el cual impacta el elemento es un fluido homogéneo, tal como la gelatina o un músculo, puede fácilmente calcularse la presión de deformación "p" o fuerza de expansión que actúa sobre la superficie frontal del proyectil.

La ecuación es la siguiente:

$$P = d/2 V_a^2 f \text{ (kP/cm}^2\text{)}$$

“d” es la densidad; “ V_a ” la velocidad de impacto en metros por segundo; “f” es un factor de forma para la punta del proyectil; “k” es el calibre; “p” la presión y “P” la fuerza de expansión.



Figura 66

Proyectil y ojiva deformada.

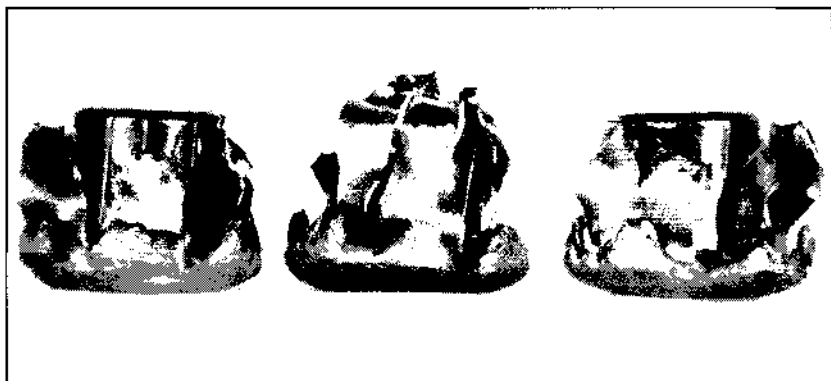


Figura 67

Deformaciones frecuentes de ojivas de proyectiles, que adoptan la forma de "hongo".

Se han llevado a cabo experimentos disparando proyectiles calibre .38 *Special*, semiencaamisados y de punta perforada, a través de 20% de gelatina, a diferentes velocidades. El grado de deformación de los mismos, en las condiciones referidas, fue graficado en ejes de coordenadas cartesianas ortogonales. Sobre el eje horizontal se distribuyeron las distancias de penetración, en centímetros; sobre el eje vertical se hizo lo propio colocando las velocidades en metros por segundo. También se ubicó en el gráfico cada proyectil, conforme el punto de intersección de coordenadas que le correspondía. Examinado el mismo resultó manifiesto que la velocidad de un impacto de 190 a 195 m/s (620 pies/segundo) es esencial para que el elemento evidencie el grado más ligero de deformación, aun penetrando 15 cm. A velocidades de impacto de 400 m/s (1320 pies/s) o superiores, la deformación se inicia casi al momento del impacto; cuando ya ha recorrido 5 cm en el bloque de gelatina aparece una excelente conformación con diseño de *hongo*; a los 15 cm de penetración la deformación es completa y adquiere forma de disco.

Los resultados experimentales mencionados (de origen norteamericano) evidencian entonces que una bala semiencaamisada, punta perforada (*hollow point*) y blanda, no se expandirá adquiriendo aspecto de *hongo*, simplemente por su forma; adicionalmente a ello se necesita una velocidad mínima que la provoque.

Sobre la base de lo expresado no es posible sostener que las ba-

las de punta perforada provoquen heridas inhumanas. Al respecto, en cuanto al calibre .38 *Special* para revólver se refiere, su proyectil alcanza una velocidad de alrededor de 260 m/s (850 pies/s), por lo tanto su efecto sobre la carne sería casi el mismo que el de la bala convencional de plomo con punta redondeada. Obviamente, diferente será el resultado con la bala de punta hueca oportunamente mencionada, si la misma está contenida en un cartucho calibre .357 *Magnum*, donde podemos encontrar velocidades de 460 m/s (1500 pies/s); su efecto es abrumador.

La interacción del proyectil con el blanco es una función del cuadrado de la velocidad, por ello la deformación es más pronunciada a medida que aquélla se incrementa. Esta generalización es verdadera si el proyectil culmina su recorrido dentro del blanco y no lo perfora.

Con la bala de plomo de punta redonda tal como la que se emplea normalmente en los revólveres calibre .38 *Special*, con una velocidad de aproximadamente 250 m/s, la deformación máxima puede observarse si tal elemento atraviesa el muslo o la parte superior del brazo y se topa con el hueso allí existente. En dicha situación alcanza a este último elemento con una velocidad remanente de 170 a 220 m/s, suficiente como para producir deformación. Cuando como producto de la deformación contra el hueso se incrementa la superficie transversal del proyectil, éste rápidamente pierde velocidad y no avanza mucho más dentro del cuerpo.

Los proyectiles disparados con fusil a velocidades superiores a los 305 m/s y a distancias relativamente considerables, siempre muestran deformación cuando chocan contra piel y especialmente contra hueso.

q) *Deformación paradójica.*— Si el hueso hueco es penetrado por una bala de plomo, el grado de deformación de la misma parece paradójico. Por ejemplo, si las velocidades de impacto de las primeras son 490, 820 y 1214 pies por segundo (150, 250 y 370 m/s), respectivamente, el grado de deformación del proyectil es menor a medida que la velocidad de impacto se incrementa (Sellier, 1971).

r) *Experimentos biomédicos y velocidad del proyectil.*— Estudios experimentales han confirmado nuevamente los resultados de

viejas investigaciones sobre el rol central de la velocidad del proyectil en la efectividad para herir (Clemenson y cols., 1973).

Se disparó en la cabeza de animales anestesiados con distintos tipos de cartuchos para armas cortas y se examinaron luego, en detalle, las heridas resultantes. Los tipos de munición empleados fueron:

<i>Tipo</i>	<i>Calibre y peso de la bala</i>	<i>Velocidad en la boca del arma</i>
1	7,62 mm; 9,45 gramos	800 m/s
2	5,56 mm; 3,50 gramos	960 m/s
3	5,56 mm; 2,77 gramos	1090 m/s

Para cada disparo se calculó el cociente entre el área del orificio de salida (A_s) y el área del orificio de entrada (A_e). Se obtuvo así un gráfico sobre coordenadas cartesianas ortogonales, donde se volcaron tales valores y las correspondientes velocidades de impacto; resultó una curva en forma de "S". La misma acusó un valor crítico entre los 850 y 900 metros por segundo. Debajo de esos valores las huellas de heridas eran típicas de las que se observan en altas velocidades, con grandes orificios de salida.

Entre velocidades de aproximadamente 850 m/s a 950 m/s, el cociente de A_s/A_e ascendió pronunciadamente de 2 a 16, formando luego una meseta que llegaba hasta los 1100 m/s. El tamaño de la herida de salida del elemento era claramente una función de la velocidad de impacto.

También se concretaron disparos con los tres tipos de munición referidos, en cerebros cuyos picos de onda de presión fueron medidos en forma precisa con transductores de presión piezoeléctricos. Los picos de presión captados en los cerebros tomados de modelo, variaban directamente con el cuadrado de la velocidad del proyectil. El peso de la bala era insignificante en esta consideración.

Durante el transcurso del estudio quedó revelado un hecho importante: los proyectiles de alta velocidad con una energía de impacto comprendida entre los 150 y 200 kilográmetros provocaban mayor daño en la cabeza que aquellos con velocidades más bajas y mayores masas, que producían energías de 25 a 300 kilográmetros.

Cuando se trata de desarrollo de experimentación cuidadosamente controlada, los valores cuantitativos que se obtengan sobre heridas de bala refuerzan el argumento de que la velocidad es el factor principal, es decir preeminente en la producción de las mismas.

s) *Efectividad de la herida.*— En términos de efectividad para producir heridas, los cartuchos pueden ser divididos en cuatro grupos, de acuerdo con sus rangos de velocidad:

- 1) debajo de 400 m/s;
- 2) de 400 a 600 m/s;
- 3) de 600 a 1100 m/s;
- 4) por encima de 1100 m/s.

Los proyectiles con una velocidad de 394 m/s o menos, producen heridas no notables o extraordinarias. Si chocan contra hueso probablemente lo rompan y puedan aquéllas deformarse.

Los proyectiles correspondientes al grupo número 2, indican con su valor de velocidad la probabilidad de un comienzo de expansión o conformación con diseño de hongo. El daño en la piel es mayor que con los del grupo 1. Si perforan el cuerpo el orificio de salida es mucho mayor en diámetro que el de entrada y, por supuesto, mucho más grande que el diámetro de expansión del proyectil.

Los del grupo 3 pueden producir las así llamadas heridas explosivas, usualmente provocadas por fusiles de servicio y deportivos. La velocidad de choque debe estar por encima de los 600 metros por segundo para causar tales heridas (Sharma, 1973).

Las pistolas y revólveres son armas de baja velocidad. Generalmente desarrollan velocidades en la boca del cañón de 200 a 396 m/s. La lesión en la piel es mínima, la muerte resulta por el daño a órganos vitales o por el resultado de infecciones secundarias.

Los proyectiles del grupo 4 poseen velocidades extremadamente altas, son raros. Es por ello que se posee poca información sobre sus efectos en el hombre.

El poder de penetración de los proyectiles encamisados para armas de puño puede expresarse con la siguiente ecuación:

$$Sm = 1,94 \sqrt[4]{E^3/k^5}$$

“Sm” es el espesor de una lámina de metal; “E” es la energía de impacto, y “k” es el calibre de la bala utilizada (Bock-Weigel, 1968).

Como ejemplo de estas relaciones calculemos a qué distancia una bala calibre 9 mm *Luger* de 8 gramos, perfora una lámina de acero de 0,5 mm de espesor. La energía requerida será de:

$$0,5 = 1,94 \sqrt[4]{E^3/9^5} = 1,94 \sqrt[4]{E^3/59049}$$

$$(0,5/1,94)^4 = E^3/59049$$

$$0,004 = E^3/59049$$

$$E^3 = 0,0044 \times 59049 = 260,5467414$$

$$E = 6,39 \text{ kilogrametros}$$

¿A qué distancia la bala 9 mm *Luger* posee esa energía?

Las tablas balísticas específicas indican que entre 800 y 900 metros.

5. IMPACTO DE PROYECTILES EN VIDRIO

Resulta muy frecuente, especialmente en las grandes ciudades, que como producto de un tiroteo, atentado, homicidio y aun suicidio, resulte dañado o perforado el vidrio de una ventana, puerta u objeto que contenga dicho material. Similar apreciación cabe para los automóviles y medios de transporte en general.

En términos generales y únicamente con un propósito técnico-informativo podemos decir que el vidrio plano (mucho más frecuente que otros) posee un proceso de producción que comienza con la recepción, almacenaje, dosificado y mezclado de las materias primas. Las materias primas llegan a las fábricas a granel o en bolsas y son llevadas a los silos de almacenamiento y dosificación, pasando previamente por controles de laboratorio. Los componentes dosificados y pesados se mezclan homogéneamente y se les adiciona una proporción de vidrio triturado, en un punto de su recorrido hacia la boca del horno o zona de enforraje (zona de acceso de las materias primas correctamente dosificadas y mezcladas; mediante un mecanismo especial se las introduce en forma continua y automática).

Luego de ello pasan a la zona de fusión, donde son sometidas a la temperatura de fusión, la más alta que se registra en el horno; en esta zona están ubicados los quemadores que calientan los componentes por radiación. Seguidamente y ya en la zona de afinado, se ultima la homogeneidad del vidrio, se expulsan las inclusiones gaseosas y las materias volátiles. Finalmente, en la zona de trabajo, el vidrio es estirado hacia arriba verticalmente. Al llegar al piso de corte se le extraen los bordes y se lo coloca sobre carros que lo transportan a los almacenes.

a) *Materias primas.*— Las materias primas utilizadas en la fabricación del vidrio plano transparente y los componentes que aportan son los siguientes:

<i>Materia prima</i>	<i>Componentes aportados</i>
Arena	sílice y óxido férrico
Carbonato de soda	óxido de sodio
Calcita	óxido de calcio
Dolomita	óxido de calcio y óxido de magnesio
Feldespato	sílice; óxidos de aluminio, potasio y sodio
Sulfato de sodio	óxido de sodio

b) *Función de cada componente.*— La sílice es el principal elemento de formación del vidrio y el que le da su carácter vítreo al producto. Dada la viscosidad extremadamente alta de la sílice fundida, se le agregan fundentes como el óxido de sodio. El óxido de calcio baja la viscosidad del vidrio en el horno y la disminuye rápidamente en su elaboración, lo cual se realiza a menor temperatura permitiendo su adaptación al sistema de producción.

Estos tres elementos completan la estructura sílico-sódico-cálcica de los vidrios planos para la construcción; a esta combinación se agregan otros elementos que aseguran la estabilidad propia del vidrio frente al ataque de agentes desintegradores.

Óxido de magnesio: propiedades similares al óxido de calcio y mayor influencia en la resistencia al ataque de agentes atmosféricos.

Óxido de aluminio: aumenta la viscosidad del vidrio fundido, la durabilidad del producto terminado y retarda el proceso de devitrificación.

Óxido férrico (introducido por la arena como una impureza): le da al vidrio una ligera coloración verdosa.

Anhídrido sulfúrico: es un agente de afinado muy importante.

Para la obtención de vidrio de color se incorporan a la mezcla determinados porcentajes de materiales colorantes tales como cobalto, níquel, hierro, etcétera.

c) *Algunas aplicaciones especiales del vidrio plano.*— 1. *Control térmico.* Existen varios métodos para controlar el ingreso de calor al edificio a través de las ventanas; uno de ellos es utilizar un vidrio o sistema de vidrios de control solar.

Los vidrios de control solar son aquellos que, por el agregado de partículas colorantes durante el proceso de fabricación o por tratamiento posterior, transmiten un porcentaje de radiación solar inferior a la obtenida por intermedio de un vidrio plano incoloro. Podemos clasificarlos en dos tipos básicos:

- 1) absorbentes;
- 2) reflectantes.

Los primeros son los vidrios de control solar, cuyo mecanismo de reducción de la carga térmica total actúa preponderantemente por absorción de la energía solar incidente. Se obtienen mediante el agregado de partículas colorantes en su masa durante el proceso de fabricación.

En los segundos el mecanismo de reducción de la carga térmica total se produce fundamentalmente por reflexión de la energía solar incidente. Se obtienen por deposición de partículas metálicas sobre una de sus superficies (o ambas). La radiación solar admitida es notablemente inferior a la de un vidrio transparente incoloro y depende del metal utilizado como recubrimiento.

2. *Doble vidrioado hermético.* Está constituido por dos vidrios transparentes incoloros, se usa preferentemente en climas fríos pues reduce las pérdidas de calorías y elimina la posibilidad de que la ventana se empañe. El elemento aislante en estas unidades es el aire deshumectado en reposo contenido en la cámara hermética que se forma sellando dos hojas de vidrio a un separador hueco que sirve de recipiente a un elemento deshumectante (sílica gel o similar) cuya función es eliminar cualquier posible residuo de humedad.

El separador está en comunicación con la cámara de aire mediante pequeñas perforaciones o ranuras.

3. *Aislación acústica.* El nivel de ruidos aceptable dentro de un local varía naturalmente con el uso que se le dé. Los siguientes valores estimados pueden considerarse aceptables:

dormitorio: 30 dB;
 biblioteca: 35 dB;
 oficina privada: 45 dB;
 oficina mediana: 50 dB;
 oficina general: 60 dB (ruidosa).

Es sabido que el método más sencillo de incrementar la aislación acústica es aumentar la masa de material aislante. Esa ley es igualmente válida para el vidrio: cuánto más pesa mejor aísla. Es conveniente señalar que un vidrio de espesor grueso una vez colocado tiene la misma apariencia que un vidrio de espesor fino.

<i>Espesor nominal</i> (mm)	<i>Peso en kg/m²</i>	<i>Aislación aproximada</i> <i>en el rango</i> <i>100-4000 Hz (en dB)</i>
2,0	5,0	21
3,0	7,5	23
4,2	10,5	25
5,0	12,5	26
6,0	15,0	27
8,0	19,0	28
10,0	24,0	30

Las combinaciones más frecuentes son:

I) unidades con vidrios de espesores diferentes para evitar que los dos vidrios entren en resonancia;

II) unidades con vidrios de espesores diferentes y fibra de vidrio fonoabsorbente en todo el perímetro interior para atenuar las reverberaciones en la cámara;

III) unidades de dos vidrios de igual o diferentes espesores con cámara de aire mayor de 50 mm, con o sin absorbentes perimetrales, para una superior capacidad de aislación.

4. *Seguridad.* El vidrio es muy resistente a los agentes atmosféricos y químicos, al estado de recocido puede fácilmente cortarse, recto o con formas, esmerilarse y pulirse. Pero si se rompe, a causa de un golpe, de una presión o de una sollicitación a la flexión, resulta fragmentado en pedazos lanceolados, ahusados, cortantes. Para evitar ello existen los que se llaman vidrios de seguridad templados y laminados.

I. *Templados*: El procedimiento de temple del vidrio es similar, desde el punto de vista formal, al que se emplea para el acero. Las hojas de vidrio templadas adquieren una mayor resistencia al impacto y capacidad de flexión. Paralelamente, aumenta notablemente su resistencia al choque térmico, soportando diferencias de temperatura de hasta 300 grados centígrados sin fracturarse. En el caso de producirse la rotura de un vidrio templado, el mismo se desintegrará en pequeños fragmentos de peso reducido, sin bordes cortantes. Los mismos no pueden ser cortados o trabajados.

II. *Laminados*: Un vidrio laminado se obtiene por la unión, mediante una combinación de presión y temperatura en un autoclave, de dos vidrios a una lámina de polivinil butiral (PVB). En caso de rotura los fragmentos de vidrio permanecerán adheridos a la lámina de PVB.

Los vidrios laminados pueden ser transparentes u opacos, incoloros o con color. Si el número de paños excede de dos, solamente podrán cortarse mediante un disco de filo diamantado. Un vidrio laminado (o *sandwich*) frente a tensiones térmicas se comporta como un vidrio común, no templado, con la diferencia de que al romperse, no se desprenderá permaneciendo unido a la lámina de PVB. Otra de las aplicaciones de este tipo de vidrios es en el control acústico.

5. *Vidrios antibala*. El vidrio de seguridad contra robo pertenece a la familia de los laminados. Su propiedad principal es la de no permitir desprendimientos de fragmentos, al producirse la rotura por impacto debido a la incorporación de PVB. El conjunto de varios vidrios y las sucesivas láminas de PVB permiten que los interiores afectados permanezcan doblemente adheridos, brindando permanentemente el blindaje requerido.

A la dureza del vidrio se une la viscoelasticidad del plástico que, en espesor adecuado, contribuye al frenado de los proyectiles en su trayectoria a través del vidrio laminado, absorbiendo gran parte de la energía contenida en ellos.

Aplicación: Los vidrios de seguridad, templados y laminados, se aplican en aquellos lugares en los cuales es necesario tener en especial consideración el factor de seguridad en el vidrioado, por ejemplo: vidrios situados cerca del nivel de pisos y donde quiera que exista una posibilidad de riesgo debido a la rotura; en industrias para

resistencia al *shock* mecánico y térmico; en vehículos públicos y privados; en negocios, zoológicos, canchas de tenis o *paddle*, etcétera.

6. *Vidrio armado: seguridad contra incendios.* El vidrio es un material incombustible y no contribuye directamente a la propagación del fuego. No obstante, expuesto a altas temperaturas, se fracturará, desprendiéndose a continuación de la carpintería de sostén. El vidrio armado es un laminado translúcido de características particulares: una malla de acero dulce es introducida en el vidrio cuando éste se halla aún en estado plástico, ante de pasar por los rodillos laminadores. La malla de acero mantendrá unidos los fragmentos en caso de rotura y actuará como retardador del fuego.

d) *Consideraciones técnicas sobre la problemática de rotura de vidrios.*— En algunas ocasiones suele ocurrir que resulte de suma importancia determinar si ha sido un proyectil disparado con arma de fuego el que ha atravesado un vidrio, y en otras, si la rotura violenta de tal elemento fue originada desde dentro o desde fuera. Este último interrogante surge con frecuencia en casos de incendio y en fraudes contra compañías aseguradoras.

En términos generales podemos decir que el orificio producido por un proyectil de arma de fuego, proveniente de un cartucho con una fuerte carga de elemento propulsor, presenta los bordes más afilados o agudos; pero si dicho elemento actuante proviene de una distancia muy larga y choca contra una ventana o puerta de vidrio, a baja velocidad, romperá la hoja del cristal de la misma manera en que lo haría una piedra. Un disparo a muy corta distancia producirá el mismo resultado, dado que la presión de los gases de la pólvora la romperán violentamente.

Es importante destacar la importancia de realizar disparos de experimentación con la misma clase de vidrio y bajo circunstancias análogas en todos aquellos casos donde existan dudas técnicas. Tal como se expresara oportunamente, existe una amplia variedad de vidrios, en cuanto a su finalidad, espesor y distribución en marcos metálicos o de madera; ello hace prácticamente imposible regirse por patrones tabulados de comportamiento y, paralelamente, muestras fotográficas y métricas de los efectos causados por los diversos calibres, de acuerdo con los ángulos de incidencia al momento de impacto.

No obstante lo enunciado, resulta fácil determinar la dirección desde donde provino un disparo. De un solo lado del orificio se encontrarán numerosas y pequeñas escamas de vidrio que han sido expulsadas con violencia, dando a la perforación la apariencia de un volcán. Tal apreciación indica que el proyectil provino del lado opuesto a la cara del orificio donde faltan las escamas.

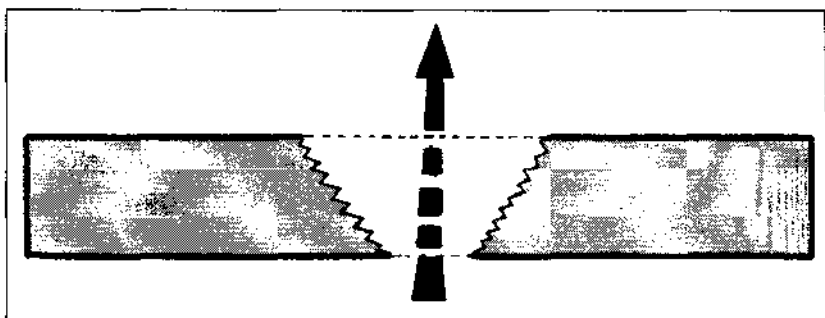


Figura 68

Vista en corte de cómo se determina la dirección y sentido de donde provino un disparo en vidrio.

Si el proyectil impacta en forma perpendicular al vidrio, las huellas en forma de escamas estarán distribuidas armónicamente alrededor del orificio; si el disparo proviene del sector derecho del marco que contiene el panel (visto desde la posición del tirador), se encontrarán muy pocas de estas marcas en el sector derecho de la perforación, la mayoría se encontrará en el sector opuesto.

También es posible calcular en forma aproximada el ángulo del disparo: cuanto más agudo sea el ángulo, más escamas habrán salido expulsadas. Debe agregarse que los proyectiles que atraviesan vidrio se desvían, generalmente, en mayor o menor grado, continuando su vuelo y girando sobre sus respectivos ejes longitudinales. Lo expresado suele producir heridas más o menos rectangulares y grandes en el caso de proyectiles con punta aguzada, y ovals, más grandes que el calibre del elemento, si la punta es redondeada. Este hecho es importante desde el punto de vista médico-legal.

No es fácil determinar de qué lado un objeto sin punta (un puño o una piedra) ha roto un panel de vidrio, aunque la experiencia y la experimentación pueden todavía resolver el problema.

Si se llevan acabo disparos de experimentación sobre paneles de vidrio y luego los trozos resultantes de las roturas se vuelven a armar a manera de rompecabezas, podrá apreciarse que las fracturas originan una red consistente en líneas o rayos radiales que parten del centro (el orificio de bala), cruzados por líneas concéntricas. Las fracturas radiales preceden a las concéntricas, ya que, como podrá apreciarse, las líneas radiales son continuas y las concéntricas se encuentran interrumpidas en las intersecciones.

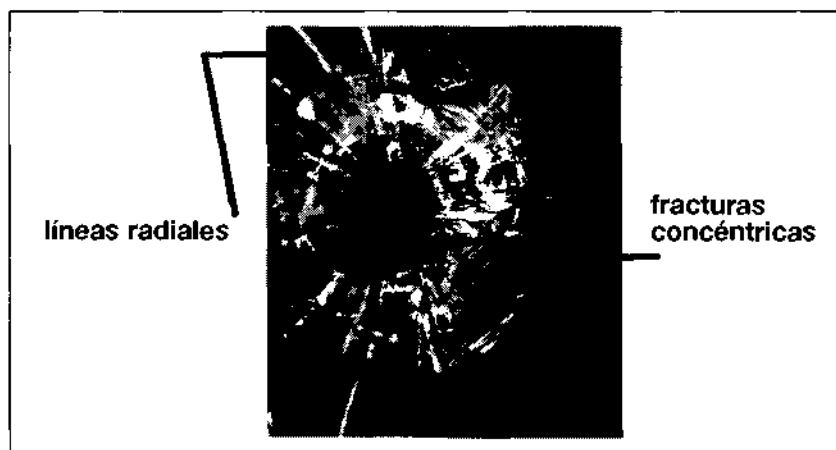


Figura 69

Impacto de bala calibre .22.

Si se lleva a cabo la misma experimentación pero impactando el panel con un objeto sin punta, se encontrará al ensamblar todos los trozos resultantes, que surge nuevamente un diseño análogo de fracturas radiales y concéntricas, aunque no tan regular. Para facilitar la operación el vidrio debe ser marcado del lado donde va a recibir el impacto, con una red de círculos y líneas radiales hecha con crayón. La superficie del material afectado (vidrio) no brinda información (excepto cuando el golpe posee considerable energía cineti-

ca) sobre cuál fue la cara del panel que recibió el impacto, pero si se examina el corte lateral de una de las piezas, se encontrará un relieve consistente en una serie de líneas curvas. A veces dicho relieve es muy evidente, otras muy difícil de detectar, pero con un poco de entrenamiento, siempre puede encontrarse.

El estudio de estas curvas mostrará que no están uniformemente desarrolladas y distribuidas. Por ejemplo, en un trozo particular de vidrio las porciones izquierda y superior de la línea pueden estar fuertemente desarrolladas, mientras que su porción derecha puede estar apenas visible. En otros paneles puede ocurrir lo contrario. Cuando hablamos de la porción izquierda nos estamos refiriendo a la parte de la línea más cercana a la rotura por golpe o choque. La porción derecha es la más cercana al lado opuesto del vidrio.

Sobre el corte transversal del vidrio que está dentro de las líneas de fractura concéntrica, la porción izquierda de la curva (la parte más cercana a la superficie golpeada) está bien desarrollada y la derecha débilmente. En el corte transversal que está dentro de las líneas de fractura radial ocurre precisamente lo opuesto. La parte de la curva más cercana a la superficie golpeada está débilmente desarrollada en el último caso y fuertemente en la otra parte.

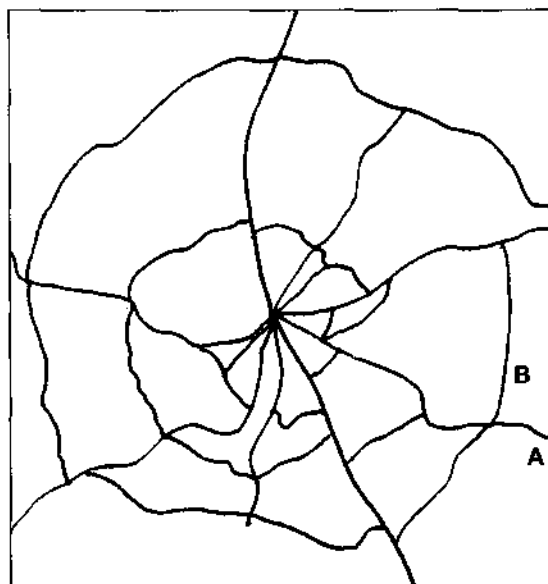


Figura 70

A - Fractura radial.

B - Fractura concéntrica.

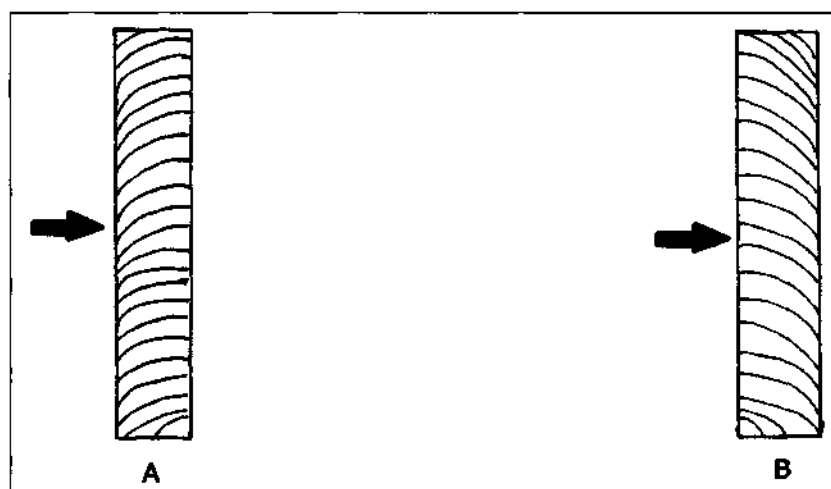


Figura 71

A - Borde de fractura radial que muestra la parte más desarrollada, alejada del lado del golpe de la fuerza destructiva.

B - Borde de fractura concéntrica que muestra la parte más desarrollada, hacia el lado donde actuara la fuerza.

Resulta obvio que la conformación de las curvas en las secciones en corte de las fracturas, están relacionadas con los fragmentos de vidrio que se han perdido de la superficie. El patrón de curvas en la sección en corte no tiene relación, sin embargo, con la estructura del vidrio individual. Ello es corroborado por el hecho de que si se llevan a cabo experiencias con paneles de ventanas, cortados de la misma pieza de vidrio, se obtienen patrones diferentes. La dirección del golpe y la ubicación del diseño determina si las curvas están débil o fuertemente desarrolladas.

La diferencia en el desarrollo de las curvas puede explicarse de la siguiente manera: cuando la fuerza hace impacto en el vidrio, sobre una de sus superficies —la frontal, por ejemplo— el cristal primeramente se curva un poco debido a su elasticidad. Cuando es alcanzado el límite de su elasticidad, se rompe en forma de líneas radiales, comenzando por el punto donde se aplicó la fuerza destructora. Estas fracturas radiales se originan en la cara opuesta del vi-

drio, dado que es ella la que está más sujeta al estiramiento en el momento de su curvatura. Ello lo podemos apreciar con un trozo de cartón al doblarlo: su cara posterior se rompe primero.

Mientras se conforman las fracturas radiales, los recién creados triángulos de vidrio (que se forman entre las líneas o rayos) también se curvarán lejos de la dirección de la fuerza destructora. Por esta curvatura el vidrio se estira a lo largo de la superficie frontal, se alcanza el límite de elasticidad y el vidrio se rompe formando líneas curvas concéntricas. Estas fracturas se originan en la cara frontal debido al estiramiento.

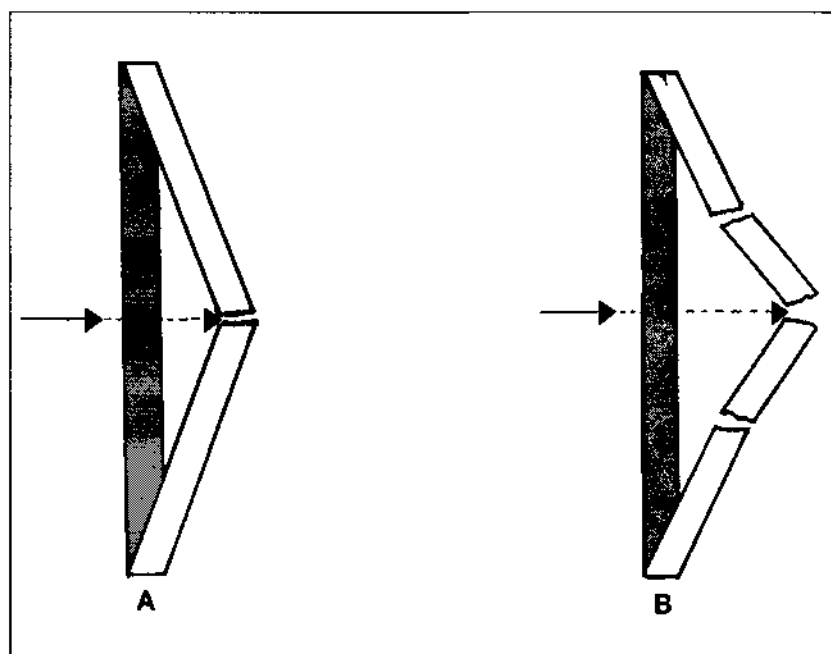


Figura 72

Dibujo esquemático del orden de ocurrencia de las fracturas radiales y concéntricas, cuando un panel de ventana es golpeado violentamente con un objeto no puntiagudo. "A" muestra cómo las fracturas radiales ocurren primero, del lado opuesto al de la fuerza destructora. "B" muestra cómo las fracturas concéntricas secundarias ocurren del mismo lado que la fuerza actuante.

Sólo las fracturas que evidencian ser radiales o concéntricas deberían ser tomadas en consideración. Las fracturas pequeñas que suceden cerca del marco no deberían considerarse, ya que la resistencia ejercida por aquél complica el tema. Algunos autores sostienen que sólo deberían tenerse en cuenta las fracturas que muestran el punto de aplicación de la fuerza destructora. En estos casos debería ser posible determinar inmediatamente si el cristal ha sido roto desde adentro o desde afuera.

Las piezas de vidrio deben ser recogidas tan pronto como sea posible, intentando paralelamente reconstruir el panel. La suciedad o el envejecimiento de una superficie facilitan la resolución del rompecabezas, ya que ello siempre ocurre en la cara externa del vidrio. El panel reconstruido no debería ser trasladado al laboratorio, por cuanto el movimiento produce fricción entre piezas que desvirtúan cualquier estudio; es por ello que debe ser fotografiado cuidadosamente. Es posible detectar las dos caras del vidrio; las piezas deben ser marcadas con tinta apropiadamente, y además conviene numerarlas y fotografiarlas de tal manera; luego de ello puede envolverse en papel y a continuación empaquetarlas en una caja.

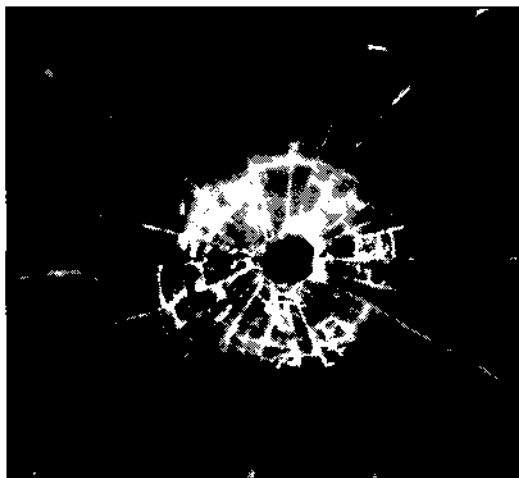


Figura 73

Orificio de bala producido por un proyectil calibre .22 desde una distancia de 70 metros. Se observa un considerable grado de regularidad de la fractura.



Figura 74

Regularidad menos marcada en un disparo desde 10 metros de distancia con pistola calibre .32 *Auto*.

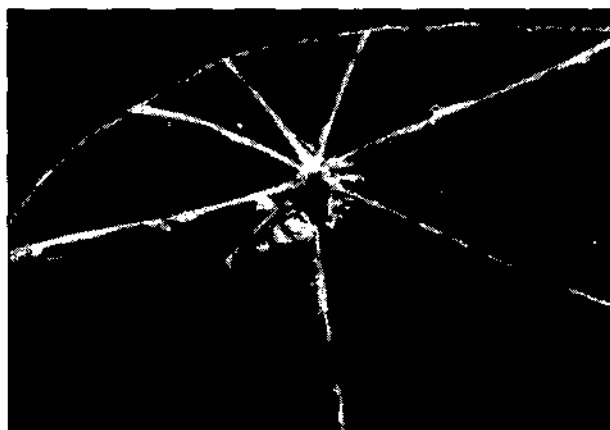


Figura 75

Orificio producido por el accionar de una piedra. No hay regularidad.



Figura 76

Rotura de vidrio producida por golpe con elemento de dura consistencia, de forma irregular.

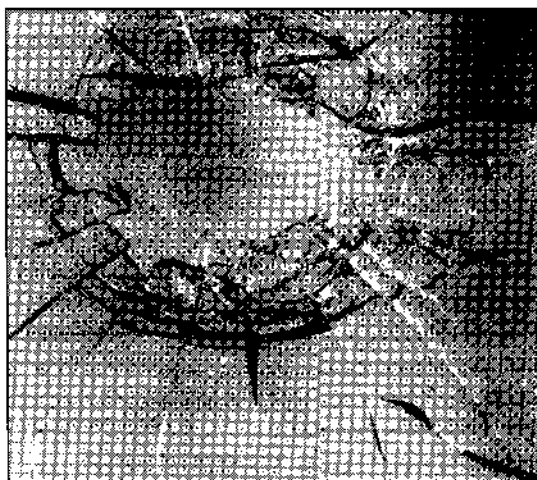


Figura 77

Impacto de bala con abundante pérdida de material en la zona o punto de acción de la fuerza.

Con frecuencia resulta difícil determinar por el simple aspecto de un orificio en un cristal, si ha sido producido por un proyectil de arma de fuego o por una piedra. Una piedra de reducidas dimensiones arrojada con velocidad relativamente elevada, puede provocar un daño muy similar al producido por una bala.

Esa piedra, sin embargo, no da origen a una fractura concooidal (forma de cráter), tan típica y uniforme como la del caso de un disparo de bala. Asimismo, los agujeros producidos por pequeñas piedras no presentan los astillados radiales y concéntricos alrededor del orificio, ni tampoco la regularidad que se advierte cuando actúa una bala. Por otra parte, una piedra grande puede astillar un cristal de una manera parecida a la producida por un disparo próximo. Es por todo ello que no siempre el asunto se resuelve estudiando el aspecto de la fractura; a veces es necesario buscar el proyectil que la produjo.

Es posible que un proyectil no atraviese el vidrio, sino que caiga en el exterior. Ello puede deberse a diversos factores, como: escasa energía cinética del proyectil del arma de fuego; considerable espesor del vidrio; impacto previo en otro cuerpo vivo o no; que se trate de una piedra arrojada a poca velocidad, etc. En estos casos la cara que recibe el impacto muestra generalmente un orificio más pequeño que el proyectil, o simplemente se astilla. Por la otra parte, la cara del vidrio se rompe generalmente hacia afuera o bien se forma un cono interno (que puede caer o no hacia el interior del inmueble), sin que el proyectil haya podido atravesar el elemento.

1. *Orden de ocurrencia de un impacto, una pedrada o una fractura.* Si se han producido daños en un cristal, puede a veces ser precisado el orden en que se han originado. El astillado del cristal es consecuencia del impacto y se produce inmediatamente, en el cristal o en sus bordes. Las hendiduras o astillados pueden ser consecuencia de la interrupción del daño cuando se encuentran presentes ya en el cristal, como resultado de una fractura antigua.

Aun cuando el daño sea extensivo, y grandes porciones de cristal caigan afuera con frecuencia, el orden de los daños puede ser establecido mediante el acoplamiento de unas piezas con otras.

2. *Cristales astillados o reventados.* Si un vidrio resulta reventado o astillado por la acción del calor, muestra una larga frac-

tura ondulada característica. Los trozos caídos se encuentran generalmente en la misma dirección que la fuente de calor.

Si una sección limitada de un cristal ha sido expuesta a una llama directa, se suele romper un trozo de cristal correspondiente a aquella sección.

Las vidrieras, sin embargo, se rompen a veces sin haber sido expuestas a ninguna acción externa. La causa de ello es que pueden quedar tensiones internas en el vidrio durante su elaboración, capaces de causar una ruptura repentina, aun sin un estímulo externo. El mismo resultado produce una vibración, un araño en la superficie del cristal, un ruido violento, etc. En este caso, se astilla con un dibujo de forma regular, o puede romperse total o parcialmente en pequeños trozos de dicha forma. Algunas veces, estos trozos son lanzados a una distancia apreciable.

Los vasos de cristal y otros objetos pueden romperse de la misma manera.

Los llamados cristales inastillables, ahora usados en gran proporción en los vehículos, también se rompen total o parcialmente en trozos o pequeñas varillas de forma regular, cuando son sometidos a un golpe o choque lo suficientemente violento, o cuando un proyectil los alcanza de lleno o sesgado.

Esto también es debido a las tensiones interiores del cristal, producidas de un modo intencionado durante su manufactura, con el objeto de impedir (si el parabrisas es roto debido a una colisión u otro accidente) la producción de astillas puntiagudas que puedan herir al conductor o a los pasajeros.

Un cristal de esta clase, aunque reciba una bala u otro proyectil, seguirá conservando su posición sobre el vehículo, a menos que el mismo sea movido violentamente (para su traslado) o en lugares próximos al impacto ocurran otros que arrastren material.

En un típico dibujo, agrietado, la formación se extiende sobre el total de la luneta, pero alrededor del punto de fractura se sueltan y caen un número de trozos pequeños de cristal de modo que un estudio de la formación del cráter es solamente posible en casos excepcionales.

Si los trozos caídos aparecen, se podría, en casos favorables, colocarlos en sus lugares cerca del punto del impacto, y reconstruir el aspecto de la fractura.



Figuras 78 y 79

Impactos de bala próximos entre sí, donde se señalan las intersecciones de fracturas radiales que permiten establecer el orden en que se produjeron.

Figura 80

Impacto de bala en
el parabrisas de un
rodado, con
abundante pérdida
de material.

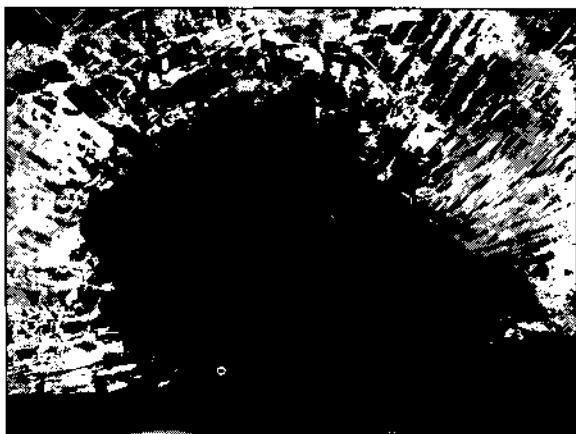


Figura 81

Grietas formadas por
un disparo en un
cristal "inastillable".

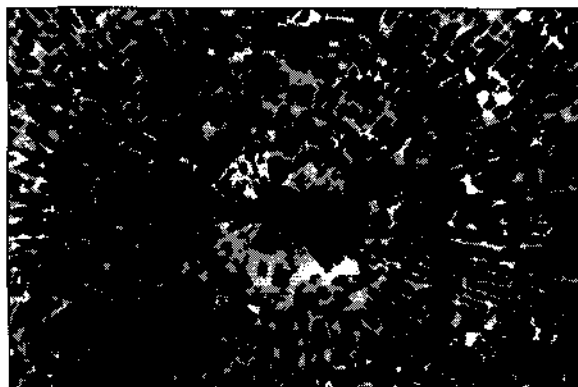
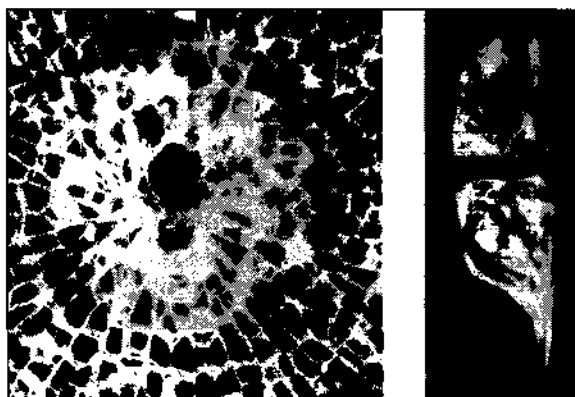


Figura 82

Dibujo regular
causado en un
cristal inastillable,
por una pequeña
piedra que no
penetró.
Produjo dos conos
que se
desprendieron hacia
el interior.



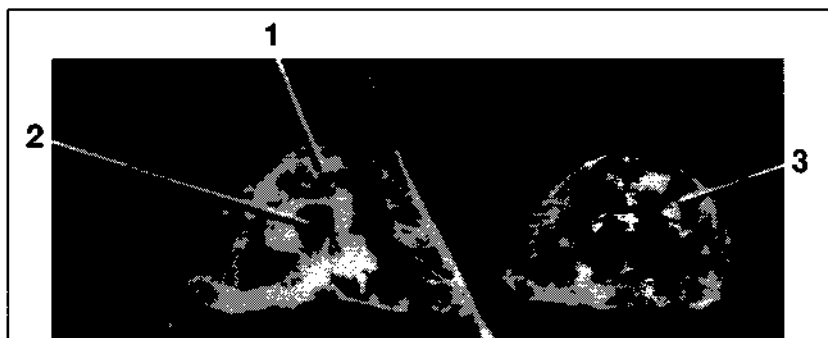


Figura 83

Fractura causada por piedra contra un cristal de un faro de vehículo. 1) Cráter producido en el interior del cristal. 2) Pequeño orificio en el propio cristal. 3) Cono de cristal roto que se desprendió y apareció en el interior del faro.

6. *DETERMINACIÓN DE TRAYECTORIAS DE PROYECTILES DISPARADOS CON ARMAS DE FUEGO EN ZONAS URBANAS*

Quizá sea éste el tema menos desarrollado en la literatura que pueda ser habida sobre aspectos periciales balísticos. Obviamente su desarrollo no es sencillo por cuanto presenta innumerables facetas, variantes y variables, imposibles de plasmar sucintamente; no obstante ello, trataremos de hacerlo en un idioma técnico sencillo y con la practicidad necesaria como para que pueda ser comprendido fácilmente.

Nadie puede ignorar, y la experiencia así lo indica, que en las grandes ciudades las posibilidades de que se produzcan hechos violentos de diferentes manifestaciones, son mayores que en zonas habitadas donde la densidad poblacional es muchísimo menor. En una gran proporción de estos acontecimientos suelen emplearse armas de fuego convencionales (largas o cortas) cuyos efectos varían acorde al tipo de arma, calibre y munición empleada.

Pretender llevar a cabo una disquisición en el sentido al que apunta el presente tema, tomando ordenada e individualmente cada elemento de los mencionados, si bien no es imposible, requeriría

la elaboración de un tratado donde se vuelquen observaciones y experimentaciones rigurosas, con una extensión inimaginable.

Convengamos entonces en brindar pautas y métodos de carácter general, para lo cual, dadas las características edilicias de una ciudad, consideraremos siempre que los disparos se han producido dentro de una distancia que no supera los 70 metros, aproximadamente. La elección de este valor nos asegura que, de no mediar desviaciones del recorrido del proyectil proveniente de un cartucho apto para sus fines específicos, su desplazamiento será rectilíneo y no parabólico, con prescindencia del calibre. Cuando se exceda esta distancia impuesta, la precaución a tomar será simplemente la de promover consulta con tablas balísticas apropiadas para cálculo de caída del elemento en función de la distancia.

Por otro lado, haremos también abstracción de temas médico-legales, especialmente en lo referido a disparos efectuados a quemarropa, abocados o a corta distancia, debido a que la bibliografía al respecto ha sido abordada por médicos idóneos en el tema. Ello no implica que en hechos reales y concretos corresponda la intervención conjunta de aquellos especialistas y el perito balístico.

Comencemos entonces el desarrollo de las variantes que pueden presentarse en cualquier hecho donde se hayan disparado una o más armas, pero antes de ello, enunciemos las siguientes:

a) *Definiciones.*— 1. *Trayectoria.* Línea descripta en el espacio por el proyectil.

2. *Ángulo de tiro.* Es aquel cuyo vértice se encuentra en el centro de la boca de fuego del arma y está delimitado por la recta paralela al suelo (tierra), llamada horizontal, y el eje longitudinal del cañón.

3. *Ángulo de incidencia.* Es el ángulo formado por la horizontal entre el orificio de entrada —teniendo en cuenta la posición del cuerpo (persona o animal) o de lo contrario, el emplazamiento del objeto afectado— y la trayectoria del proyectil.

4. *Ángulo de penetración.* Es el ángulo formado por la horizontal entre el orificio de entrada (cuando se trata de una persona o animal se considerará siempre la posición erguida y perpendicular

al piso, y cuando se trate de un objeto se prescindirá de su posición espacial en el momento del impacto) y la trayectoria del proyectil.

b) *La utilización del láser y otros métodos convencionales.*—

Es muy frecuente tener que determinar el origen de un disparo dentro de habitaciones, locales privados, industriales, administrativos, etc. En tales casos, la posibilidad de determinación precisa de una trayectoria de tiro dentro de un determinado espacio, y por ende su origen, implica la presencia de, como mínimo, dos puntos afectados por el elemento actuante. En tal sentido, siempre y cuando no se constate una desviación en el primer punto de impacto (orificio producido por el proyectil) a través del cual se introdujo en la habitación, la línea imaginaria que une a éste con el impacto consecuente (posterior al de penetración), nos dará referencias angulatorias; su prolongación nos brindará el lugar desde dónde fue disparado.

Normalmente, para reconstruir tal línea imaginaria se recurre a la unión de ambos puntos por su centro geométrico, con un hilo, cuerda o soga de pequeño diámetro, tensada de manera tal que no forme una curva o *panza* que desvirtúe la información que se pretende alcanzar. Una vez logrado ello, se alinea la vista (uno de los dos ojos) con la cuerda, y mirando en sentido contrario al de su recorrido original puede establecerse de dónde provino.

Un método más preciso que el citado consiste en colocar (sostenida por un trípode) una mira telescópica con su eje paralelo o alineado con la cuerda de mención y observar a través de ella.

Dado que este tipo de estudio no puede permanecer ajeno a los avances tecnológicos, la existencia de un sistema láser adaptado a estas necesidades, debe estar, dentro de las posibilidades, presente en ocasiones como la planteada. Dicho sistema necesariamente deberá poder emitir dos rayos contenidos en una misma recta pero dirigidos en sentidos opuestos; el extremo de uno coincidirá con el centro del orificio de entrada, y el extremo del otro con el centro del impacto o daño consecuente (mueble, pared, etc.). El primero permitirá entonces visualizar a la distancia el lugar exacto desde el que provino el disparo, mediante una mancha o punto luminoso, cuya intensidad estará de acuerdo con las características técnicas del equipo.

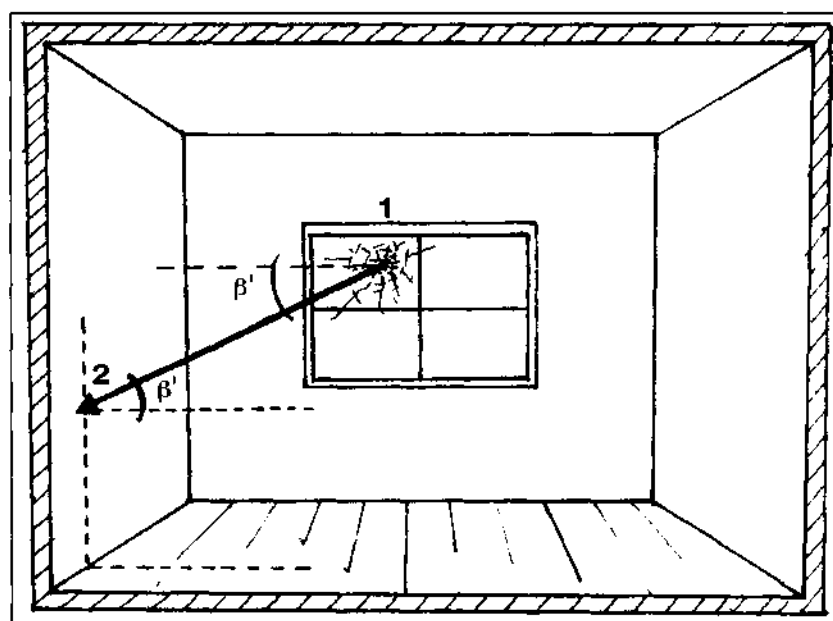
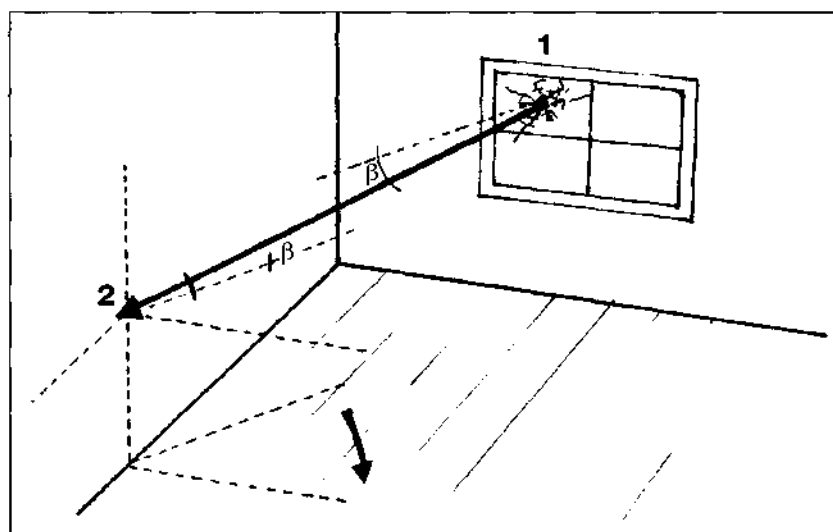
En cuanto a la medición de angulaciones se sugiere que siempre se adopte el mismo método para no incurrir en errores. Ejemplificando el tema sobre las pautas ya mencionadas, supongamos que

un proyectil ha atravesado el cristal de una ventana (sin desviarse), finalizando su recorrido en una pared de la habitación, para luego caer sin energía alguna sobre el piso (ver vistas en perspectiva, en corte vertical y en planta de figuras 84 a 87, respectivamente, en ps. 320 y 321).

Aquí los ángulos de tiro, incidencia y penetración, son congruentes; consecuentemente, el primero va a estar representado por el señalado con la letra griega " β " en la figura 84 (vista en perspectiva). Su abatimiento sobre el plano perpendicular (y vertical) a la pared dañada, en el punto de impacto, nos permitirá medir en el plano dicho ángulo (" β "), amén de la medición que pueda realizarse *in situ* (ver vista en corte de figura 85). El ángulo así abatido estará conformado por la trayectoria en sí y el plano horizontal que pase por el punto de impacto (tanto el "1" como el "2").

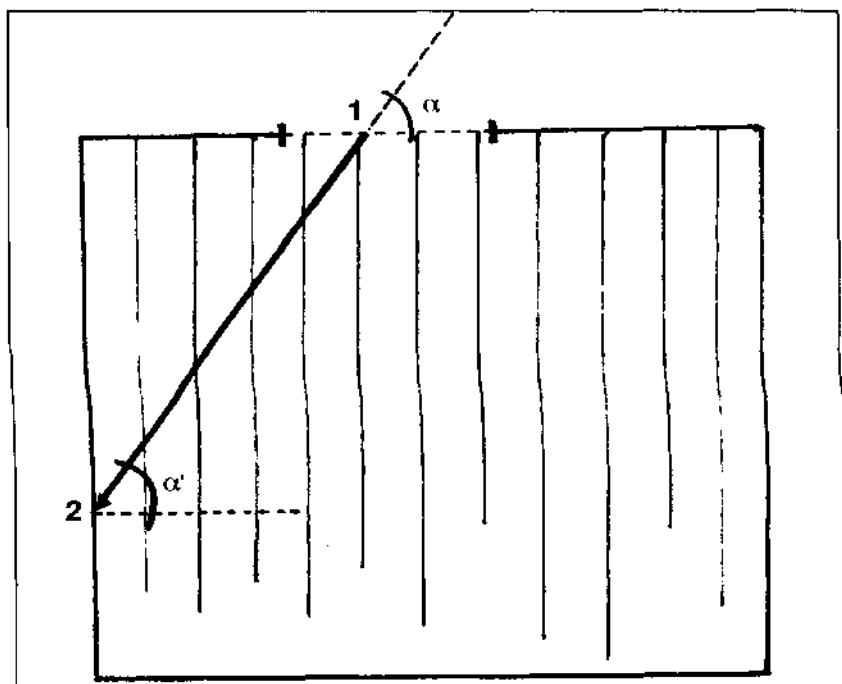
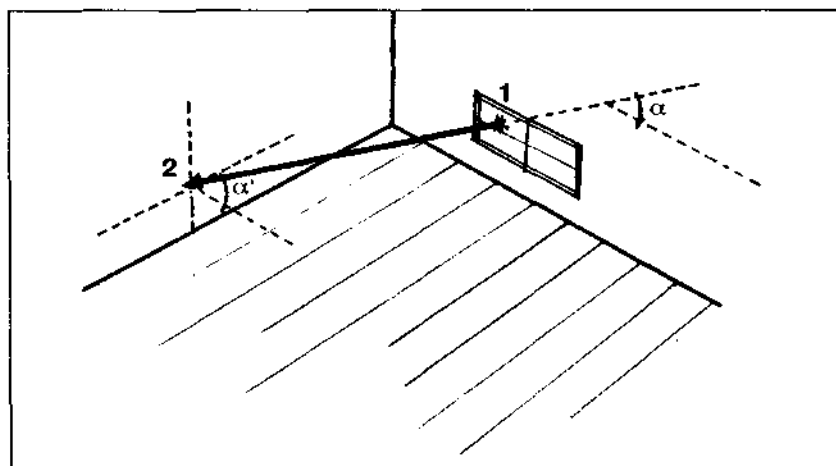
Una vez establecido el ángulo de incidencia o tiro (conforme el caso que estamos tomando como ejemplo), habrá que determinar la angulación que el mismo forma en el sentido horizontal. Para ello se abatirá la trayectoria hacia el plano horizontal y la lectura se concretará con respecto al plano vertical, perpendicular a la superficie afectada (ver croquis en perspectiva y vista en planta de figuras 86 y 87).

Logrados los parámetros señalados, así como también las referencias métricas del lugar y puntos de impacto (que no figuran en los planos presentados como modelo), se deberá seguidamente establecer si la trayectoria es de afuera hacia adentro (o de adentro hacia afuera, según cada caso), si es ascendente o descendente, y si va de derecha a izquierda o de izquierda a derecha. Cuando se trata de disparos efectuados en viviendas surgen discrepancias respecto del último aspecto referido. En efecto, decir que el impacto en la ventana es de izquierda a derecha o de derecha a izquierda puede tener sentido si se aclara en qué forma se lo está mirando (de adentro o de afuera), pero ¿qué ocurre con el daño en la pared?; obviamente, también puede decirse que es de derecha a izquierda o viceversa, aclarando con respecto a qué, pero como la pared que contiene la ventana y la pared dañada son perpendiculares, el tema se hace algo confuso para quien es lego en la materia o no está acostumbrado a observar y analizar planos. Interpretamos que en todos estos casos lo más coherente es señalar que la trayectoria se orienta de sur a norte, de noroeste a sudeste, de sudoeste a noreste, etc., vale decir, tomando en consideración los puntos cardinales.



Figuras 84 y 85

Vistas en perspectiva (arriba) y en corte (abajo) del ángulo de tiro.



Figuras 86 y 87

Vistas en perspectiva (arriba) y en planta (abajo) del ángulo horizontal.

c) *Impactos de bala en vehículos.*— Los conceptos que aquí se manejan son idénticos a los expresados al desarrollar el punto anterior, siempre y cuando el vehículo sea peritado en el mismo lugar donde sufriera los daños. Las mediciones de ángulos se materializan de la misma manera, siendo mucho más sencillas las explicaciones concernientes al sentido y dirección de las trayectorias, puesto que para ello debemos entender que todo vehículo tiene una parte delantera, una parte trasera, un sector derecho y otro izquierdo. Veámoslo con algunos ejemplos: en las figuras 88 y 89 (ps. 323 y 324) puede apreciarse la vista en planta y en corte de un vehículo afectado por tres impactos de bala en su lateral derecho.

Impacto n° 1: π y Ω son los ángulos de proyección horizontal y vertical, respectivamente. La trayectoria del proyectil ha sido: de adelante hacia atrás, de derecha a izquierda y descendente.

Impacto n° 2: α y β son los ángulos de proyección horizontal y vertical respectivamente. La trayectoria del proyectil ha sido de atrás hacia adelante, de derecha a izquierda y ascendente.

Impacto n° 3: Se trata de un disparo totalmente perpendicular a la superficie afectada, por lo tanto el ángulo de tiro es de cero grado, coincidentemente con el de penetración.

Cuando un vehículo fuera peritado en un lugar distinto al del hecho, debe tenerse en cuenta para el cálculo del probable lugar de procedencia del disparo, los desniveles que pudiera haber habido en el piso, ya que ello puede alterar todos los resultados (ver figura 90 en p. 324). De igual manera, cuando existiese algún neumático desinflado, deberá determinarse si tal circunstancia fue anterior o posterior al impacto.

d) *Impactos de bala sobre las personas.*— Los estudios de esta naturaleza pueden comenzar para el perito balístico en el momento de recibir las prendas del occiso o del damnificado. Entendemos que hablar de trayectorias precisas en este caso es imposible, debido a los siguientes factores:

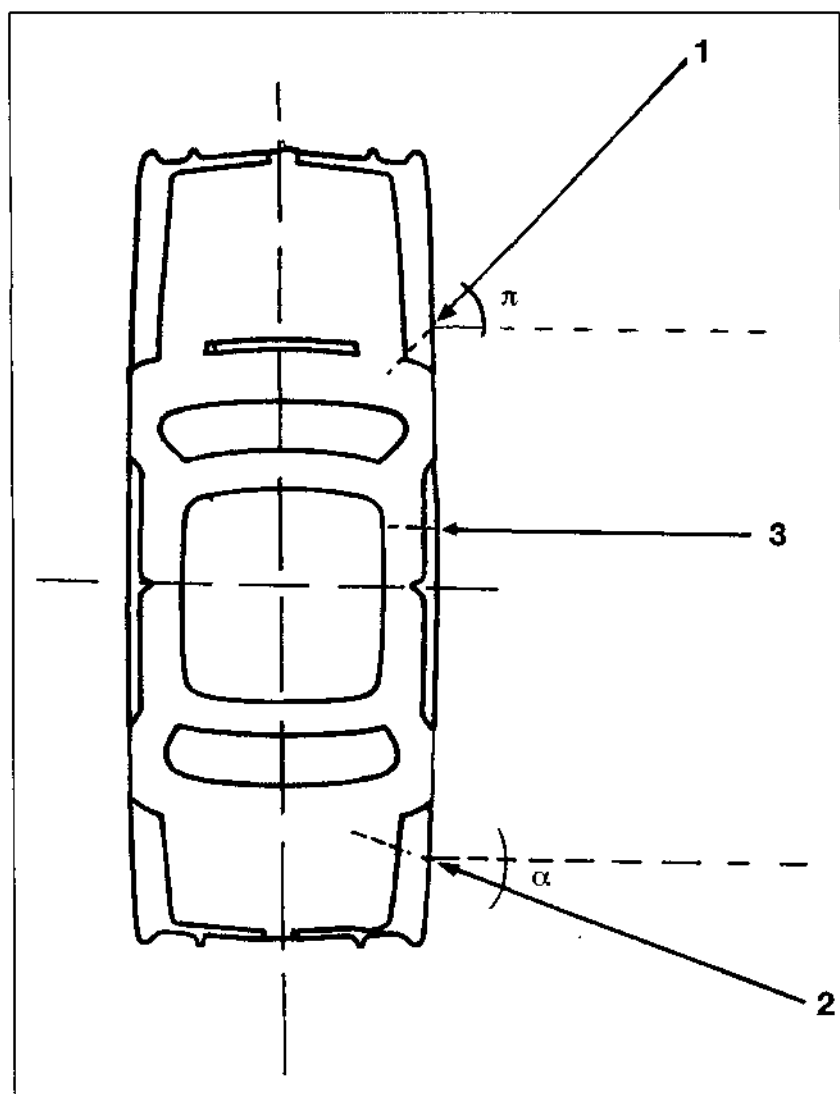


Figura 88

Vista en planta.

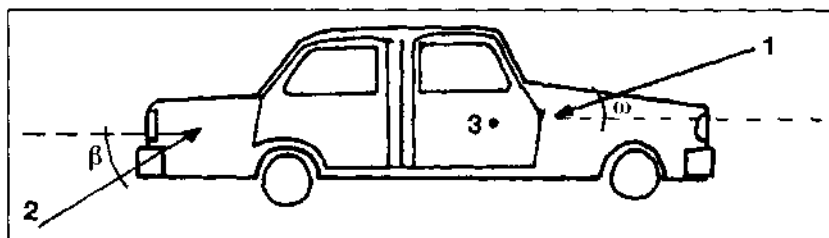


Figura 89

Vista en corte.

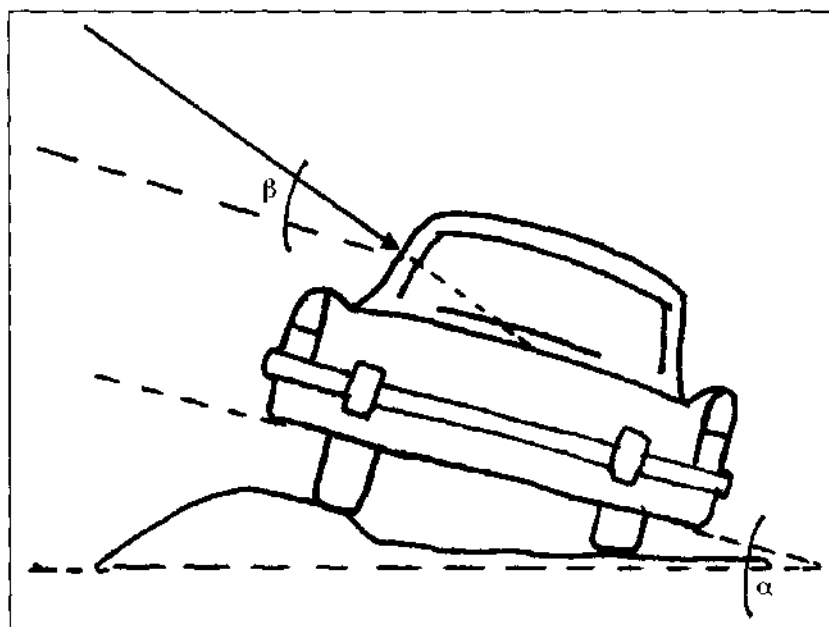


Figura 90

Ángulo "Alfa" = desnivel del piso.

Ángulo "Beta" = de incidencia (coincidente en este caso con el de penetración).

1) Las prendas colocadas en un maniquí sólo son indicativas de la ubicación de los orificios sobre la prenda y permiten establecer (cuando ello resulta viable) si se está en presencia de un orificio de entrada o de salida.

2) Los orificios en las prendas no necesariamente deben coincidir con la misma zona del cuerpo afectada. El maniquí no posee la misma estructura corpórea que la víctima o damnificado; las prendas sufren desplazamientos en un cuerpo humano y pueden haber estado muy ajustadas o muy sueltas o flojas, lo cual desvirtúa todo cálculo.

3) El hacer coincidir el orificio de entrada en una prenda con el de salida, no siempre es indicativo de la trayectoria médico-legal, dado que existen posibles desvíos dentro del cuerpo que pueden transformarla en quebrada recta o circungirante, en vez de ser limpia (totalmente rectilínea y sin desviaciones). En aquellos casos, la unión del orificio de entrada con el de salida no va a arrojar un ángulo coincidente con el de penetración.

Para optimizar este estudio debe poseerse el informe médico-legal surgido de la autopsia del occiso o de la historia clínica del damnificado, la que preferentemente deberá contener radiografías.

Cuando una víctima o damnificado posea únicamente orificio/s de entrada, para determinar el origen del o los disparos, será necesario contar con otras referencias métricas lo suficientemente abundantes como para expedirse con cierta precisión. Como se habrá observado, hemos empleado la palabra *cierta*, dado que para un mismo ángulo de incidencia y penetración las variantes pueden ser infinitas, tal como se grafica con algunos ejemplos en las figuras 91 a 97 (ps. 326 a 328).

Cuando se posee orificio de entrada, un orificio de salida y una o más marcas o huellas del accionar del proyectil actuante, sobre elementos o cosas, es viable establecer la relación victimario-arma-víctima o bien descartar posibilidades, mediante cálculos trigonométricos y matemáticos, basados en parámetros susceptibles de medición, existentes tanto en los cuerpos que han intervenido como en las cosas que forman parte de la escena del suceso.

e) *Impactos de bala que no producen perforaciones.*— Bajo este título reuniremos todos aquellos impactos de bala que, por las características del material afectado, la notoria distancia desde la cual

fueron efectuados o defectos en la carga balística del cartucho, no han llegado a perforar o canalizar el material que ha servido de blanco.

En efecto, existen ciertos materiales de extrema dureza (granito, mármol, concreto, chapas de acero, maderas, etc.) que impiden tanto la perforación como la formación de un canal de penetración, que, debidamente estudiado, puede arrojar parámetros que posteriormente conduzcan a establecer el lugar de procedencia del disparo.

La carencia de energía suficiente en el proyectil, motivada ya sea por defectos en la carga balística del cartucho o la considerable distancia desde la que fue efectuado el disparo, también produce este tipo de fenómeno.

No siempre la causa está dentro de algunas de las mencionadas, suele ocurrir también que el ángulo formado por la trayectoria del proyectil y la superficie que oficia de blanco sea tal que, pese a la existencia de suficiente energía, impida la penetración (disparos muy oblicuos o *sesgados*).

En todos estos casos sólo podrán darse referencias aproximadas de cómo ha estado orientado el disparo (izquierda a derecha, abajo hacia arriba, etc.), conforme las características morfológicas de las improntas y los descascaramientos (cuando los hubiere).

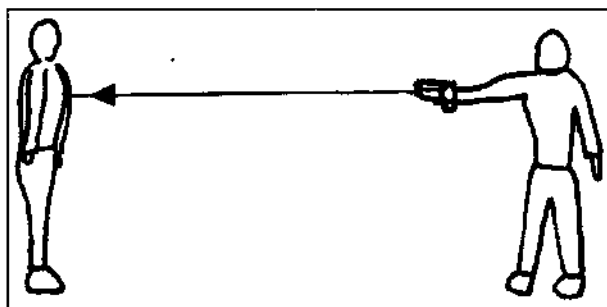


Figura 91

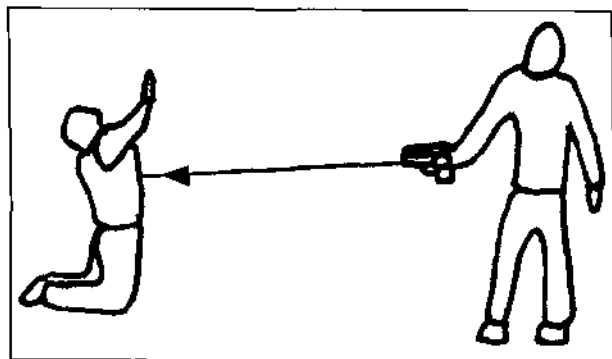


Figura 92

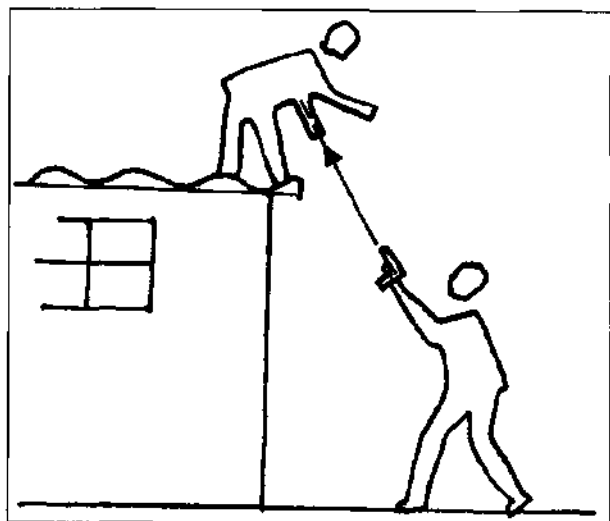


Figura 93

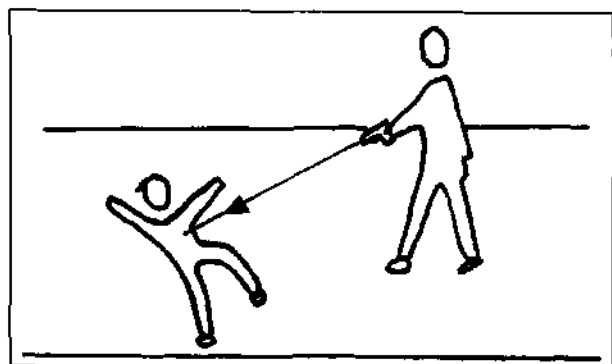


Figura 94

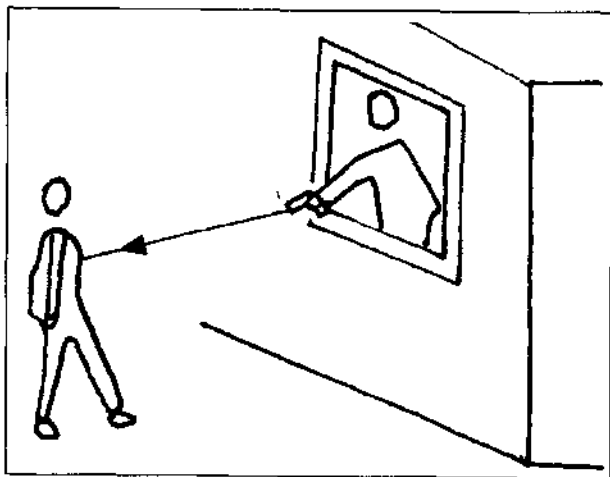


Figura 95

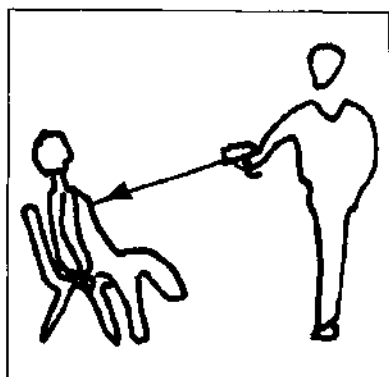


Figura 96

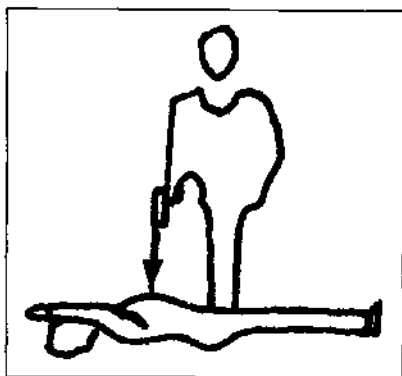


Figura 97

CAPÍTULO X

A R M A S

1. DEFINICIÓN

El diccionario de la lengua castellana define *arma* como "máquina, medio o instrumento cuyo fin es ofender o defenderse". Esta acepción de la palabra permite considerar como tal a cualquier objeto que en determinadas circunstancias potencie la fuerza humana o según el empleo que de él se haga, pueda adquirir tal carácter (palo, hueso, piedra, martillo, etcétera).

No obstante ello, en forma genérica, cuando se hace referencia a un arma, se hace mención de aquellos elementos que expresamente fueron concebidos como tales, ya sea para defenderse como para atacar (revólver, cuchillo, puñal, ballesta, etcétera).

Partiendo de este concepto puede arribarse a la siguiente clasificación:

2. ARMAS BLANCAS

Son las que una vez empuñadas actúan por la fuerza y destreza (o no) de quien las esgrime; por ejemplo: daga, espada, sable, puñal, etc. Dentro de ellas encontramos una subclasificación que podríamos sintetizar de la siguiente manera:

- a) armas de punta, y
- b) armas de punta y corte (filo).

Las primeras actúan por penetración, es decir perforan: florete, lanza, etcétera.

Las segundas, además de penetrar, también actúan simultáneamente por corte: cuchillo, machete, etcétera.

3. *ARMAS DE PROYECCIÓN*

Tienen la propiedad de arrojar hacia el blanco elementos capaces de causar daño. Se trata de artefactos que proporcionan la fuerza impulsora: arco, ballesta, cerbatana, honda, etcétera.

4. *ARMAS ARROJADIZAS*

Producen el efecto deseado cuando quien las utiliza las arroja: lanza, boleadoras, jabalina, bumerán, etcétera.

5. *ARMAS DE FUEGO*

Son las que utilizan la energía de los gases producidos por la deflagración de pólvoras para lanzar un elemento sólido, generalmente metálico, denominado proyectil, a distancia.

a) *Armas de lanzamiento.*— Son aquellas que disparan proyectiles autopropulsados, granadas, munición química o munición explosiva. Se incluyen en esta definición los lanzallamas cuyo alcance sea superior a tres metros.

b) *Arma portátil.*— Es el arma de fuego o de lanzamiento que puede normalmente ser transportada y empleada por un hombre sin la ayuda animal, mecánica o de otra persona.

c) *Arma no portátil.*— Es el arma de fuego o de lanzamiento que no puede normalmente ser transportada y empleada por un hombre sin la ayuda animal, mecánica o de otra persona.

d) *Arma de puño o corta.*— Es el arma de fuego portátil diseñada para ser empleada normalmente utilizando una sola mano, sin ser apoyada en otra parte del cuerpo.

e) *Arma de hombro o larga.*— Es el arma de fuego portátil que para su empleo normal requiere estar apoyada en el hombro del tirador y el uso de ambas manos.

f) *Arma de carga tiro a tiro.*— Es el arma de fuego que no teniendo almacén cargador, obliga al tirador a repetir manualmente la acción completa de carga del arma en cada disparo.

g) *Arma de repetición.*— Es el arma de fuego en la que el ciclo de carga y descarga de la recámara se efectúa mecánicamente por acción del tirador, estando acumulados los cartuchos en un almacén cargador.

h) *Arma semiautomática.*— Es el arma de fuego en la que es necesario oprimir el disparador por cada disparo y en el que el ciclo de carga y descarga se efectúa sin la intervención del tirador.

i) *Arma automática.*— Es el arma de fuego en la que, manteniendo oprimido el disparador, se produce más de un disparo en forma continua.

Efectuadas las clasificaciones hasta aquí consignadas, teniendo en consideración lo que al respecto enuncia la ley nacional de armas y explosivos 20.429/73, en su decr.-reg. 395/75, pasemos ahora a definir las siguientes armas de fuego:

j) *Fusil*.— Es el arma de hombro, de cañón estriado, que posee una recámara formando parte alineada permanentemente con el ánima del cañón. Los fusiles pueden ser de carga tiro a tiro, de repetición, semiautomáticos y automáticos (pueden presentar estas dos últimas características combinadas, para uso opcional, mediante un dispositivo selector de fuego).

k) *Carabina*.— Arma de hombro de características similares a las del fusil, cuyo cañón no sobrepasa los 560 milímetros de longitud.

l) *Escopeta*.— Es el arma de hombro de uno a dos cañones de ánima lisa que se carga normalmente con cartuchos que contienen perdigones.

m) *Fusil de caza*.— Es el arma de hombro de dos o más cañones, uno de los cuales, por lo menos, es estriado.

n) *Pistolón de caza*.— Es el arma de puño de uno o dos cañones de ánima lisa, que se carga normalmente con cartuchos que contienen perdigones.

ñ) *Pistola*.— Es el arma de puño de uno o dos cañones de ánima rayada, con su recámara alineada permanentemente con el cañón. La pistola puede ser de carga tiro a tiro, de repetición o semiautomática.

o) *Pistola ametralladora*.— Es el arma de fuego automática diseñada para ser empleada con ambas manos, apoyada o no en el cuerpo, que posee una recámara alineada permanentemente con el cañón. Puede poseer selector de fuego para efectuar tiro simple (semiautomática). Utiliza para su alimentación un almacén cargador removible.

p) *Revólver*.— Es el arma de puño, que posee una serie de recámaras en un cilindro o tambor giratorio montado coaxialmente con el cañón. Un mecanismo hace girar el tambor de modo tal que las recámaras son sucesivamente alineadas con el ánima del cañón. Según el sistema de accionamiento del disparador, el revólver puede ser de acción simple o de acción doble.

6. *ARMAS DE ACCIÓN NEUMÁTICA O DE GAS CARBÓNICO*

Son aquellas que utilizan la energía producida por un violento desplazamiento de aire, provocado por un pistón alojado en su interior, cuando es liberado (acción neumática). Dicha energía también puede encontrarse comprimida en un envase o garrafa que contiene dióxido de carbono. En ambos casos dichas armas (de puño o de hombro, tales como pistolas, rifles, etc.) arrojan balines de plomo, acero, etc., de reducidas dimensiones y variadas formas.

7. *CONSIDERACIONES TÉCNICAS SOBRE LAS ARMAS MÁS USUALES*

Desde el punto de vista de la investigación criminal, la experiencia nos indica que las armas de fuego más frecuentemente utilizadas para cometer hechos de violencia tanto contra las personas como contra inmuebles, vehículos, etc., son: el revólver, la pistola, la escopeta, el pistolón, la pistola ametralladora y las pistolas o rifles de acción neumática o de gas comprimido.

a) *El revólver*.— Se trata de un arma corta, sumamente apta para el combate a corta distancia, muy difundida en el mundo entero. Actualmente existen numerosos modelos, marcas, calibres y largo de cañón, no obstante lo cual su funcionamiento es básicamente común a todos.

Por su mecanismo de disparo puede ser de *simple acción*, vale decir que para concretar un disparo es necesario previamente mon-

tar el martillo (desplazarlo totalmente hacia atrás en forma manual) o de *doble acción*. En este último caso el disparo se logra oprimiendo directamente la cola del disparador.

El martillo puede encontrarse *oculto* (dentro de la armadura) o *a la vista* (fuera de la armadura). En el primer caso la extracción del arma de entre las ropas reduce notablemente la posibilidad de enganche.

El percutor (pieza que provoca el estallido de la cápsula fulminante del cartucho por el golpe del martillo) puede ser fijo o *solidario* al martillo; *móvil* (formando parte del martillo pero con posibilidades de movimiento limitado, ascendente y descendente) y finalmente, *flotante*, es decir independiente del martillo y dentro de un resorte que le permite el retroceso luego de cada percusión.

Dentro de un mismo calibre, de acuerdo con el tipo de cartucho para el cual ha sido diseñado, puede ser: corto, largo, largo especial, *Magnum*, etcétera.

También dentro de un mismo calibre existen diferencias en la longitud del cañón (2 pulgadas, 4 pulgadas, etc.). A mayor longitud habrá mayor precisión en la trayectoria del proyectil.

El cañón puede ser articulable junto con el tambor (cierre en "T" o *lechucero*, como comúnmente se lo denomina); roscado, fundido o a presión respecto de la armadura.

El tambor generalmente es volcable hacia la izquierda o derecha (excepto los que poseen cierre en "T") y giratorio hacia uno u otro lado. Su capacidad de carga o cantidad de alvéolos varía de acuerdo con el calibre, la marca y el modelo.

Existen y han existido otros modelos, con características tales como las de tener que extraer el cilindro para su carga. Tratar de vertir todas las variantes y sistemas anteriores y actuales implicaría llevar a cabo una obra de similares dimensiones a la presente, solamente dedicada a ello. El propósito fundamental es simplemente ofrecer una idea general que sirva para distinguir un tipo de arma respecto de otra. Recurrir a catálogos y folletos de fabricación suele ser el método más acertado para detallar técnicamente un determinado tipo de arma de fuego, especialmente en lo atinente a la ubicación de piezas y sistemas que la integran.

Es necesario acotar que el revólver se distingue, al igual que otras armas, por su *sistema de percusión*: de fuego central y periférico o anular.



Figura 98

Vista en corte de un revólver calibre .38 *Special*.

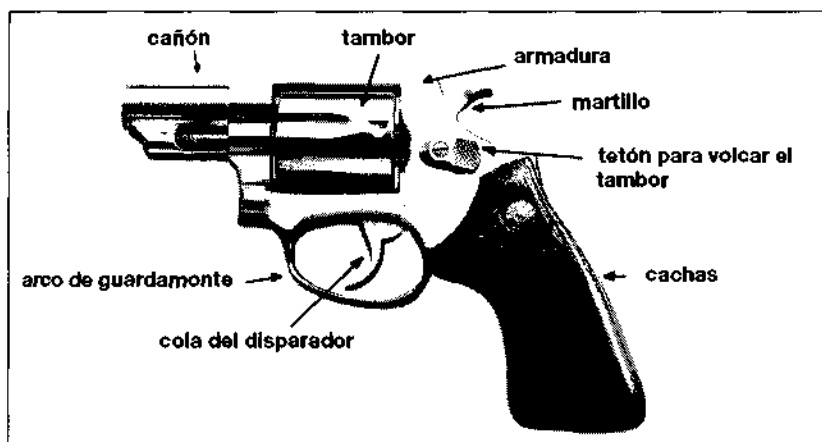


Figura 99

Revólver de doble acción.

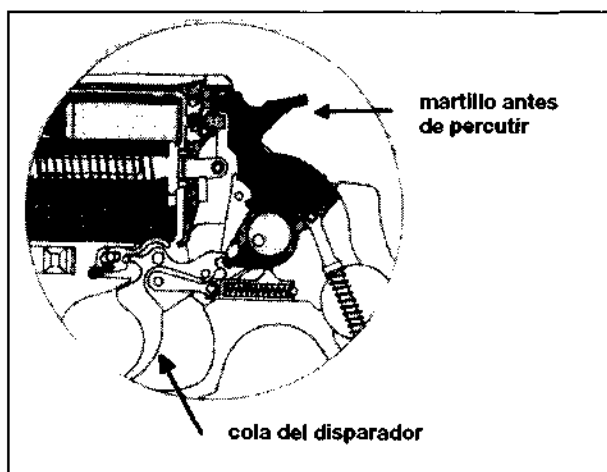


Figura 100

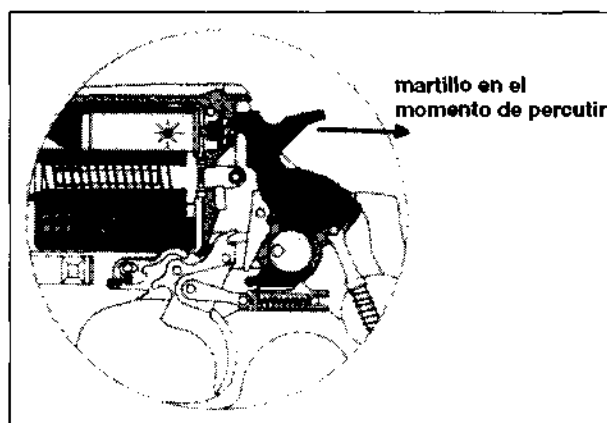


Figura 101

Figura 102

Giro del tambor (flecha superior).
Vuelco del tambor (flecha inferior).

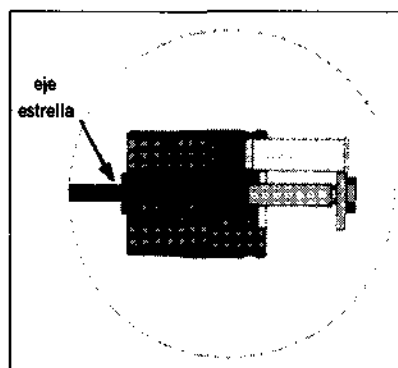
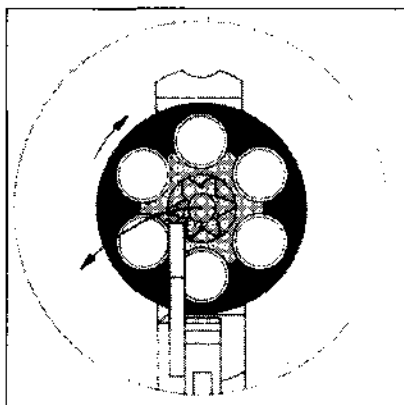


Figura 103

Extracción de
cartuchos.

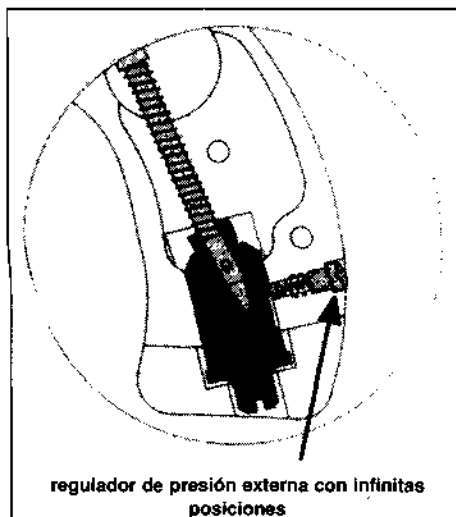


Figura 104



Figura 105



Figura 106

Vista del martillo montado de un revólver de simple acción.

La mayor parte de los revólveres modernos son de doble acción, es decir que al ejercer presión sobre la cola del disparador se monta el martillo y luego cae para percutir el cartucho que en ese momento enfrenta el cañón del arma (el mismo se encuentra alojado en uno de los alvéolos del cilindro). En estos revólveres también es posible montar el martillo manualmente, para disparar en simple acción y por ende obtener mayor precisión de tiro. Algunos funcionan únicamente en simple acción, es decir que para efectuar cada disparo hay que montar el martillo en forma manual.

Otros son de doble acción solamente, pues tienen el martillo oculto.

b) *La pistola*.— Sin entrar en el campo de sus orígenes, clases y evolución que ha experimentado conforme a los avances tecnológicos, todos sabemos que se trata de un arma generalmente semiautomática, que no precisa de más acción mecánica por parte del tirador que desplazar debidamente la corredera, y las sucesivas presiones del dedo índice sobre la cola del disparador harán posibles los correspondientes disparos. A su vez, en ascendente *carrera*, los cartuchos almacenados en el estuche correspondiente, se irán desplazando hacia la recámara del cañón aprovechando la presión de los gases producidos por la deflagración de la pólvora, lo que a su vez dará lugar a la expulsión o eyección de vainas vacías o servidas por la ventana existente para tal fin.

Por su mecanismo de disparo pueden ser de *simple acción* (montaje manual del martillo o por accionamiento de la corredera; el montaje manual del martillo no permite el disparo sin haberse colocado previamente un cartucho en recámara), o de *doble acción* (siempre y cuando exista un cartucho en recámara, el disparo se produce accionando directamente la cola del disparador).

El martillo puede encontrarse *a la vista* o poseer un sistema de disparo que impida su visualización.

El percutor es generalmente del tipo *flotante*. Cuando el elemento en cuyo interior se alojan los cartuchos de bala puede ser extraído del arma, se lo denomina estuche cargador; en caso contrario (cuando es solidario con aquélla), almacén cargador.

En términos generales, este tipo de arma está conformada por las siguientes piezas: la *armadura*, que contiene o sostiene las diversas piezas que integran su mecanismo; la *corredera*, que contie-

ne los aparatos de puntería (guión y alza), con posibilidades de desplazamiento hacia atrás y hacia adelante sobre guías ubicadas en la armadura; el *retén de corredera*, que permite mantenerla abierta cuando el estuche cargador ha quedado vacío; el *cañón*, generalmente desmontable previo desplazamiento y separación de la corredera; el *extractor*, que por medio de su *uña extractora* tiene por misión sacar de la recámara los cartuchos o vainas servidos, arrastrándolos hasta que son expulsados por el *botador*, ubicándose el primero en la corredera y el segundo en la parte posterosuperior de la armadura; el *estuche o almacén cargador*, cuya finalidad es contener los cartuchos que luego han de trasladarse a la recámara del arma, accionando manualmente la corredera o automáticamente por los retrocesos que ésta sufre por la acción de los gases que se producen a raíz del disparo.

(ver figuras 107 y 108 en p. 341)

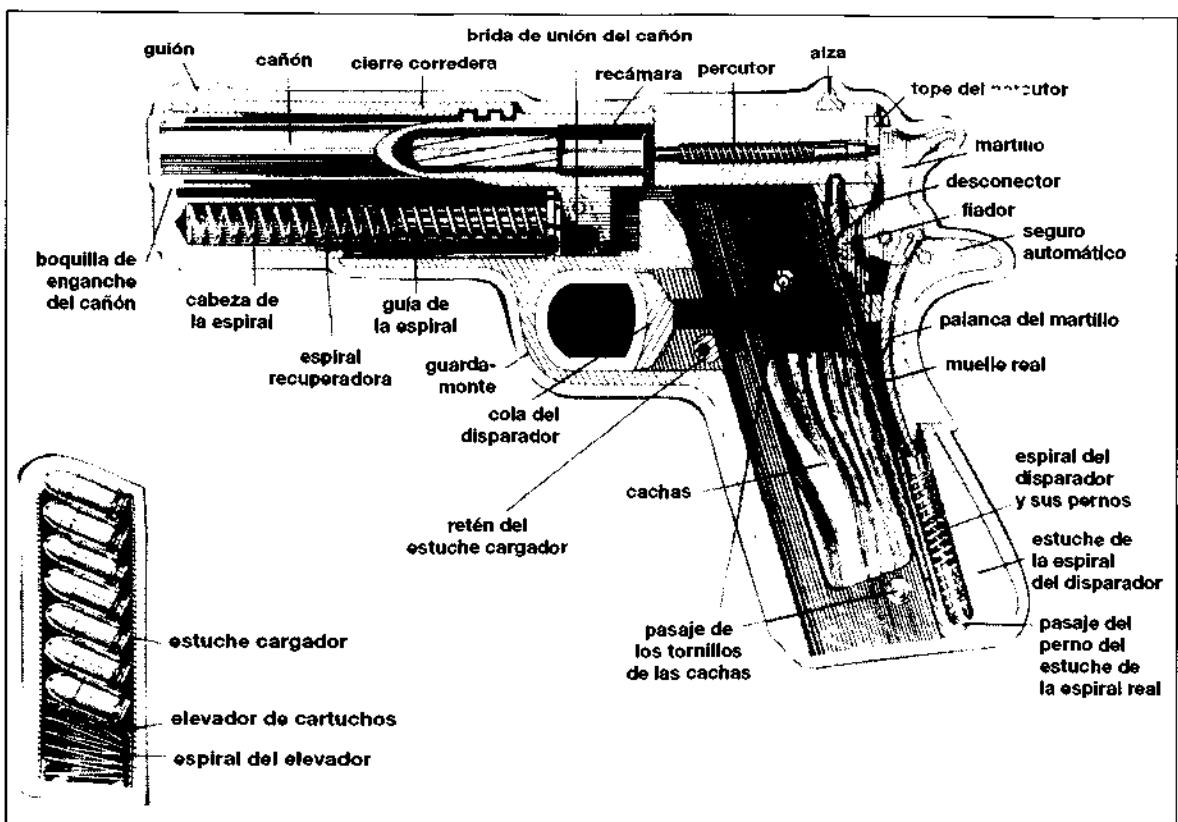
Con respecto a su mecanismo de disparo se indica que una vez accionada la cola del disparador, el martillo cae sobre el percutor, éste pica o golpea la cápsula fulminante del cartucho y el disparo se produce.

(ver figuras 109 a 114 en ps. 342 a 344)

c) *La escopeta*.— La escopeta, que desde su advenimiento fue utilizada como arma de caza, se ha constituido en los últimos años en un poderoso auxiliar de las fuerzas policiales y en un aliado eficiente de las tropas del ejército que luchan en zonas selváticas. También es cierto que hoy día, más y más gente adquiere este tipo de arma para la protección de hogares, tanto en el campo como en la ciudad.

Se trata de un arma larga o de hombro, de uno o dos cañones de ánima lisa, en la que normalmente se emplean cartuchos de perdigones. La evolución en sus variados diseños, así como la producción de cartuchos especiales, la han hecho apta para ciertos tipos de operaciones, esencialmente policiales (cartuchos con postas de gran calibre, de goma, etcétera).

Por su sistema de disparo podemos clasificarla en:



Figuras 107 y 108

Nomenclatura de las piezas que integran una pistola (Colt calibre .45).

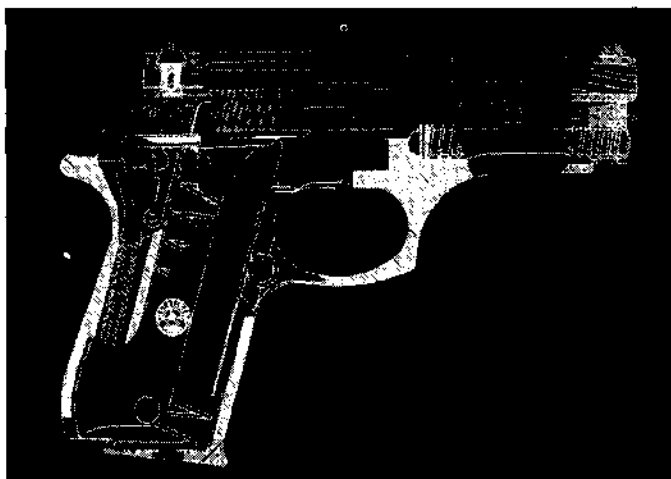


Figura 109

Vista en corte de una pistola semiautomática actual.



Figura 110

Pistola actual sin martillo "a la vista".

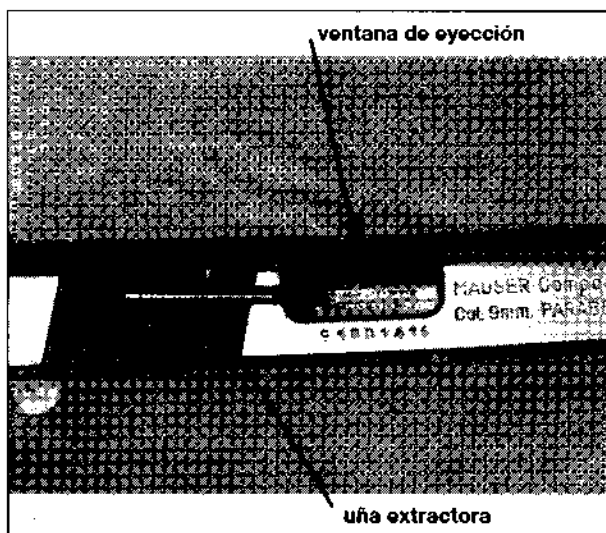


Figura 111

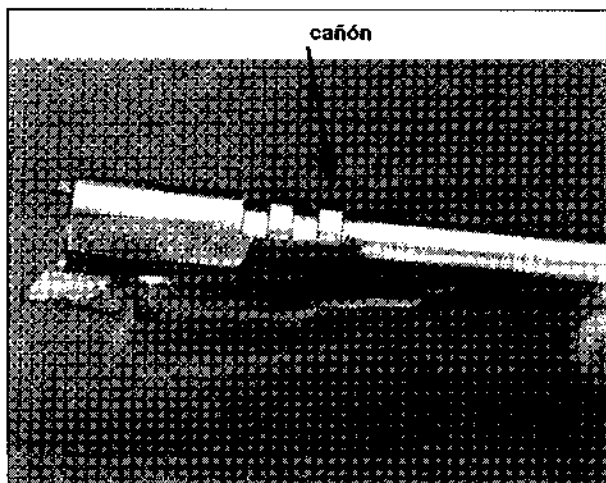


Figura 112

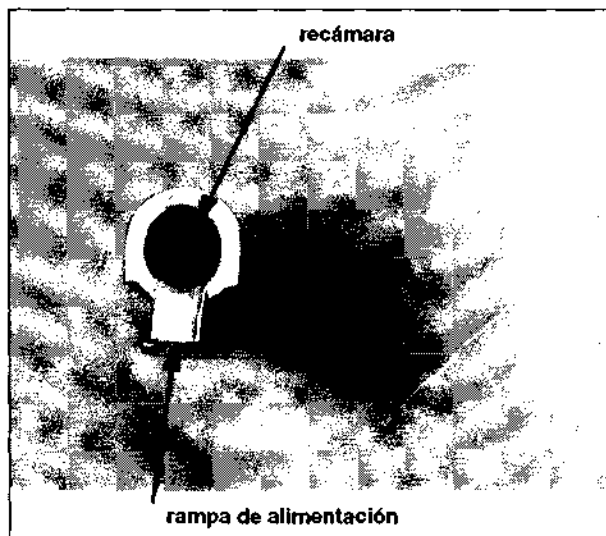


Figura 113

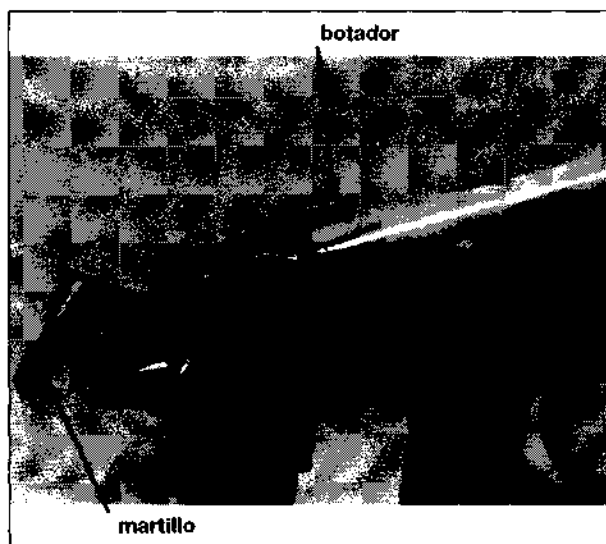


Figura 114

1. *De carga manual (tiro a tiro).* Tanto en las escopetas de uno como de dos cañones, el tirador debe concretar la operación de apertura, carga, cierre y montaje del martillo en forma manual. Ocurre lo mismo en cuanto a la descarga una vez producidos el o los disparos. Existen diseños modernos que permiten a los percutores armarse cuando el arma está abierta, no siendo necesario, por ende, montar el o los martillos.

2. *De repetición.* Es aquella que debajo del cañón posee un tubo o cilindro que oficia de almacén cargador, en el que deben introducirse de uno por vez los cartuchos (la alimentación puede ser a palanca o a trombón). Efectuada la operación de carga del almacén, el operador produce la operación de apertura del arma y, al cerrarla, coloca el cartucho en la recámara, montándose simultáneamente el percutor. Por cada disparo debe realizarse la misma operación.

3. *Semiautomática.* Colocados los cartuchos en el tubo o estuche cargador, según el caso, la primera operación de carga debe concretarse manualmente. Ocurrido el disparo y empleando parte de los gases de la pólvora combustionada, se produce en forma automática la recarga de los restantes cartuchos.

Cuando se trata de escopetas de dos cañones, los mismos pueden estar yuxtapuestos (uno al lado del otro) o superpuestos (uno encima del otro). También encontramos escopetas de tres cañones combinados (estriados y lisos), denominadas *drilling*, que tienen como principal ventaja la versatilidad y adaptabilidad a las condiciones de caza que imperan en un determinado territorio, en el que se pueda encontrar indistintamente caza mayor y menor. Debe aclararse que también se fabrican escopetas superpuestas de dos cañones, uno liso y el otro estriado, con la finalidad antes aludida, las que en realidad se denominan *fusiles de caza*.

1. *El dispositivo de "polichoke" y su utilización:* El dispositivo de *plurichoke* o *polichoke*, según sea la denominación de raíz latina o griega que se emplee, se usa para dar versatilidad a la escopeta, pudiendo, gracias a él, concentrar más o menos el plomeo al cerrar o abrir la boca del cañón. El mismo consiste en unos sectores

cilíndricos sobre los que se actúa mediante una rosca cónica, y se ubica en el extremo anterior del caño.

Como son de origen norteamericano, su graduación viene marcada por la denominación de los distintos *chokes* en inglés, correspondiendo éstos a:

—*CL* (cilíndrico, también llamado *Slug*: para bala): 0, 0,2 mm.

—*Improved CL* (cilíndrico mejorado, 1/4 de *choke*): 0,3; 0,4 mm.

—*Modified* (modificado, 1/2 *choke*): 0,5; 0,6 mm.

—*Improved modified* (modificado mejorado, 3/4 *choke*): 0,7; 0,9 mm.

—*Full choke* (*full choke*): 1,0; 1,1 mm.

Cabe acotar que también existen *chokes* intercambiables que van roscados a uno de los cañones de las escopetas (superpuestos) y que existen escopetas con un cañón cilíndrico y otro agolletado en la boca.

(ver figuras 115 a 117 en ps. 347 y 348)

II. *Los disparadores*: Disparador, cola de disparador, o vulgarmente gatillo, se llama lo que provoca la salida del tiro, haciendo caer el martillo, al ejercer presión sobre él con el dedo. En las escopetas, su forma y posición, tanto en relación con la garganta de la culata, como dentro del arco de guardamonte, tiene mucho que ver con el buen o mal resultado del arma en manos del tirador. En las escopetas de dos disparadores (bigatillo), el delantero, que generalmente corresponde al caño derecho en las yuxtapuestas, y al inferior en las superpuestas, tiene forma ligeramente curvada, parecido a una media luna muy abierta, mientras que el trasero es mucho más largo y curvo. La punta de este último se hace más ancha que el cuerpo y es conveniente que esté colocada a la derecha de la punta del disparador delantero. En esta forma el dedo índice, al deslizarse después del primer disparo para tomar contacto con el disparador trasero, se limitará a hacerlo directamente hacia atrás.

En algunos sistemas, el orden en el que se pueden disparar los caños es fijo: primer disparo caño derecho o inferior, segundo disparo caño izquierdo o superior. En otros puede elegirse el orden mediante un selector que por lo general está ubicado en el mismo seguro y a veces en la cola del disparador.

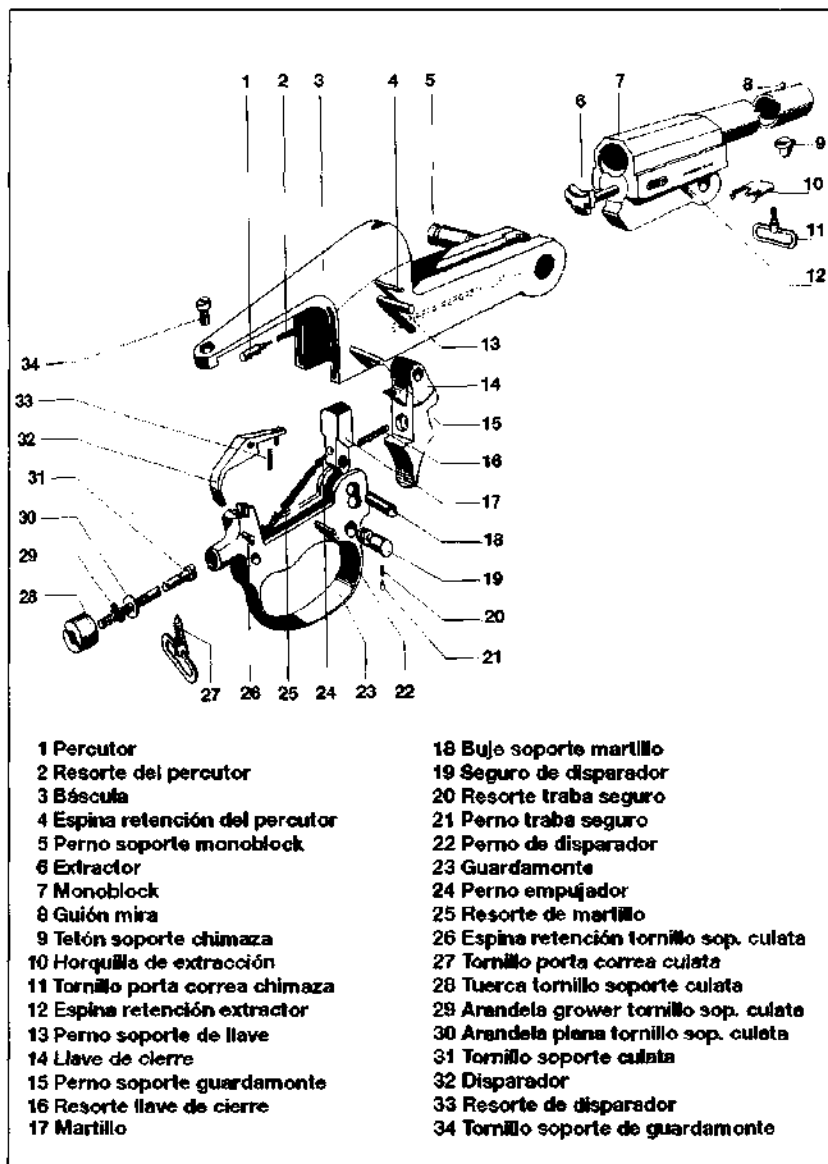
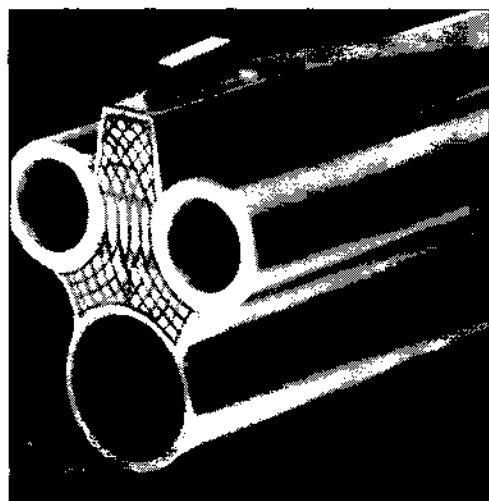
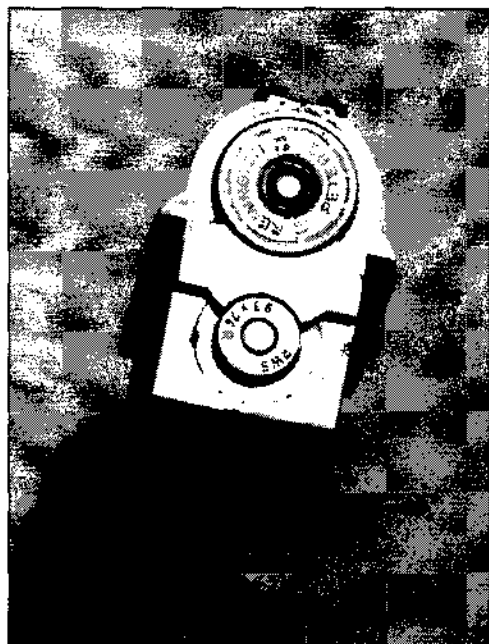


Figura 115

Despiece de una escopeta de fabricación nacional (un solo caño).



Figuras 116 y 117

Escopetas de cañones combinados —drilling— (fusiles de caza).

III. *Extractores y expulsores*: Ubicados en la boca de la recámara, abarcan un cuarto de la circunferencia total de éstas y se accionan por diversos sistemas. Los más simples son los extractores, que sólo extraen del cartucho aproximadamente 1 cm, debiendo completarse la extracción con los dedos. Al abrir la escopeta, un resalte o apoyo metálico de la chimaza empuja hacia afuera el vástago en cuyo extremo se encuentra el mencionado cuarto de circunferencia, o extractor. Más complejos son los expulsores, que extraen totalmente al cartucho, arrojándolo a cierta distancia del arma. Funcionan en forma selectiva, ya que si el cartucho no ha sido disparado, sólo lo extraen en forma parcial.

IV. *La banda y el guión*: En el caso de las escopetas yuxtapuestas se llama banda superior a la pieza colocada entre ambos cañones, la cual puede ser cóncava o plana. En algunas escopetas la superficie de la banda cerca de la boca de los caños, es más baja que éstos, lo cual se hace para levantar el tiro, con el inconveniente de que los caños sobresalientes obstruyen el campo visual.

En el caso de las escopetas superpuestas podríamos decir que existen dos bandas. La que une ambos caños y la que se ubica sobre el caño superior; esta última no siempre presente en las escopetas de caza o del tipo económico. En ambos casos pueden ser macizas, es decir soldadas al caño en toda su longitud, o unida a éste de trecho en trecho, las cuales se llaman *ventiladas*, y tienen por objeto facilitar el enfriado de los tubos y evitar reflejos por el calentamiento de la banda superior.

El guión o punto de mira puede ser de metal blanco, latón, plástico, marfil o acrílico translúcido (existen además fosforescentes). Las escopetas finas y las de competición suelen llevar un segundo guión, más pequeño, ubicado en la mitad de la longitud de la banda, el cual sirve para posicionar el arma, ya que cuando ésta se encuentra correctamente alineada, éste no se ve contra el primero.

d) *El pisto'ón*.— Es un arma muy difundida para la caza de especies menores y para la defensa personal, especialmente en el interior de inmuebles y vehículos.

Es de muy corto alcance, emplea cartuchos de escopeta y puede encontrarse provisto de uno o dos caños. Presenta la facilidad de

una mayor precisión en el tiro al bulto, aun por tiradores no experimentados. No produce retroceso considerable y es de fácil operación. La ventaja relativa respecto de la facilidad para el tiro al bulto (por la dispersión de perdigones) se transforma en una dificultad en caso de requerirse precisión.

e) *La pistola ametralladora.*— Se trata de un arma diseñada para el combate a cortas distancias y para su empleo con ambas manos. Puede tener o no un selector de disparo que le permite operar tiro a tiro o en ráfaga. En algunos modelos, por no contar con ese selector, la cadencia de fuego la marca el mismo tirador, mediante el accionar de la cola del disparador. La alimentación se efectúa por estuches cargadores y los diseños más modernos tienden al empleo del arma con una sola mano.

(ver figura 118 en p. 351)

f) *Pistolas, rifles y carabinas de acción neumática o de gas comprimido.*— Las modalidades de tiro neumático cada día cobran un mayor interés y preponderancia por motivos perfectamente justificados, como son economía de entrenamiento, sencillez de instalaciones y facilidad para tener una galería de tiro (de distancia reglamentaria o reducida) en el propio domicilio del tirador. Además, para el que se inicia en un tiro con arma corta de fuego, es una buena escuela de introducción, y para el ya formado, una constante práctica de mantenimiento y entrenamiento. No es de extrañar pues que esta modalidad se haya afianzado en el ánimo de los tiradores, realizándose armas de calidad técnica cercana a la perfección.

Existen en el tiro neumático dos tendencias claramente diferenciadas; la de armas de aire precomprimido mediante una palanca sobre la que actúa la fuerza del brazo del tirador, y las que utilizan como medio de impulsión dióxido de carbono que se dosifica desde un pequeño receptáculo que va adosado al arma, que, a su vez, se llena de un cilindro contenedor industrial de mayor tamaño. La primera tiene como virtud la independencia, ya que sólo es necesario el comprimir en el arma el aire atmosférico aunque el esfuerzo para conseguirlo resulte, por lo menos, molesto, y haga perder la concentración al tirador.

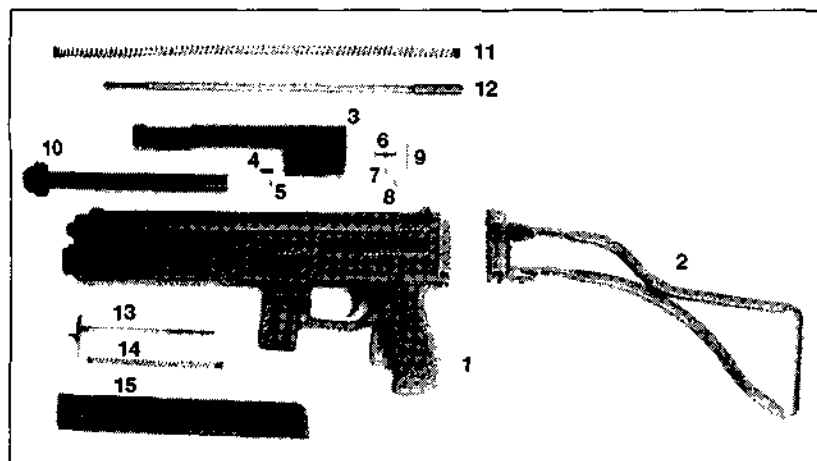


Figura 118

Detalle de las piezas principales de una pistola ametralladora de origen europeo (LF 57, calibre 9 x 19 mm, marca Franchi, Italia).

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Cuerpo | 9. Pasador del extractor |
| 2. Grupo culata plegable | 10. Cañón completo |
| 3. Bloque del cierre | 11. Resorte de retroceso |
| 4. Aguja de percusión | 12. Guía del resorte de retroceso |
| 5. Pasador de la aguja de percusión | 13. Maneta de armamento |
| 6. Extractor | 14. Resorte de la maneta de armamento |
| 7. Guía del resorte del extractor | 15. Cargador |
| 8. Resorte del extractor | |

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Calibre	9 mm x 19 NATO	
Sistema de funcionamiento	Retroceso del cierre	
Alimentación	Cargador prismático de 30 cartuchos	
Largo	Con culata doblada	420 mm
	Con culata extendida	680 mm
Altura	Con cargador	303 mm
	Sin cargador	185 mm
Anchura máxima		54 mm
Largo del cañón		206 mm
Peso	Sin cargador	3,32 Kg
	Con cargador lleno	3,82 Kg
Mira anterior	Fija	
Mira trasera	Muesca, con reglaje transversal (arma puesta a cero a 50 m)	
Largo de la línea de mira		292 mm
Cadencia de disparo	460 dpm	
Velocidad inicial	403 m/s	

El sistema que usa el dióxido de carbono presenta como ventaja la carencia de esfuerzo de carga y por tanto la posibilidad de total concentración en la mecánica psicológica del disparo, pero tiene el inconveniente de estar pendiente de que no se agote el gas. Hoy en día existen cilindros contenedores de dióxido de carbono en todos los campos de tiro y armerías.

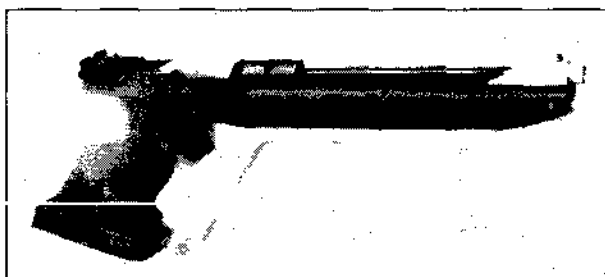
Tanto las pistolas como los rifles y carabinas, conforme a las marcas, modelos y diseños, pueden estar concebidos para disparar uno o más proyectiles que van insertos en cargadores rectilíneos, tubulares, cilíndricos, etcétera.

Los balines diseñados para tales armas varían en diseño, conforme la función que van a cumplimentar (precisión, penetración, alimentación rápida, etcétera).

En términos generales podemos decir que las más avanzadas en diseño cumplen con los siguientes parámetros promedio:

(ver figuras 119 a 122 en ps. 353 y 354)

Tipo de arma	Longitud cañón (cm)		Calibre proyectil (mm)		Velocidad inicial (m/s)	
			4,5	5,5	4,5	5,5
Rifle	40	30,4	*		160	
Rifle	45	30	*	*	190	150
Rifle	45	30	*		175	
Rifle	45	37,6	*	*	240	190
Rifle	45	37,6	*	*	240	190
Rifle	45	34,1	*	*	210	180
Rifle	45	34,1	*	*	250	200
Rifle	45	34,1	*	*	250	200
Rifle	45	35	*		300	
Rifle	45	—	*		170	
Rifle	45	39,5	*		175	
Pistola	18	21	*		120	
Pistola	18	21	*		120	
Pistola	17,7	12	*		110	
Pistola	17,6	12	*		110	
Pistola	21	12	*		120	
Pistola	21	12	*		120	



Figuras 119 y 120

Armas de acción neumática y gas comprimido. Pistolas.



Figura 121

Armas de acción neumática y gas comprimido. Rifle o carabina.

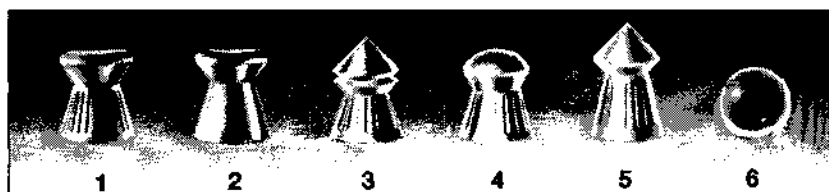


Figura 122

Balines de plomo frecuentemente utilizados en armas de acción neumática o de gas comprimido: 1) Match. 2) Olympic. 3) Magnum. 4) Hunter. 5) Master. 6) Round.

8. *CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y APTITUD PARA EL TIRO DE UN ARMA DE FUEGO. SU DETERMINACIÓN*

Una de las tantas labores periciales con las que debe enfrentarse el perito balístico, cuando así se lo requiere el magistrado o autoridad que interviene en una causa judicial, es la de determinar si la o las armas secuestradas son aptas para el tiro o, dicho de otra manera, si son aptas para sus fines específicos.

Éste es uno de los interrogantes más frecuentemente formulados. Esa aptitud a la que hemos hecho referencia radica, especial-

mente, en el buen y normal funcionamiento del mecanismo de percusión del arma, y ello deriva de la existencia, integridad y ajuste adecuado de todas las piezas que lo integran.

Para establecer si el mecanismo de percusión funciona bien y normalmente, se comienza por observar y accionar las piezas visibles del mismo en vacío, luego de lo cual se llevan a cabo disparos de experiencia y, conforme el resultado, se procede al desarme del mismo para observar y valorar el estado de las piezas interiores u ocultas.

De la manera aludida se estará en condiciones de establecer lo siguiente: si al accionar la cola del disparador se produce el movimiento de traslación del martillo que concluye con el golpe del extremo anterior del percutor en la cápsula fulminante, concepto éste que se aporta en forma generalizada, ya que existen numerosas variantes de acuerdo con el tipo de arma, marca y modelo de que se trate; si los resortes, muelles, sistemas de seguro de martillo o de cola de disparador no presentan debilitamientos, desgastes, roturas o fisuras; si la púa o aguja percutora se encuentra intacta en cuanto a roturas, fisuras o aplastamientos que pueden incidir sobre el pica-do eficiente.

Obviamente resulta de suma importancia verificar previamente a todo lo expuesto, la existencia o no de algún proyectil que pudiera haber quedado alojado en el interior del cañón, ya que un descuido al respecto podría acarrear peligro para el perito en el momento de probar el arma.

Con igual criterio también es importante verificar previamente la presencia de roturas, rajaduras o fisuras de piezas tan importantes como el cañón, la recámara o los alvéolos, según el caso.

Si bien un arma puede resultar apta para el tiro, no es de descartar que acuse alguna anormalidad que no influya en lo primero, por ejemplo, desajustes en el sistema de fijación del tambor (revólver), deficiencias en el seguro del cargador (pistola), etc. En tales casos se tratará de un arma *apta para el tiro y de anormal funcionamiento*. De la misma manera, el hecho de que por algún impedimento originado en deficiencias mecánicas un arma automática o semiautomática no pueda concretar disparos sucesivos sin la alimentación manual del operador, no implica que no sea apta para el tiro.

9. *APTITUD PARA EL TIRO DE CARTUCHOS. SU DETERMINACIÓN*

Cuando así se lo requiera, no sólo se hace necesario verificar la aptitud para el tiro del arma incautada sino también la de los cartuchos que la acompañaban. Las pruebas al respecto se concentrarán sobre la cantidad de material que el juez interventor autorice.

Sobre el tema, la manera lógica de operar es la de proceder a dispararlos con un arma adecuada al calibre del que se trate, comprobando primeramente si el disparo se produce a la primera percusión; en segundo término y si el cartucho ha sido diseñado para su empleo en armas automáticas o semiautomáticas, si luego del estallido de la pólvora la cápsula servida surge eyectada normalmente (lo contrario indica una deficiencia en la carga de proyección, considerando que el arma funciona normalmente); finalmente, es conveniente también medir la velocidad del proyectil para determinar si se ajusta a los valores de fábrica.

Cuando uno o varios de los cartuchos sometidos a peritaje ya se encuentran percutidos por así haber sido secuestrados, será necesario determinar si tal anomalía se debió a fallas en el sistema de percusión del arma ofrecida (percusiones débiles, excéntricas, etc.), al mal estado de conservación del elemento, pese a ser de reciente fabricación (pólvora humedecida, desajustes entre vaina y bala, fisuras en la cápsula, etc.), o por tratarse de un cartucho de antigua data.

10. *CELOSIDAD. FUERZA DE TRACCIÓN NECESARIA PARA PRODUCIR EL DISPARO*

Cuando hablamos de *celosidad* o *grado de celosidad* de un arma de fuego, no hacemos otra cosa que referirnos al valor de la fuerza de tracción que es necesario ejercer sobre la cola del disparador (también denominada "*medida del pull del disparador*") para posibilitar la producción del disparo.

En tal sentido, se deberá tener en cuenta que en muchos casos (revólveres y pistolas de doble acción, por ejemplo), habrán de resul-

tar dos valores: el correspondiente al accionamiento del arma en *acción simple* (martillo previamente montado) y el que surja de su manejo en *acción doble* (sin montar previamente el martillo).

Ambos valores pueden calcularse mediante el sencillo procedimiento (rudimentario y relativamente impreciso) de colocar un alambre cuya curvatura superior se apoya sobre la cola del disparador del arma, sujeta por una morsa, para luego ir colocando pesas de graduación conocida en su extremo inferior. El resultado depende del correcto apoyo.

Otra forma de lograr buenos resultados es mediante el empleo de dinamómetros adecuados o bien algún otro instrumento con avanzada tecnología electrónica que permita minimizar errores de medición. No obstante ello, en todos los casos es recomendable efectuar operaciones repetidas de medición para, a través de promedios, obtener resultados satisfactorios.

Los datos así obtenidos deberán ser cotejados con los originales de fábrica o, en su defecto, con el promedio de valores obtenidos con numerosas armas de igual tipo, marca, modelo y calibre.

TABLA CON VALORES TÍPICOS DE MEDIDA DE PRESIÓN O FUERZA SOBRE LA COLA DEL DISPARADOR

<i>Tipo de arma</i>	<i>Medida o valor en kilogramos</i>
Carabinas calibre .22	1,8 a 2,7 (excepto modelos para tiro al blanco)
Fusiles y carabinas militares	1,8 a 3,2
Revólveres en simple acción	1,6 a 2,5 (excepto modelos para tiro al blanco)
Revólveres en doble acción	2,3 a 6,9
Pistolas semiautomáticas	2,0 a 2,9 (excepto modelos para tiro al blanco)
Escopetas	1,8 a 2,7

Practicadas tales experiencias se estará en condiciones de inferir si la o las magnitudes resultantes (simple acción únicamente o

no) se encuentran por encima o por debajo de las especificadas por el fabricante o por tabulaciones previas llevadas a cabo por el perito con armas similares a la sometida a estudio. En el primer caso (valor inferior) y siempre que la magnitud sea sensiblemente disímil, diremos que se trata de un arma *celosa*.

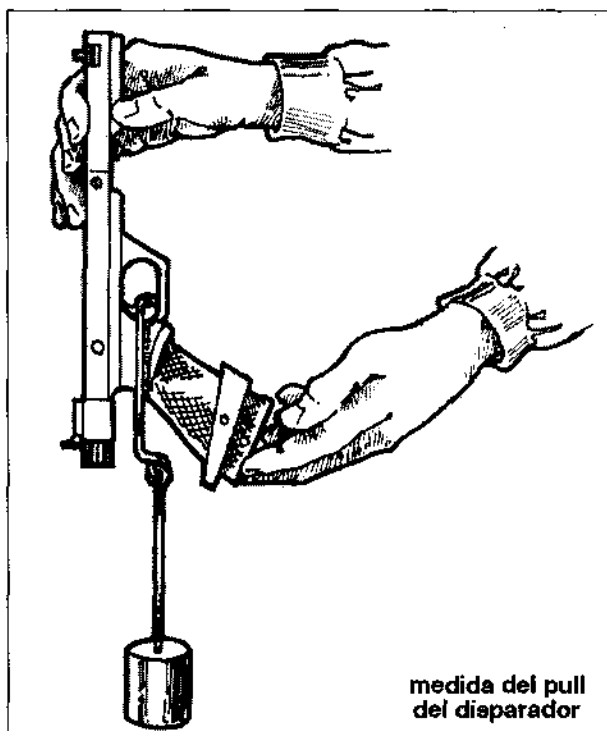


Figura 123

Ilustración del sistema más sencillo de medición de fuerzas.

11. *DISPAROS NORMALES, ACCIDENTALES O INVOLUNTARIOS*

Para no abundar en detalles innecesarios diremos que disparo normal desde el punto de vista técnico, es aquel que se concreta me-

diando la voluntad previa del tirador y sin importar las deficiencias o anormalidades que pudiera presentar el arma.

De igual manera, convengamos en decir que será accidental un disparo no deseado originado en desperfectos mecánicos u otros fenómenos físicos, independientes del tirador.

Finalmente, y en lo que atañe a los disparos involuntarios, vamos a suponer que efectivamente y como la palabra lo indica, no intervino la voluntad del tirador, no obstante lo cual el fenómeno no fue independiente de su accionar.

Sin lugar a dudas una de las inquietudes procesales más frecuentes es la de encasillar la producción de un disparo en alguna de las tres posibilidades antes vertidas.

Como normalmente sucede con casi todos los elementos mecánicos potencialmente peligrosos creados por el hombre, se los dota de sistemas de seguridad que con el correr del tiempo van evolucionando, aunque infortunadamente y sólo por razones de costo, excepcionalmente se los perfecciona de manera inmediata cuando la tecnología lo hace posible.

La cantidad de accidentes ocurridos con armas largas suele ser menor a la que ocurre con las de puño, seguramente debido a que la forma y dimensiones de las primeras hacen más notorio a quien la sostiene, saber si está dirigida hacia sí mismo u otras personas. Estas últimas, por su parte, generalmente, al verse encañonadas o próximas a encañonar, se apresuran a llamar la atención para evitar accidentes.

Por otra parte, las armas largas resultan más fáciles de sostener con las manos alejadas de la cola del disparador, resultando además menor el manoseo a que son sometidas.

Las armas de puño, en cambio, suelen ser portadas con asiduidad por elevado número de personas, normalmente cargadas y en todas partes. Las operaciones de carga y descarga, revisión de éstas, introducción y extracción de cartuchos en la recámara o alvéolos, se hacen cotidianas, al igual que ponerlas sujetas a la cintura con o sin cartuchera y desenfundarlas a cada momento, para dejarlas sobre muebles, guanteras de automóviles, etcétera.

Partiendo de la base de que todos los mecanismos de seguridad existentes en las armas modernas han experimentado mejoras, y limitando el tema dentro de un marco técnico-pericial estricto, diremos que en relación con los disparos accidentales o involuntarios, el accionar del experto en balística estará circunscripto al arma y mu-

nición que le sean aportadas; al contenido del expediente de la causa de que se trate (declaraciones, fotografías, croquis, etc.), únicamente, o a todos los elementos mencionados, simultáneamente, incluyendo en el segundo y tercer caso la posibilidad de una reconstrucción del hecho.

En el primer caso, el interrogante generalmente reside en la posibilidad de establecer si el arma secuestrada posee alguna deficiencia mecánica (de fábrica o adquirida) que, ya sea por caída, golpe o choque con o contra determinada superficie, le hayan permitido la concreción de un disparo sin que medie la opresión de la cola del disparador. Dentro de este aspecto también puede requerirse se establezca el grado de celosidad de la misma.

Para dar respuesta a todas las preguntas que pueden vincularse con la temática que se está tratando, que ya de por sí pueden ser numerosas y variadas, considerando en este caso tal como se expresara anteriormente, que el perito cuenta únicamente con el arma y la munición, la respuesta técnica se fundamentará en la observación minuciosa y la experimentación.

En tal sentido, la revisión, manipuleo, disparos de experiencia, reproducción de caídas, golpes o choques (cuidadosamente realizados), estudio de la sensibilidad de los fulminantes de los cartuchos, etc., permitirán dar una acabada respuesta a lo petitionado. Para el estudio de disparos por caída libre, golpe o choque, pueden utilizarse vainas con fulminante intacto (obtenidos previo desarmado del cartucho con un martillo de inercia), las que evitarán riesgos físicos innecesarios.

Cuando el perito cuente con el expediente de la causa, el o las armas y su munición, y eventualmente sea concretada una reconstrucción del hecho, su labor será más amplia e intensa, ya que generalmente se lo interrogará sobre la factibilidad de que el disparo se haya producido en la forma indicada por la o las partes, testigos, etc., teniendo en consideración además los valores métricos, obstáculos o impedimentos físicos que pudieran surgir en el lugar del suceso, sus fotografías, croquis o planos. Las variantes de posibles preguntas son múltiples y su canalización amplia y multifacética, como para resumirlas o condensarlas en unas pocas frases. Resulta fundamental la objetividad, la experiencia, el profundo conocimiento de las distintas ciencias y técnicas afines con la especialidad.

Resulta inverosímil que un disparo se produzca solo —con un arma estática y apoyada— sin que haya mediado alguna fuerza o

energía de origen humano, mecánico o natural. Las evaluaciones resultarán particulares para cada caso o incluirán, lógicamente, las posiciones o situaciones previas de los mecanismos de disparo (especialmente el martillo) y seguros; posición de víctima o damnificado y victimario; si hubo o no forcejeos o lucha; trayectoria del disparo, etcétera.

CÁPSULAS FULMINANTES

(elemento que contiene una mezcla sensible a la percusión y cuya llama inflama la carga propulsora del cartucho)

Dimensiones (mm)	Diámetro 5,5 x 2,5	Diámetro 5,5 x 2,6
Sensibilidad (g. cm)	111,7 g a 40,62 cm	125 g a 35 cm
Seguridad (g. cm)	111,7 g a 7,62 cm	125 g a 3,5 cm
Empleo	Cal. 7,62 x 51 mm NATO para cartuchos de fusil de percusión central en general, tanto de uso militar como de caza mayor.	Cal. 11,25 x 23 mm. Apta para cartuchos de revólver y pistola de gran calibre.

Dimensiones (mm)	Diámetro 4,52 x 2,7	Diámetro 4,54 x 2,2
Sensibilidad (g. cm)	55 g a 30,5 cm	55 g a 30,5 cm
Seguridad (g. cm)	55 g a 7,6 cm	55 g a 7,6 cm
Empleo	Cal. 9 x 19 mm NATO Cal. 9 x 17 mm (.380)	Cal. .32 Largo Cal. .32 Corto Cal. .38 Special Cal. .38 Corto

(Información obtenida de la Dirección General de Fabricaciones Militares.)

CAPÍTULO XI

SISTEMAS DE PUNTERÍA

En la actualidad, si bien los sistemas de puntería más extendidos y usados son los tradicionales de punto (guión) y alza, y los ópticos, existen otros de avanzada tecnología que también debemos conocer, ellos son los de oclusión ocular, los de infrarrojos, los optrónicos y los de emisión de rayos láser.

Obviamente, para que la puntería sea correcta, necesariamente el punto a apuntar debe estar ubicado en el blanco propiamente dicho, vale decir, se debe apuntar a un punto del blanco. Normalmente, para lograr este efecto se emplea el aparato de puntería tradicional con que el arma está dotada (alza y guión).

Para corregir apropiadamente el efecto de la gravedad sobre el proyectil, se emplea el alza. En las armas cortas, en términos generales, este elemento es fijo, pero en algunos modelos puede desplazarse lateralmente y en otros puede graduarse para disparos a cortas distancias. En los fusiles o en las pistolas ametralladoras, el alza se compone de una regla, con graduación de distancias diferentes, de acuerdo con el tipo de arma. Se producen armas cortas con alzas graduables y armas largas con alza fija. Cuanto mayor elevación se le dé al alza más alto será el tiro y mayor el alcance del proyectil; contrariamente, cuando la elevación sea menor el tiro será más corto.

El guión, por lo general, es una pieza fija, sobre todo en las armas cortas. En cuanto a las armas largas, la tendencia es proveerlas de guiones regulables.

El sistema hasta aquí descripto también es denominado de *miras abiertas* y es típico del arma corta y de algunas armas largas.



Figura 124

Alza abatible ortóptica.

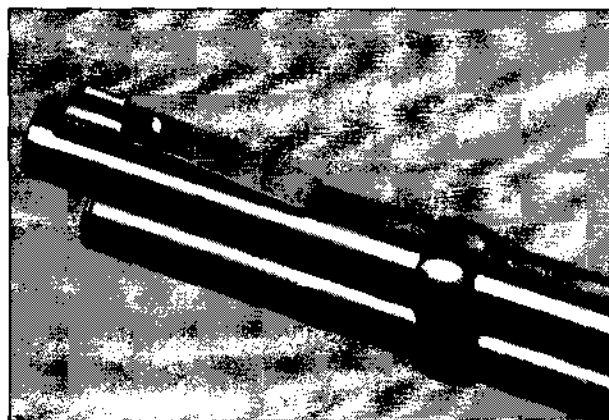


Figura 125

Guión integrado en una rampa que se fija mediante un tornillo.

Figura 126

Sistema de puntería con tres puntos blancos que brindan rápido y buen enfoque.

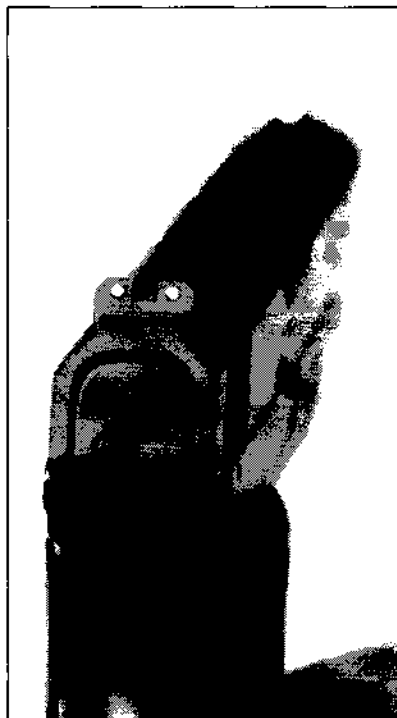
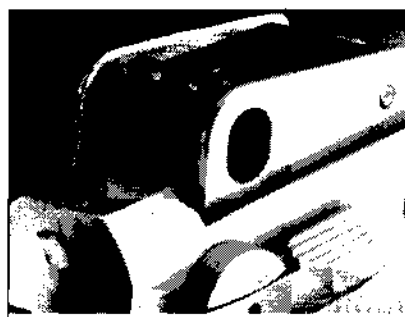


Figura 127

Arriba: Alza ajustable.
Centro: Alza de tritio (nocturna).
Abajo: Alza de tres puntos.



Figura 128

Arriba: Puntos de mira intercambiables. Abajo: Alza ajustable.

En las armas largas de miras cerradas se pueden encontrar dos sistemas diferentes de puntería:

a) *"Diopter" y túnel*: es el empleado en las armas largas de competición.

b) *Mira telescópica*: es el que se utiliza para la caza mayor y en ciertos fusiles de guerra para tiro de precisión a gran distancia, como los empleados por francotiradores y comandos.

1. EL "DIOPTER"

Es un tipo de mira que se conoce como *mira de agujero* o *peep sight*. Su origen y fundamento es muy antiguo, pues ya lo usaban los arqueros y ballesteros de la Edad Media.

Se basa en que el ojo del tirador tiende espontánea y naturalmente a buscar el centro del orificio por el que mira —punto en el que hay más luz— y, en consecuencia, si a este orificio se le opone otro lejano al ojo y situado sobre el extremo del cañón del arma, la tendencia natural será a colocar ambos en línea, con lo cual el arma se sitúa en posición de puntería. Como por otra parte el blanco se presenta visualmente como un círculo que se puede colocar concéntricamente, así se realizará la puntería de forma fácil y espontánea.

El orificio del *dioptr* puede ser fijo o móvil en cuanto a su tamaño. En el segundo caso —iris graduable—, se puede graduar la apertura en razón de la luminosidad ambiente y de las necesidades de visión del tirador según la edad y otros factores personales. En el caso de ser un orificio fijo, se suele disponer de placas intercambiables con agujeros de distintas medidas: 0,85; 0,90; 1 y 1,2 mm., etc. En caso de ser fijo y no cambiante dicho orificio, se puede variar la distancia del *dioptr* al ojo y se logrará así un efecto visual similar al de los diferentes tamaños.

Como elementos auxiliares del *dioptr* se pueden emplear filtros de distintos colores y el parasol que protege los ojos del resplandor del sol.

2. EL TÚNEL

En cuanto al túnel, no es más que el sustituto del punto (guión) en las armas largas. Consiste en un cilindro paralelo al cañón, situado sobre la boca de fuego, en cuyo interior pueden colocarse una serie de anillas o postes para realizar la puntería. Existen anillas de tipo poste, en los cuales la circunferencia se encuentra sustituida por una barra vertical o bastón de diferentes espesores, cuya forma es similar a la que conocemos como punto de mira de las armas cortas.

En las armas de competición estos anillos han sido sustituidos por unas piezas de plástico transparente, cuya forma, ancho y excavación de un ahuecado central semejan ópticamente a las anillas metálicas.

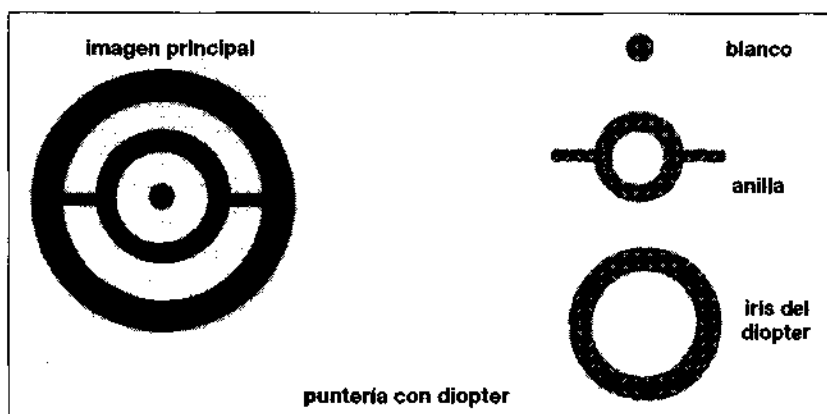
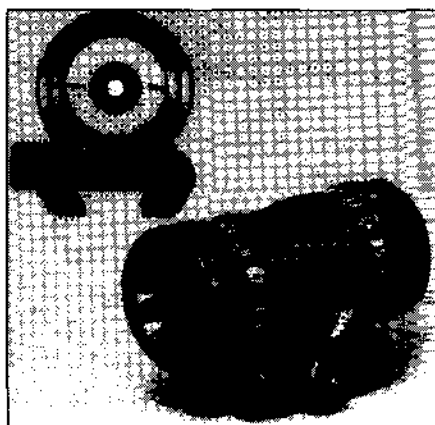
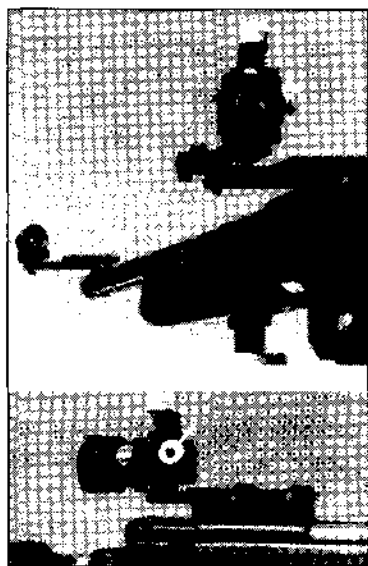
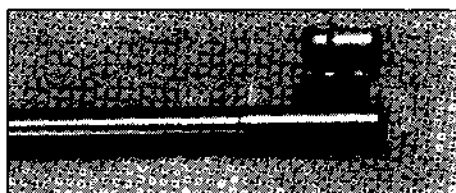


Figura 129



Figuras 130 y 131
Componentes de los *diópters* y sus posibles montajes.

Figura 132
El túnel.



3. LAS MIRAS TELESCÓPICAS

Son visores ópticos provistos de lentes de aumento que acercan el blanco al ojo del tirador. Se colocan encima del cajón de mecanismos del arma, sujetos a ésta por dos abrazaderas especiales que los inmovilizan en su posición correcta para que queden alineados con el arma. El telescopio viene dotado de una retícula, muy variable en su forma, que sustituye al alza o *dioptra*, y el punto o anillo de los otros sistemas de mira. Dicha retícula puede desplazarse mediante tornillos de paso micrométrico para el ajuste final de puntería.

Una vez montada la mira telescópica, se deben realizar una serie de disparos de prueba y centrado del arma hasta que quede ésta a punto para determinada distancia.

Las cualidades de un visor de este tipo son: aumentos; luminosidad de óptica; campo visual; transparencia; sistema de retícula, y movilidad de la misma.

Las retículas pueden ser de varios tipos. Las más utilizadas en la práctica son, salvo para pruebas muy específicas, las siguientes: cruz de cabellos o *cross hairs*; de palotes o barras anchas, y mixtas.

(ver figuras 133 y 134 en p. 370)

4. OCLUSIÓN OCULAR

La percepción de imágenes de la vista humana se compone de la superposición o composición de las dos que reciben nuestros ojos. Éstos, por un complejo mecanismo psicológico, dan una imagen única estereoscópica (capaz de discernir el largo, el ancho y la profundidad) que es con la que trabaja nuestro cerebro. Si anulamos una

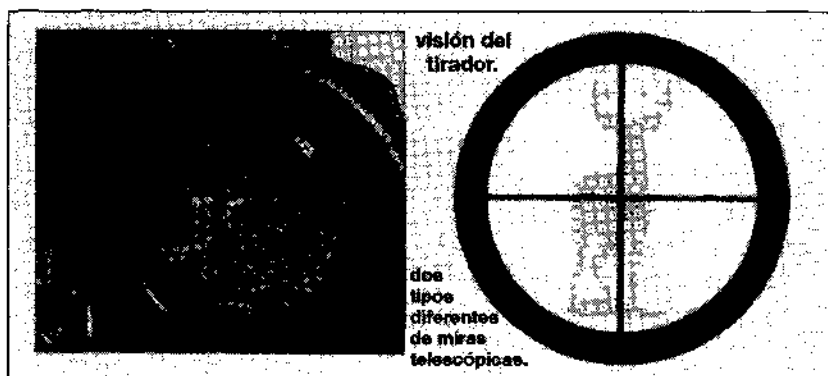


Figura 133

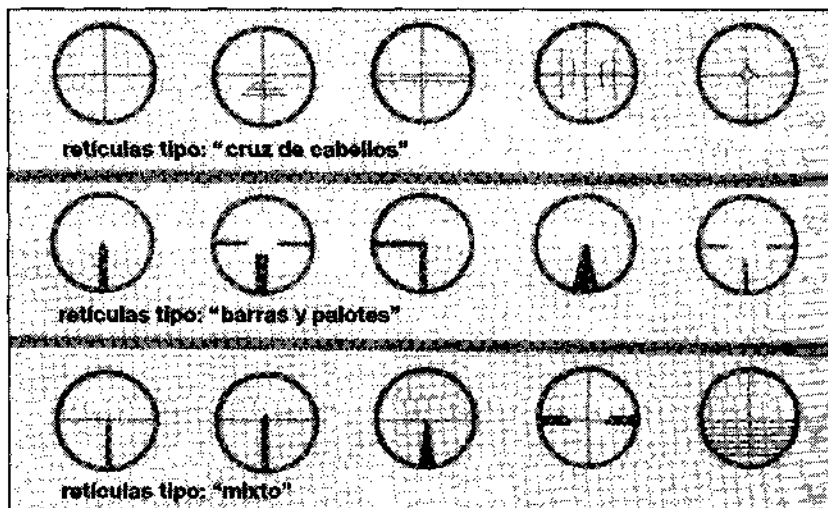


Figura 134

de estas dos imágenes y la sustituimos por una referencia (fuente de luz, cruz, círculo, etc.), ésta nos servirá para hacer puntería. Lógicamente que para que ello funcione deberemos mantener los dos ojos abiertos. Es decir que, siguiendo el mecanismo antes descrito, tendremos dos imágenes totalmente distintas. Una, la del blanco y su entorno, y otra, la única de la referencia de puntería.

La superposición o composición de ambas nos da una sola imagen: el blanco, y sobre él (o cercano a él) la referencia de puntería que es normalmente un punto luminoso. De tal manera, con un ojo vemos todo y con el otro sólo la referencia, por ello se ha llamado a este sistema *de oclusión ocular*, aludiendo al ojo, que sólo percibe la referencia para hacer la puntería.

El sistema en cuestión nació espontáneamente en las escopetas. Estas armas tienen un sistema de puntería sencillísimo, por no decir elemental. Consta de un punto o mirín en el extremo anterior de los caños y, como mucho, de una banda que recorre todo el caño. Ese conjunto sirve más que para apuntar, para encañonar. Realmente, estas armas, por el tipo de munición que normalmente disparan (una *nube de diminutos proyectiles*), no necesitan más y les basta con él, pues, además, los blancos a los que se dispara suelen estar relativamente cerca.

Dada la lentitud con que se mueven los proyectiles múltiples de este tipo de armas, si se dispara a blancos que se desplazan con relativa velocidad, es necesario *correr la mano* a la hora de disparar. Esto consiste en encañonar el arma, no al blanco mismo, sino por delante de él, siguiendo su trayectoria para que en su camino o desplazamiento se *encuentre* con la nube de proyectiles que salió del caño de la escopeta.

Para que este cálculo de trayectoria en el espacio sea lo más correcto posible, es necesario que el tirador *vea* o *sienta* la profundidad, lo cual sólo se logra manteniendo los dos ojos abiertos para tener visión estereoscópica; ella da imágenes superpuestas o compuestas. Apuntando o encañonando de esa forma se tienen dos imágenes: una, la del ojo izquierdo (en un tirador derecho), limpia y clara del blanco, y otra, como la anterior, más el mirín o punto (guión) y la banda si la tuviera. De esa forma se hace una puntería de semioclusión ocular o de oclusión parcial.

Los tiradores de escopeta deseaban algo más que el sistema tradicional de puntería y para ellos se desarrollaron los primeros de oclusión ocular en forma de pequeño aditamento sobre la banda de la escopeta, sin dispositivo eléctrico o electrónico alguno, el cual daba un punto luminoso por reflexión de la luz ambiente que se veía con el ojo derecho (tiradores diestros). La evolución de este sistema no se hizo esperar y dio un paso adelante al crearse un aparato de mayores dimensiones que, igual que el anterior, daba un punto luminoso, pero ahora creado mediante un dispositivo electrónico ali-

mentado por una fuente de energía (pilas), que bloqueaba casi totalmente la visión de ese ojo. Así se tenían dos imágenes, una la del blanco y otra la del pequeño punto luminoso; superpuestas las dos dan la imagen única del blanco y, superpuesto a él, el destello luminoso para hacer puntería.

Lógicamente en el desarrollo y la aplicación de estos sistemas de oclusión ocular, con el tiempo se fueron alcanzando nuevos éxitos, dotándolos de mejoras y características más positivas. Un primer paso fue el de convertirlos en sistemas de oclusión parcial, es decir, que se pudiera ver el fondo y el blanco a través del aparato, usándolo como si se tratara de un visor, pero sin aumentos y con un punto luminoso como retícula. Este sistema, inicialmente concebido para escopeta, se aplicó a los fusiles y, desde hace relativamente poco tiempo, también a las armas cortas, en las que ha logrado un nivel de aceptación bastante alto, sino para uso general, al menos en ciertas modalidades operativas.

5. *OPTRÓNICOS: RAYOS INFRARROJOS E INTENSIFICADORES DE IMAGEN*

Estos dos sistemas son ópticamente distintos, pero su desarrollo y fundamento científico es el mismo para ambos. En los dos casos el rayo de luz reflejado por el blanco y su entorno es recogido por un aparato que, mediante un ingenio electrónico, excita y eleva el nivel energético de los fotones, haciéndolos visibles en el caso de los infrarrojos, o los convierte en más perceptibles en los intensificadores de imagen.

Los dos sistemas mencionados tienen origen y aplicación netamente militar. Dentro de los sistemas de rayos infrarrojos hay dos clases básicamente diferentes: activos y pasivos. Los primeros emplean una fuente luminosa infrarroja (un foco normal con un filtro que sólo deja salir la radiación infrarroja) solidaria con el visor o independiente de él, que no se percibe a ojo desnudo. Esta radiación infrarroja es reflejada por toda clase de objetos, pero resulta también invisible. Al ser recogida por el visor y pasar a su través es potenciada y elevada su longitud de onda, saliendo por el ocular ya en forma visible por el observador.

Los sistemas pasivos se diferencian de los anteriores en que no

utilizan ninguna fuente luminosa de radiación, por lo que sólo recogen la infrarroja que emiten los objetos calientes (seres vivos, motores en funcionamiento o que lo hayan estado recientemente, armas de fuego que hayan sido disparadas, etcétera).

Es fácil comprender que el peor inconveniente que tiene el sistema de infrarrojos activo es que puede ser detectado por uno pasivo (o uno activo sin foco o con éste apagado). También los operadores de estos aparatos pasivos pueden ser detectados por el calor de sus cuerpos, pero ya existen telas especiales para uniformes de campaña que disipan el calor corporal, atenuando o eliminando el rastro infrarrojo que producen estos sistemas.

No obstante la validez y utilidad de los aparatos de luz infrarroja, hoy en día, en el armamento ligero portátil, han sido sustituidos en gran medida por los intensificadores de imagen que usan una tecnología similar a la de los anteriores, pero orientada en otro sentido.

Estos aparatos captan la tenue luz que, proveniente de las estrellas y la luna, se refleja en los objetos del entorno. La escasísima luz reflejada en el interior del aparato, es ampliada o intensificada por medio de un dispositivo electrónico que la potencia en cierta manera para que pueda ser vista por quien se coloque detrás del ocular del aparato.

Las imágenes que se perciben resultan un tanto espectrales e irreales, pues parecen fosforecer con un color amarillo verdoso (u otros colores igualmente indefinidos), aunque actualmente se está trabajando para su perfeccionamiento.

Los elementos de puntería para todos estos aparatos suelen ser un *poste* o trazo vertical formado por un diodo de color, o por lo menos tono, distinto al que tienen las imágenes que se perciben a través de éstos, para que exista contraste entre ellas y poder hacer puntería.

6. EMISORES LÁSER

La tecnología L.A.S.E.R. (*light amplifier by stimulated emission radiation*) se basa en las propiedades de la luz emitida por un cristal de rubí sintético, excitada o amplificada electrónicamente. Este tipo de luz es altamente coherente y además de otras propieda-

des útiles para otros fines, posee la de ser muy concentrada y sufrir muy poca dispersión, de ahí que pueda ser utilizada para hacer puntería.

Instalado uno de estos aparatos en un arma ligera (lo que ha sido posible gracias a la miniaturización de sus componentes) y regulado convenientemente (haciendo coincidir el punto de impacto de los proyectiles del arma, con el rayo de luz láser a una distancia determinada), basta hacer emitir luz al aparato, buscar el blanco y accionar el disparador, para impactar donde se desea.

Hoy en día estos aparatos están entrando de lleno en el mundo de las armas y existe una variada gama de ellos.

El primer paso que se dio en la tecnología láser fue el de sustituir el cristal de rubí sintético (que no significa que fuera de plástico, sino fabricado artificialmente en el laboratorio), por un tubo relleno de diferentes gases. Esto permitió su total aplicación a la industria y la ciencia en sus diferentes versiones. Poco después vino la miniaturización de circuitos al sustituirse los antiguos componentes electrónicos por otros más reducidos (microchips, semiconductores de silicio, etc.), hasta tal punto que lo más voluminoso del conjunto de estos aparatos aplicados a las armas, es la fuente de energía (baterías), campo en el que no se ha avanzado lo suficiente (a pesar de que se crea lo contrario), o al menos todo lo que correspondería a nuestro tiempo. Finalmente, el gran salto cualitativo en ese terreno se dio con la sustitución del tubo relleno de gases (que era frágil y voluminoso) por diodos que realizan el mismo cometido.

Hoy se están haciendo ensayos para conseguir diferentes colores de rayos (verde, azul, etc.) y así poder emplear estos aparatos más convenientemente, según el entorno en el que se encuentre el blanco y para que la muestra del rayo pueda distinguirse mejor.

Al haberse reducido sustancialmente el tamaño y peso de estos aparatos, se pueden colocar en el arma de diferentes formas y en distintos lugares, así como combinarlos o complementarlos con otros sistemas de puntería. El campo de aplicación es amplísimo y prácticamente todas las armas pueden montarlos, tales como fusiles, escopetas, armas cortas, ballestas, etcétera.

CAPÍTULO XII

EL CALIBRE

1. *EL CALIBRE DE LAS ARMAS DE FUEGO CON ÁNIMA RAYADA Y ÁNIMA LISA*

Sin lugar a dudas, el calibre es la característica más relevante y distintiva de las armas de fuego que emplean un tubo cañón para proyectar la munición.

Conforme la *Enciclopedia Ilustrada de la Lengua Castellana* (Sopena, Buenos Aires, 1969, t. I), la acepción de esta palabra es la siguiente: "Diámetro interior de las armas de fuego. Por extensión, diámetro de los proyectiles o de los alambres. Diámetro interior de diversos objetos huecos, como tubos, cañerías, conductos, etcétera".

Introduciéndonos ahora en el campo puramente balístico diremos que se denomina calibre de un arma de fuego a la medida del diámetro interior de su cañón, es decir el limitado por las paredes constitutivas de la propia superficie interna; en otras palabras, a la medida del diámetro de su *ánima*, denominándose así al hueco del cañón o tubo metálico característico de toda arma de fuego, comprendido entre el extremo cerrado y la abertura que da al exterior, denominada *boca de fuego*, la cual conforma el calibre propiamente dicho, dado que el ánima se compone o divide de dos partes: la recámara y el ánima rayada, siendo la primera de ellas la que sirve de alojamiento a la vaina del cartucho.

También y por extensión, se denomina calibre a la medida del diámetro de la bala proporcionada a las aberturas de las armas, y

decimos proporcionada porque la medida de la *boca de fuego* determina directamente su calibre, en cambio la bala es de dimensión superior a esa abertura para recibir, con la deflagración de la pólvora, el forzamiento requerido a los efectos de adquirir aumentado, el impulso que la arroja a gran distancia, y esa mayor medida no puede ser arbitraria, sino que debe responder a condiciones definidas que deben cumplirse rigurosamente, lo cual determina la necesidad de ser proporcionada a la abertura del arma a ser utilizada.

Cabe aclarar que el inapropiado uso de las palabras hace emplear la expresión o término *bala* por *proyectil* y viceversa, debiendo denominarse bala cuando integra o forma parte del cartucho y proyectil cuando ese mismo cuerpo ya fue arrojado por el arma. (Por su acepción, la palabra proyectil significa "todo cuerpo al que se comunica, por un medio cualquiera, una velocidad bastante grande para que, en la dirección conveniente, haga impacto con otro cuerpo".) Digamos también que el proyectil y no la bala tiene o adquiere el calibre del arma, es decir, tiene la magnitud (en física se llama magnitud a todo tamaño que es susceptible de aumento o disminución) del calibre del arma.

Las primitivas armas de fuego (piezas de artillería) presentaban una variedad muy grande de calibres, podríamos decir infinitas, tanto de dimensiones como de formas, al no obedecer ellas a otras reglas que el capricho de sus constructores, por ser de fabricación libre. Esta falta de homogeneidad obligaba a elaborar balas para cada una de las armas individualmente, dado que ellas eran muy diferentes entre sí. Sin embargo, dicha particularidad no experimentó mayores inconvenientes, ya que las primitivas bombardas no podían efectuar más que unos pocos disparos al día, pero al aumentarse la rapidez del tiro y la facilidad de transporte de los elementos, se decidió unificar el heterogéneo material entonces en uso y tomar como carácter definitorio de las diferentes clases de armas, la igualdad del diámetro en la boca del cañón, lo cual permitiría a todas las de un mismo género, disparar el mismo proyectil; en otras palabras, emplear la misma bala.

Estas características determinaron la aparición de la idea de *calibre* o representación del diámetro de la boca de fuego de un arma, tal como lo entendemos hoy; pero la nomenclatura variaba fundamentalmente, por basarse en otros pormenores pertenecientes a las balas que eran introducidas en el cañón por su boca (armas de avancarga); durante mucho tiempo las balas fueron esféricas y ma-

cizas, resultando así de igual peso todas aquellas que tenían el mismo diámetro. El peso del proyectil expresado en libras, fue desde luego y por periodos prolongados, el número elegido para designar al calibre.

En las primitivas armas de avancarga el diámetro de la bala era siempre inferior al del ánima, con el objeto de permitir su introducción en ésta. Cuando se adoptó el rayado y a fin de evitar la pérdida de gases, las balas esféricas fueron cubiertas por un parche de lienzo lubricado, o cuero crudo. En cambio, a las cilindro-cónicas se las dotaba de una amplia base hueca que al ensancharse por acción de los gases permitía la toma del rayado sin escapes o fugas. En consecuencia, en todos estos casos, el diámetro de las balas era un poco inferior o igual al tomado a nivel de los macizos, con tolerancias muy variables de acuerdo con el arma y la fabricación de sus municiones.

(ver figuras 135 a 142 en ps. 378 a 381)

En las armas de ánima lisa corresponde tener en cuenta el diámetro fuera de las zonas agolletadas, ya que en éstas puede ser variable según el tipo de *choke* adoptado y la procedencia del arma, debido a que el *choke* no es una reducción diametral estándar sino un porcentaje de rendimiento, una relación y no una medida estricta. Un mismo grado de *choke* corresponde a diferentes diámetros en la zona estrechada, según el fabricante.

En las de ánima rayada el calibre puede expresar valores de diversa magnitud.

a) *Ánima cilíndrica*.— Si el ánima es cilíndrica (lo cual constituye la norma general), el diámetro puede ser medido a nivel de los macizos (*land diameter*) o de las rayas (*groove diameter*). En el primer caso corresponde al del ánima virgen antes de ser rayada. En el segundo se toma entre el fondo de dos rayas opuestas (campos). Esto rige tanto para los casos de rayado par como impar. Lógicamente, en cada caso serán valores idénticos tanto a la salida de la recámara como en la boca del arma.

b) *Ánima cónica*.— En estas armas, el calibre corresponde al diámetro tomado en la boca (diámetro final o calibre verdadero, idéntico al de la bala a su salida).

CALIBRE

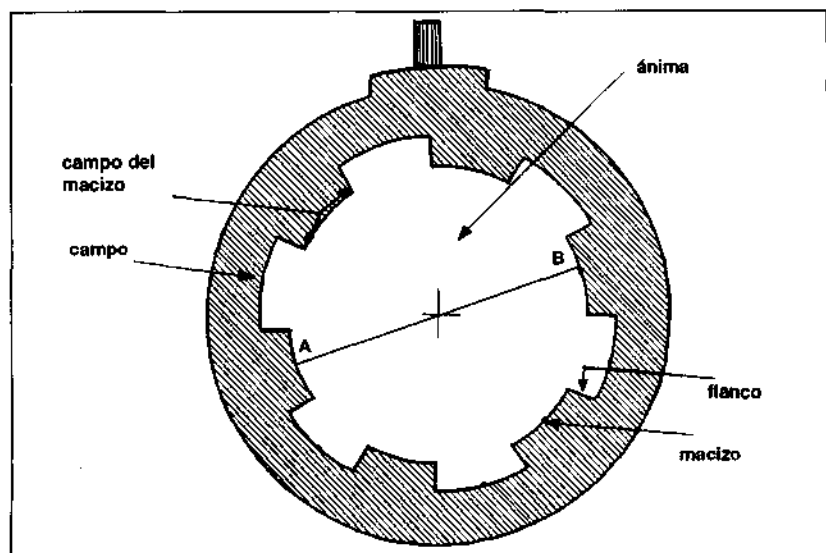


Figura 135

A-B = Calibre de un arma de fuego con cañón rayado.

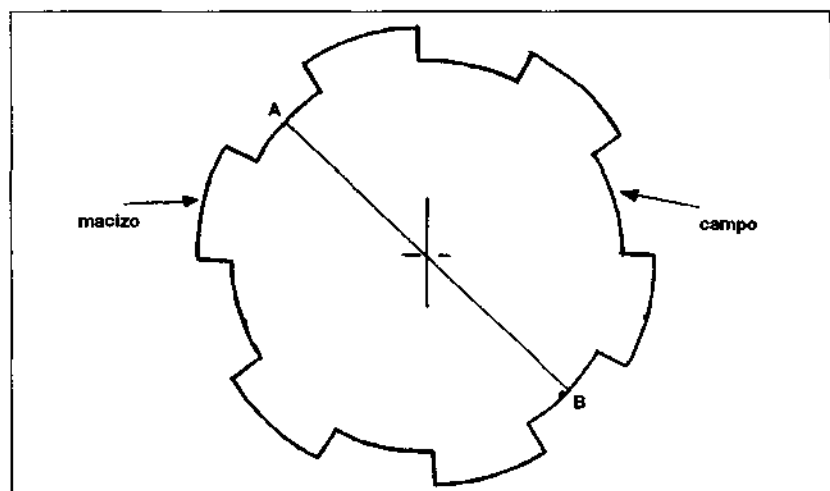


Figura 136

A-B = Calibre de dicha arma de fuego, medido sobre el proyectil disparado.

CAÑONES DE ÁNIMA RAYADA

Figura 137

"GD" es el *groove diameter* (diámetro o calibre tomado entre dos rayas o estrías opuestas).

En el proyectil disparado estas rayas o acanaladuras aparecen como bandas salientes o macizos.

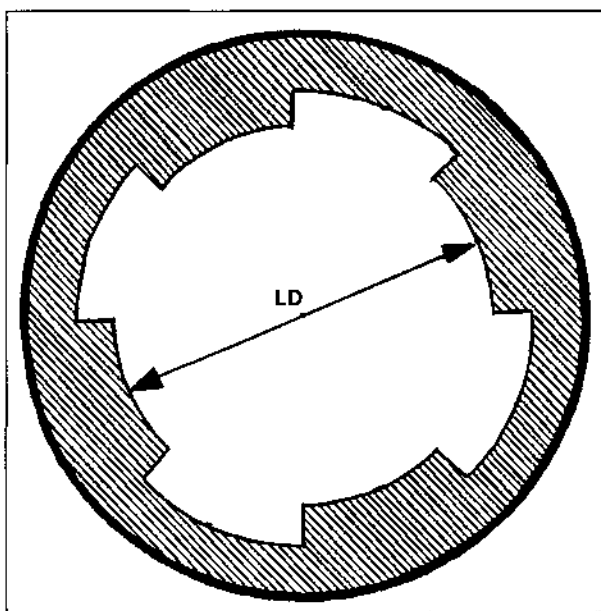
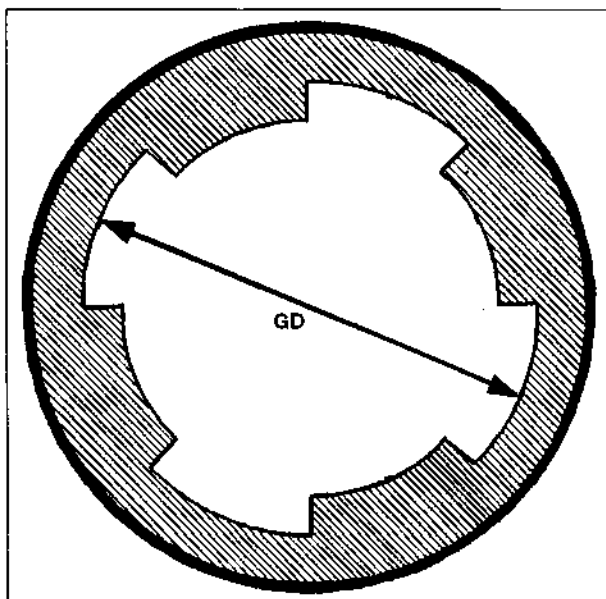


Figura 138

"LD" es el *land diameter* (diámetro o calibre tomado entre dos superficies de macizos opuestos). En el proyectil disparado dan origen a acanaladuras o bandas entrantes que denominamos "campos".

CAÑONES DE ÁNIMA LISA Y DE ÁNIMA POLIGONAL

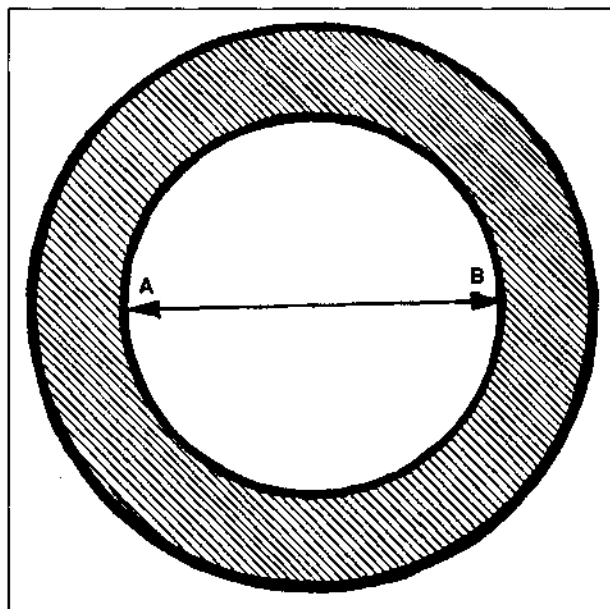


Figura 139

Ánima lisa.
A-B indica el
calibre (diámetro)
tomado fuera de
todo posible
agolletamiento.

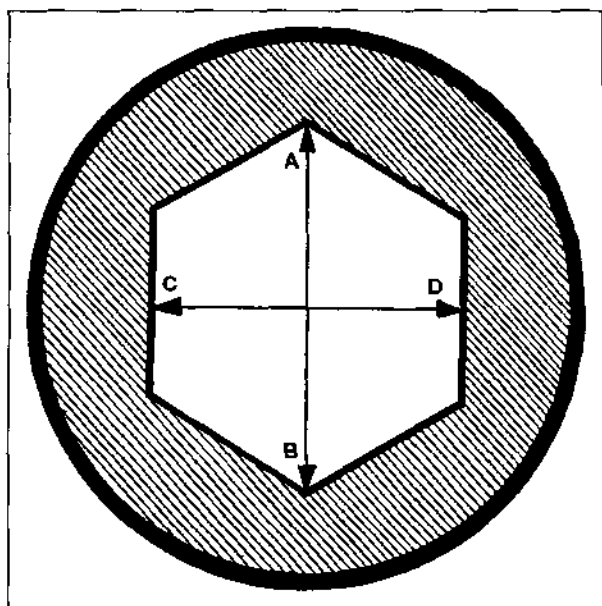


Figura 140

Ánima poligonal.
A-B indica el
diámetro entre
rayas tomado a
nivel de los
ángulos.
C-D indica el
diámetro (calibre)
tomado a nivel de
los lados del
hexágono.

ÁNIMAS RAYADAS (RAYAS IMPARES Y POLIGONALES)

Figura 141

Ánima poligonal.
Diámetro o calibre
medido a nivel de
los campos (AB) y
diámetro medido a
nivel de los
macizos (CD).

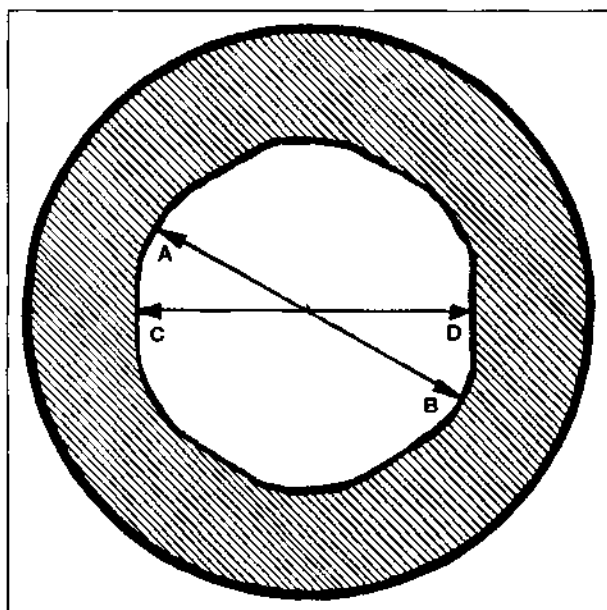
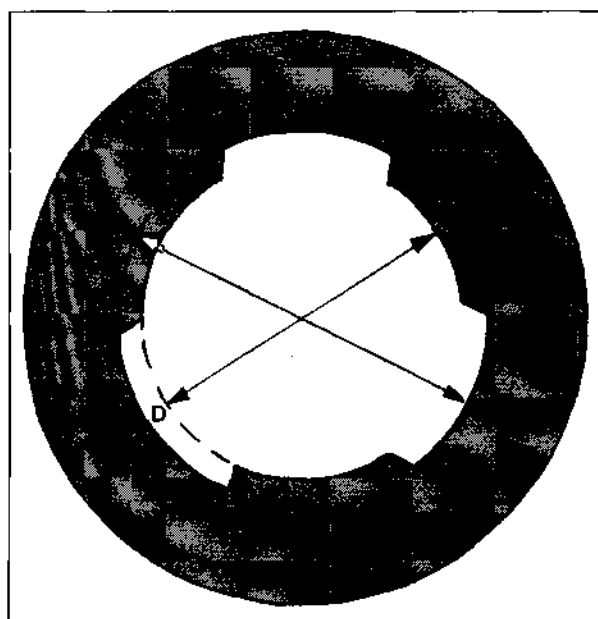


Figura 142

Ánima con rayas
impares. Puede
verse cómo se
procede para
tomar los
diámetros a nivel
de campos (AB) y
macizos (CD).



En las armas de ánima poligonal helicoidal, el calibre se designa por el diámetro del círculo inscripto en la figura de sección o del que inscribe a ésta, lo que correspondería, si consideramos los ángulos como rayas o campos y los lados como macizos, a los diámetros *groove* y *land*, respectivamente.

En cuanto a la designación del calibre existe una gran confusión, ya que el término puede expresar:

1) el peso absoluto de la bala correspondiente a un arma dada (por lo general expresado en libras);

2) el peso relativo de la misma con respecto a la libra (453,592 gramos o 7001,19 *grains*);

3) el diámetro del ánima medido entre las rayas, es decir, a nivel de los macizos (*land diameter*, que corresponde al ánima virgen);

4) el diámetro del ánima medido a nivel de los campos o rayas, uniendo el fondo de dos rayas opuestas (*groove diameter*);

5) el diámetro de la bala en la zona de forzamiento;

6) el diámetro interno del cuello de la vaina;

7) puede ser un término convencional sin referencia a ninguna de las magnitudes antedichas.

No obstante lo expresado, la nomenclatura es aun mucho más compleja: las diferencias de fabricación sujetas a tolerancias dimensionales bastante amplias en algunos casos; la gran diversidad de tipos de munición para cada calibre; el criterio del fabricante al decirse por un apelativo determinado, distinto muchas veces en cada caso (lo cual genera abundante sinonimia); los distintos sistemas usuales y la mezcla de los mismos en la época actual y, finalmente, las numerosas mejoras y variantes introducidas en los cartuchos, lo cual ha dado lugar al uso de designaciones compuestas, en las que el guarismo que define la dimensión diametral es incapaz, por sí solo, de identificar un calibre determinado.

Veamos en detalle las diferentes posibilidades mencionadas, a fin de ordenar conceptos y evitar errores. Los estudios pormenorizados sobre este tema no son abundantes, causa por la cual muchas veces se cometen errores de interpretación o se desconocen sinonimias. Por ejemplo: cuando se hace referencia al calibre ".22" suele decirse 22 mm, cuando su equivalencia milimétrica es de 5,56 mm. De igual manera, existen en el mercado gran cantidad de cartuchos que siendo iguales, tienen distinto nombre y lleva a muchos a confundirse, tal es el caso del 9 mm *Luger* (EE. UU.), que es el mismo

cartucho que el 9 mm *Parabellum* (Europa), o el 9 x 19 mm (OTAN), de acuerdo con la zona o país donde se comercialice.

c) *Peso absoluto de la bala.*— Este sistema se utilizó inicialmente sobre todo para las piezas de artillería y, según algunos historiadores, también para las armas portátiles. Ejemplo: cañones de 4, 18, 60 libras, etcétera.

En general, para las armas portátiles, en el siglo XVI y en los albores de su aparición, no existían calibres de medida estándar. Todas las destinadas a un mismo regimiento eran construidas de modo que pudieran disparar aceptablemente balas del mismo diámetro, no existía equivalencia con los de otras armas militares.

d) *Peso relativo de la bala.*— Cuando las armas portátiles de ánima lisa y avancarga cobraron importancia, el calibre fue designado análogamente al de las piezas de artillería, por su sistema ponderal. Pero siendo las municiones de pequeña dimensión, se emplea un término capaz de indicar la relación existente entre el peso de la bala esférica y el de una libra tomado como unidad comparativa. (Una libra equivale a aproximadamente 7000 *grains*, 16 onzas o 453,59 gramos.)

El número que indica el calibre nada tiene que ver con el diámetro del ánima o de la bala. El mismo expresa el número de esferas de diámetro igual al interno del ánima, que se pueden hacer con una libra de plomo.

El número indicativo es siempre un entero, de modo que no va precedido de ningún otro signo. En cambio, va seguido del término *en libra* (o sus equivalentes *bore* británico o *gauge* americano), separado por un guión. Sin embargo, corrientemente puede prescindirse de él, en el entendido de que si no va agregada otra referencia, se asumirá como calibre en libra.

Debe observarse que en esta terminología el calibre y el guarismo que lo define guardan una relación inversa, lo que no ocurre con ninguno de los otros sistemas empleados. A mayor número menor diámetro y viceversa, como es lógico.

Por supuesto, existen equivalencias de esos diámetros en medidas lineales, aunque no se las emplea: para el calibre 12, el diámetro es de $0,729'' = 18,51$ mm. Se acostumbra a completar la ca-

racterización del arma con el largo total del cartucho que emplea, en milímetros, separando ambas cifras con una barra y sin utilizar unidad alguna (12/70).

Cabe señalar una excepción: las escopetas cuyo calibre es .410 tienen un diámetro interno de 0,41" (12 mm).

Antiguamente la escala de calibres estaba comprendida entre el 1 (esfera de plomo que pesaba una libra), y el 120 (esfera que pesaba 1/120 respecto de una libra). En la práctica sólo se usaban algunos guarismos.

En la actualidad este tipo de nomenclatura se aplica únicamente a las armas de ánima lisa, especialmente escopetas de caza, carabinas lanzagases o lanzacabos, pistolas de señales o lanzacabos, cañoncitos de salvas.

En la tabla que se incluye a continuación pueden verse los calibres de las escopetas de caza referidos al ánima libre de todo agolletamiento (ánima cilíndrica), con las dimensiones en milímetros y pulgadas decimales y con el peso de las balas esféricas correspondientes. Estas armas disparan por lo general perdigones y cuando lo hacen con balas sólidas, corrientemente se trata de diseños cilíndricos cuyo peso no coincide entonces con el del esférico de plomo que sirve de base para la designación del calibre.

Calibre en libras	Diámetro		Peso de la bala	
	Milímetros	Pulgadas	Gramos	"Grains"
4	23,35 - 23,75	1"	113,4	1750
8	20,80 - 21,80	.835 - .848	56,7	875
10	19,30 - 19,70	.775 - .791	45,3	700
12	18,10 - 18,50	.729 - .752	37,79	583,5
14	17,20 - 17,60	.693 - .718	32,39	500
16	16,80 - 17,20	.662 - .666	28,34	437,5
20	15,60 - 16,00	.615 - .635	22,67	350
24	14,70 - 15,10	.579 - .582	18,89	291,66
28	14,00 - 14,40	.550 - .562	16,19	250
32	12,75 - 13,05	.529	14,17	218,75

A manera ejemplificativa: calibre .16 significa un diámetro comprendido entre 16,8 y 17,2 milímetros, o sea el de una bala esférica de plomo cuyo peso es de 1/16 de libra.

Sin embargo, en las ánimas agolletadas, debe cuidarse que el diámetro de la bala (en caso de disparar proyectiles únicos) no sea superior al de dicho agolletamiento, lo que comercialmente se ha resuelto adoptando diseños especiales cilíndricos, provistos de amplias bases huecas o de anillos de forzamiento que permiten el paso por las zonas estrechas sin mayores obstáculos.

Como se dijera anteriormente, al número que indica el calibre se acostumbra agregar un segundo guarismo separado del anterior por una barra, el cual indica la longitud de la recámara del arma, o sea la longitud de la vaina del cartucho vacío. Por ejemplo, calibre 12/65 y 12/70 significan recámaras de 65 y 70 milímetros respectivamente, y lo mismo ocurre en otros calibres, existiendo en las mayores longitudes hasta de 75 milímetros que se adaptan a cargas *Magnum*. Los americanos emplean a veces la magnitud expresada en pulgadas, por ejemplo 2 y 1/2", 2 y 3/4", 3".

Por lo expresado, no deben dispararse cartuchos cuya longitud de vaina exceda a la de la recámara del arma, es decir, un cartucho 12/70 no debe dispararse en una escopeta con recámara de 65 mm; la inversa sí es posible.

También pueden agregarse otros términos que indican cargas especiales (*Express* y *Magnum*, Trazadora, etc.). En cuanto al tipo de perdigones, sólo se especifica cuando se trata de postas (a postas, *buckshot*, etc.) o de proyectiles únicos (*rifled slugs*).

El tipo de ignición del cartucho también se indica con un apelativo cuando no se trata de fuego central (*Lefauchaux*), y fuego anular (*rim fire*), que indican ignición radial y anular o periférica, respectivamente.

La nomenclatura se complica para las escopetas de pequeños calibres, inferiores al 28 en libra.

El calibre 32 (por ser un calibre en libra no va precedido de punto), se designa también 14 mm, término éste impropio, ya que corresponde al calibre 28, cuya equivalencia milimétrica es de 13,8 mientras que la real para el 32 es de 12,7 a 13,2 mm.

Le sigue en orden decreciente el calibre 36 en libra británico, que dejó de fabricarse. Sin embargo se aplica tal designación a un cartucho que en realidad corresponde al 40 en libra y que en pulgadas decimales tiene un diámetro de 410" (apelativo con el que se designa en EE.UU.). Este cartucho, uno de los más corrientes, recibe también una denominación impropia, cual es la de 12 milímetros, ya que su medida real en este sistema es de 10,4 mm. Esta nomencla-

tura es corriente en nuestro país, designándose comúnmente *12 chico* para diferenciarlo del calibre 12 en libra.

Para calibres aun menores de fuego anular, se emplea la terminología milimétrica aunque debe hacerse notar que tampoco es exacta. Así, en el *9 mm Flaubert* el diámetro verdadero es de 8,1 mm, mientras que el *6 mm Flaubert* tiene una medida real de 5,5 a 5,6 mm.

Todas estas circunstancias tornan engorrosa la comprensión de los términos que indican el calibre y continúan por una razón de costumbre.

e) *Dimensión diametral del ánima.*— A los antiguos sistemas ponderales (relativos al peso) les siguió el sistema dimensional, excepto, como ya hemos visto, para las armas de ánima lisa. En el presente caso el calibre es designado por un valor numérico que indica el diámetro del ánima, ya sea tomado a nivel de la superficie de los macizos (*land diameter*) o de las rayas (estriado propiamente dicho o *groove diameter*).

Con respecto a las balas, cuyo diámetro era inferior al del ánima o lo igualaba con los sistemas de avancarga, puede decirse que la adopción del rayado o estriado y la retrocarga obligó a que el mismo fuera algo superior, a fin de que la toma del rayado se efectuara sin pérdida de gases. Generalmente se admite que este excedente está comprendido entre .005" y .010", pero no puede sentarse ninguna regla ya que varía mucho con las diferentes fabricaciones, tipo de rayado del arma, constitución y diseño de la bala, etcétera.

En las de plomo sólido existen tolerancias más amplias que en las encamisadas, cuyo diámetro es intermedio entre el campo y el macizo del cañón del arma, o coincide con éste.

Esta dimensión diametral es o no rigurosamente exacta. En las diferentes fabricaciones de un mismo cartucho se observan variaciones que, aparentemente distintas, constituyen sinónimos, dependiendo del criterio con que se establece la denominación (diámetro bruto o exacto, referido a los macizos, a las rayas, a la bala), o constituyendo un término en cierto modo convencional, variado, de forma de permitir la diferenciación entre muchos cartuchos del mismo calibre, pero con caracteres distintos.

Por ejemplo, calibres como .22"; .221"; .222"; .223", corresponden a ánimas de diámetro básico .22" (5,56 o 5,6 mm) y otro tanto

ocurre con los 10,2 mm; 10,5 mm; 10,75 mm; 10,8 mm, correspondientes al .44-40 W.C.F. Los ejemplos pueden multiplicarse, de lo que surge una abundante sinonimia muy confusa en algunos casos.

Las unidades mayores se estilan en las piezas de artillería (por ejemplo, cañones de 6 y 12 pulgadas, morteros de 4,2 pulgadas, cañones de 37, 57 y 75 mm, obuses de 105 mm, etcétera).

En las armas portátiles las dimensiones mayores corresponden a 1,5 y 1 pulgadas, siendo generalmente inferiores a esta magnitud.

Existen dos grandes modalidades. Por un lado, los europeos continentales prefirieron la designación métrica decimal (milímetros y fracciones), en tanto Gran Bretaña y Estados Unidos lo hacían en pulgadas centesimales (décimas, o lo que es más frecuente, centésimas y milésimas de pulgada).

Sin embargo, estas normas nunca fueron absolutas. Gran Bretaña fue la más apegada a su sistema. En Europa continental, especialmente en Alemania, era costumbre a veces agregar a la designación milimétrica de un cartucho, la correspondiente en pulgadas cuando el mismo no era de origen germano.

Por su parte, Estados Unidos conservó la designación original para muchos cartuchos de origen extranjero fabricados en el país. A su vez, en Sudamérica, ambas designaciones se utilizan según la procedencia de los cartuchos y en las naciones productoras también se emplean los dos sistemas.

Actualmente, sin embargo, existe una tendencia a adoptar el milimétrico decimal incluso por Gran Bretaña y Estados Unidos. A partir de 1950, fecha en que se unificaron los calibres entre los integrantes de la NATO, se implantaron los cartuchos 7,62 mm NATO para arma larga y 9 mm *Parabellum* para cortas, identificándose con estos guarismos en todas ellas. Por otra parte, EE.UU. oficializó al cartucho .223" *Remington* como 5,56 mm, aunque los comerciales continúan designándose por el sistema de pulgada decimal. En los últimos años, empero, varios creados en dicho país con fines deportivos, se nombran en la misma forma (6 mm *Remington*; 5 mm *Remington*; 7 mm *Remington Magnum*), mientras que otros lo son en pulgadas (.17 *Remington*; .225 *Winchester*; .22-250; .25-06, etcétera).

Examinemos ahora estos distintos modos de designación y las numerosas variantes que presentan.

1. *Designación milimétrica.* Es empleada esencialmente en

Europa continental y aunque no de manera exclusiva en otras naciones.

Estados Unidos ya la había utilizado a fines del siglo pasado cuando creó el calibre 6 mm (.236") para el fusil *Lee*, y también la siguió empleando para los cartuchos extranjeros fabricados allí; si bien en la actualidad algunas fábricas tienden a adoptarla, otras persisten con el sistema en pulgadas. Militarmente existen ambas, puesto que al lado de los términos 7,62 mm; 5,56 mm, persisten otros como el .30"; .45"; .50", etcétera.

Las productoras sudamericanas utilizan ambos sistemas sin cambiar su denominación original excepto en algunos casos; por ejemplo Argentina llama al .45 ACP, 11,25 mm; al 50 *Browning*, 12,7 mm, etc., mientras que los calibres .32", .38" y .44-40, conservan su apelativo original. Brasil, en cambio, mantiene el de origen para casi todas las municiones producidas.

El término se compone de un número entero seguido por uno o dos decimales, con una separación concretada mediante un punto (en realidad debería ser una coma, matemáticamente hablando).

La escala es muy amplia, extendiéndose desde un mínimo (2,7 mm) hasta máximos de 15 a 20 mm, y existe una abundante sinonimia según que el número exprese el diámetro entre campos o macizos, el de la bala, o términos convencionales aproximados; que exprese fielmente la medida, apareciendo entonces diferencias debidas a las tolerancias de fabricación. De esta forma, no siempre el número es fiel en su significado.

Así por ejemplo el calibre 7,65 *Browning* tiene una bala que mide 7,85 mm, por lo que el número indica seguramente el diámetro en los macizos del arma. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el diámetro de las balas puede variar para un mismo calibre dentro de ciertos límites. Así, para el 7,65 mm *Browning* oscila entre 7,67 y 7,89 mm, con un máximo de 7,95 mm. Estas diferencias son aun más considerables en las balas de plomo, lo que explica que un mismo calibre pueda ser denominado por números apreciablemente diferentes.

2. *Designación en pulgadas decimales.* Era utilizada exclusivamente en Gran Bretaña y de manera similar en EE.UU., si bien en la primera unos pocos calibres conservaban la original (por ejemplo: 7 mm *Mauser*).

Tratándose en general de dimensiones inferiores a una pul-

gada, se les expresa por un guarismo de una, dos o tres cifras precedido por un punto que indica que se trata de fracciones decimales de aquella medida. Por ejemplo: calibre .5"; .50" y .500" son sinónimos (expresados en décimas, centésimas y milésimas, respectivamente).

Gran Bretaña acostumbraba usar sobre todo la designación en décimas y milésimas, mientras EE.UU. empleaba sobre todo centésimas. Al multiplicarse los tipos distintos de cartuchos en un mismo calibre, fue necesario valerse de todas las modalidades posibles a fin de diferenciarlas, y es así que este último país empleó también las milésimas, reservadas primero para cartuchos de origen británico, como por ejemplo .275 *Holland & Holland*.

Técnicamente debe preceder un punto al guarismo. Sin embargo, esta costumbre se estila sobre todo en terminología militar, aunque en la comercial también debe emplearse a fin de evitar confusiones. En efecto, puede diferenciarse fácilmente el calibre 32 en libra (que no va precedido de punto), del .32 de revólver o de carabina que sí lo llevan.

Antes de adoptarse esta modalidad era común ver en los catálogos tales calibres en pulgadas expresados de distintas maneras. Por ejemplo, el calibre .44 podía escribirse 0.44; 44/100; n° 44.

A su vez, si se trataba de un .500 se usaban: 0.500; 500/1000.

Obsérvese que los denominadores son solamente dos, es decir, 100 y 1000, lo que impide su confusión con otras designaciones bidimensionales en las que el segundo guarismo tiene otros significados, como luego veremos.

Otras naciones usaron medidas diferentes a la pulgada. Rusia, por ejemplo, empleaba la línea, equivalente a .10" de pulgada, o sea 2,54 mm. El fusil *Moisin-Nagant M 1891* era de calibre 3 líneas designándose *fusil de 3 líneas*. Posteriormente se sustituyó este sistema por la denominación milimétrica, correspondiendo entonces 7,62 mm, que en pulgadas equivale a calibre .30" (3 líneas = .30" = 2,54 x 3 = 7,62 mm).

Como en el caso de la designación milimétrica, el guarismo puede expresar la medida del ánima en los macizos o en las rayas, así como el de la bala, y muchas veces no tienen nada que ver con ellos. Se recurre a figuras distintas para diferenciar tipos diferentes de cartuchos en un mismo calibre. Consecuentemente, la sinonimia dimensional no indica intercambiabilidad de los cartuchos.

A manera de ejemplo diremos que los calibres .221", .222" y

.223" son análogos en diámetro, pero sus cartuchos son totalmente diferentes y de ningún modo intercambiables.

Otras veces, en cambio, los cartuchos pueden dispararse indistintamente en una misma arma, caso del .38" y del .380" o del .32" y del .320".

En contraposición a ello, muchas designaciones no son exactas. Así, el .38 *Special* tiene un diámetro en el ánima de .357", pero esto no indica que los cartuchos .38" y .357 *Magnum* sean intercambiables. Si bien los primeros pueden dispararse en armas para el segundo, la inversa no es posible, pues el .357 tiene mayor longitud de vaina y desarrolla presiones no soportadas por un revólver .38 estándar.

Las circunstancias posibles son muy numerosas, sólo se pretende brindar una guía para comprender el problema, aclarándose que en más de una oportunidad se deberán consultar manuales adecuados.

3. *Designaciones multidimensionales.* Obligadas para diferenciar distintos tipos de cartuchos a medida que éstos se fueron multiplicando, imponen casos muy numerosos:

a) El calibre es designado por dos guarismos separados por un guión, una raya oblicua, o una coma o apóstrofo.

1) El primer guarismo indica el diámetro de la vaina (o de la recámara) en su base, en tanto el segundo expresa el mismo a nivel del cuello (o de la parte anterior de ésta). En tales casos se trata de cartuchos que han sido agolletados conservando en lo posible la capacidad de la vaina primitiva, tanto se trate de tipos de fuego anular como de ignición central.

En estas circunstancias el calibre es indicado por el segundo número. Ambos van separados por un guión o una barra oblicua.

Es el caso del .577/450 *Martini Henry* reglamentario en Inglaterra hacia 1870 y constituido en realidad por una reducción de la vaina del predecesor .577 *Snider*. Del mismo modo el .297/230 *Morris Corto* es una reducción de la vaina del .297 para disparar en tubos reductores adaptados a fusiles militares.

Algunos cartuchos de fuego anular o periférico con vaina de cobre, extensamente usados en la Guerra Civil norteamericana, se nombraban con el mismo sistema; por ejemplo los .56-56, .56-52, 56-50 y .56-46 *Spencer* tenían una vaina que medía .56" en la cabeza mientras que en el cuello las dimensiones podían ser análogas

(vaina cilíndrica), o progresivamente menores (agolletamientos crecientes).

También se emplea el mismo sistema para muchos cartuchos experimentales en donde el segundo guarismo indica el calibre a que se ha reducido la vaina primitiva. Por ejemplo *Nieder* .32-40/22, *Meredith* .250/22, etc. El nombre que precede (o sigue) a los números se refiere al creador del modelo. Sin embargo, existen excepciones, ya que muchas veces el calibre es indicado por el primer guarismo mientras que el segundo indica la vaina original, como por ejemplo .22/30'06 *Henlein*; .220/30 *Baby Swift*, etcétera.

2) En las armas de ánima cónica también se emplea una figura binumérica, pero aquí el primer guarismo indica el diámetro del ánima a la salida de la recámara, mientras que el segundo se refiere al de la boca del arma, correspondiendo por lo tanto al calibre. Ejemplo: .30/24; .656/50; .14/9, etcétera.

En los cañones de ánima cónica ensayados en Alemania, la proporción entre los diámetros inicial (D) y final (d) era de: $D/d=1.30$ a 1.50 .

3) Otras veces la designación binumérica posee distinto significado. El primer guarismo indica el calibre mientras que el segundo (separado comúnmente por un guión) expresa la carga de *grains* de pólvora negra que llevaba el cartucho original.

En esa época, para aumentar la efectividad del proyectil en un calibre dado, era necesario elevar la carga aumentando la capacidad de la vaina sobre la base de un aumento en su longitud o en el diámetro de su mitad posterior. La nomenclatura señalada permitía pues identificar cada uno de estos cartuchos, como por ejemplo: .44-40; .32-30, etc. Cuando se adoptó para muchos de ellos la pólvora sin humo se mantuvo la denominación, aunque entonces el segundo número no se refiere a la carga real sino a la primitiva.

La confusión es mayor todavía ya que se han diseñado y fabricado cartuchos que, aunque nunca fueron cargados con pólvora negra, se designan como si ésta fuera la propulsora del proyectil. Ejemplo: los cartuchos .32-20 y .30-30 *Winchester*. En estos casos el segundo número indica una carga teórica que nunca fue llevada a la práctica.

4) El segundo número puede indicar una modificación del ángulo del hombro de la vaina. Este sistema se utiliza en algunos cartuchos experimentales. Así, .222-45 significa un cartucho .222 *Remington*, cuyo hombro de 23 grados ha sido remodelado a 45 grados.

En rigor, en este caso conviene indicar en forma adecuada el cambio (.222-45°).

5) El segundo número puede referirse al tipo de arma que dispara un cartucho de poder superior al estándar en el calibre. Por ejemplo, el .38-44, es un cartucho especial calibre .38" de alta velocidad para ser usado en revólveres de ese calibre, aunque de modelo, dimensiones y peso similares al .44 *Smith & Wesson* n° 3 de simple acción.

6) Otras veces el segundo guarismo se refiere a la velocidad inicial del proyectil, lo que se reconoce fácilmente porque siempre se compone de cuatro cifras. Debe tenerse en cuenta que la velocidad indicada (habitualmente expresada en pies por segundo), se refiere a un determinado peso de proyectil, ya que al variar éste también lo hace la velocidad. Sin embargo, en cartuchos comerciales se conserva el apelativo que indica la *performance* máxima.

Por ejemplo, el cartucho .250 introducido por *Savage* en 1915 era designado .250/3000 debido a que desarrollaba tal velocidad inicial con una bala de 87 *grains*. Posteriormente se le dotó de otras más pesadas, con lo que la velocidad oscilaba entre 2900 y 2650, aunque se mantuvo la designación original. Recién cuando la bala de 87 *grains* fue abandonada, el cartucho se denominó .250 *Savage* aunque algunas productoras conservan el nombre primitivo.

En muchos *wildcats* se emplea el mismo sistema, aunque en tales casos la velocidad indicada es la que verdaderamente corresponde a la carga o modificación ideada. Ejemplos: .22/4000 *Krag-Davis*; .22/3000 *Lovell*, etcétera.

7) El segundo número separado por un guión, puede indicar el peso de la bala cuando ésta corresponde a un cartucho de diseño y uso especial. Por ejemplo, .38-200 corresponde a un cartucho adaptado para ser disparado en revólveres del calibre .38 S & W, que en lugar de llevar la bala estándar de 146 *grains* lleva otra de 200 *grains*.

Fuera de casos especiales no es costumbre incluir la mención aislada del peso de la bala en la denominación del calibre.

Es obvio señalar que en este caso la figura nominativa se refiere exclusivamente al cartucho y no al arma, en la que igualmente se pueden disparar balas de otros pesos.

8) El segundo número puede indicar la longitud de la vaina del cartucho expresada en pulgadas inglesas o milímetros.

El primer sistema fue utilizado en Gran Bretaña y Estados

Unidos, mencionándose dicha longitud a continuación del número que indica el calibre, separándola de éste por un guión o poniéndola entre paréntesis. Ejemplo: .450 Rev. 55/64"; .577 Nitro Express 2 y 3/4", etc. Las diferencias de carga en la época de la pólvora negra obligaron a emplear variadas longitudes de vaina e impusieron su mención en la nomenclatura a fin de identificar correctamente los cartuchos.

La mención en pulgadas contesimales fue menos empleada, pero encontramos ejemplos en algunos cartuchos de fuego anular. Por ejemplo: .46 R.F. 1".110; .46 R.F. 1".125. Como se ve, en estos casos el número que indica la longitud sigue al que denomina el calibre. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que para utilizar esta denominación es preciso que las diferentes longitudes de vaina hayan respondido a un fin específico que confiera individualidad al cartucho. Variaciones de longitud en las vainas debidas a tolerancias amplias y a diferentes producciones, carecen de valor, y su mención, lejos de facilitar la identificación, la complica.

En condiciones excepcionales la longitud de la vaina se expresa en calibres, y este sistema se emplea para algunas municiones de artillería. El sistema europeo continental, en cambio, expresa dicha longitud en milímetros y fracciones, separándola del número que indica el calibre por el signo de multiplicación (x).

Ejemplos: 7 x 57 mm; 7 x 72 mm, etc. En la actualidad este sistema tiende a introducirse en todas las naciones, inclusive en la terminología militar, como puede verse en los ejemplos que siguen: 5,56 x 45 mm, es el nombre correcto del .223 Remington; 7,62 x 39 mm, es el que corresponde al cartucho *rimless* soviético; 7,62 x 51 mm es el del cartucho NATO; 9 x 19 mm corresponde al 9 mm *Parabellum*, etcétera.

Este sistema tiene la ventaja de permitir un reconocimiento muy exacto de los cartuchos, lo que es importante dada la gran variedad que existe en cada calibre, sin que sea posible intercambiarlos entre sí. Pero como en los casos anteriores, pequeñas variantes de longitud pueden encuadrar en las diferencias de fabricación, criterio de los fabricantes o tolerancias admitidas, lo que da origen a una confusa sinonimia. Por ejemplo, son análogos el 11 mm Revólver M 1873 y el 12 mm Revólver M 1873; lo mismo que el 11,2 x 35,9 mm Montenegrino y el 11,4 x 36 mm Montenegrino, etcétera.

La palabra agregada tiene entonces mucha importancia, pues-

to que una diferencia de 1 mm, que en algunos cartuchos no tiene transcendencia, la cobra en otros, tal es el caso de las series *Mausser* y *Mannlicher-Schoenauer*, cuyos componentes no son intercambiables, diferenciándose por las vainas de diferente longitud (más largas en los primeros y más cortas en los segundos), aparte de sus diferencias balísticas.

9) El segundo número puede indicar el año en que fue creado el cartucho o el arma que lo dispara. Generalmente esta fecha se expresa, sea en forma completa precedida o no de un término abreviado que indica *modelo*, o en forma parcial, citando los dos últimos dígitos y separándolos, sea por la misma abreviatura o por un apóstrofo. Por ejemplo: 7,92 mm *Mausser* M 1888 (que puede también expresarse 7,92 mm *Mausser* M 88).

Cuando un arma o cartucho ha sufrido modificaciones menores puede designarse el calibre anotando las dos últimas cifras del año de su creación y las dos del año de modificación, separadas ambas por una barra. Ejemplo: 10,4 mm Revólver de Ordenanza Suizo M 1872/78 o M 72/78.

b) El calibre se designa por tres guarismos separados entre sí por guiones o barras.

1) El primer número indica el calibre (por lo general en pulgadas decimales, ya que el sistema se empleó principalmente en EE.UU.), el segundo la carga de *grains* de pólvora negra y el tercero el peso de la bala en *grains*.

De esta forma se hace posible diferenciar con gran exactitud diferentes cartuchos de un mismo calibre, equipados con distintas cargas de pólvora negra y balas de diferente peso. A medida que se fue estandarizando la producción desaparecieron muchos cartuchos y la nomenclatura se simplificó eliminando el tercer guarismo.

Ejemplos: .50-110-300; .40-60-200, etc. El nombre completo del conocido .44 *Winchester* C.F. o .44-40, sería .44-40-200.

La adopción de las pólvoras sin humo hizo desaparecer este tipo de designaciones, aunque como vimos, se conservan muchas bidimensionales, siendo excepcional que hoy se utilicen, fuera de cartuchos *wildcats* donde todavía se recurre a este sistema.

2) Otras veces el primer término se refiere al diámetro de la vaina en la base, el segundo al calibre (o sea al diámetro en el cuello), ambos separados por una barra, y el tercero (separado por una coma), a la longitud de la vaina, por lo general en pulgadas inglesas.

Este sistema fue utilizado en Gran Bretaña y EE.UU., por ejemplo: .500/465 *Nitro Express*, 3 y 1/4"; .500/450 *Express*, 2 y 23/32", etcétera.

3) En Europa Continental solía emplearse una denominación tridimensional en la que el primer número se refería al calibre en milímetros, el segundo (separado por el signo x) al largo de la vaina, y el tercero, separado por un guión o incluido entre paréntesis, a la denominación adoptada en el país de origen del cartucho.

Ejemplos:

10,85 x 18,80 mm - *Kal .442 Rev.* = .442 *Rev.*

8 x 58,5 R - .360 *British* = .360

4. *Designaciones mixtas y complejas.* Aun con todos estos procedimientos, la enorme variedad de tipos de cartuchos de cada calibre obliga a recurrir a agregados que permitan su exacta identificación. De este modo nacen sistemas y modalidades distintas, muchas veces subordinados a las normas del país, al destino de la munición, al modo en que debe ser empleada, armas a que puede adaptarse, nombre del creador o fabricante, etcétera. Inclusive se emplean figuras convencionales que sólo indirectamente informan respecto del diámetro de la bala o del ánima. Todo esto crea eventualidades muy numerosas que no es posible detallar exhaustivamente; sin embargo, se proporcionarán distintos ejemplos que permitan desempeñarse en los casos más corrientes.

a) Apelativos agregados pueden indicar el tipo de arma a que se halla destinado el cartucho (por ejemplo: .320 *Revólver*; .38 *Automatic Pistol*; .30 *Carbine*), el sistema de la misma (por ejemplo: .32 *Self-loading rifle*), el uso a que se halla destinado un cartucho (por ejemplo: 10,8 mm *Montenegrin Gasser Rev.*; .30 *U.S. Ball Army & Navy* o *AN*, etcétera).

En algunos casos se emplean términos especiales, por ejemplo: .450 *target* (para tiro al blanco); 6 mm *scaciacane* (significa ahuyenta perros); .310 *kattle killer* (indica un cartucho para abatir reses vacunas u ovinos), etcétera.

b) Un apelativo indica a veces el tipo de ignición del cartucho, aunque hoy esto sólo se aplica a aquellos casos en que dicha ignición no es central, o cuando siéndolo se emplean fulminantes de sistemas especiales (por ejemplo: *rim fire* indica fuego anular; *Lefauchaux*, nombre del creador, señala la ignición a espiga o radial, etc.). Los

términos *inside primer*, *martin primer* y otros, se refieren a cebos especiales.

c) El tipo de lubricación de la bala se indicaba antes empleando los términos *outside lubricated* e *inside lubricated*, para la externa e interna respectivamente. Tal costumbre ha caído en desuso.

d) En cambio, ciertos caracteres de las vainas pueden ser especificados, sobre todo cuanto existe más de un tipo de las mismas para un cartucho dado. Si no es así, tal carácter se omite. Por ejemplo: cuando un cartucho puede ser provisto con vainas con reborde o con otras sin reborde, pero con surco de extracción, se agrega *rimmed* o "R", en el primer caso y *rimless* o nada en el segundo. Los británicos emplean el término *flanged* para las vainas con reborde.

En algunos casos, como todavía acontece con ciertos cartuchos japoneses, se usa una vaina que posee a la vez reborde y surco de extracción, indicándola los americanos como *semirimmed*, mientras que si la vaina normal de un cartucho es de este tipo (por ejemplo: 7,65 mm *Browning*; .38 ACP) no se hace mención alguna. Los cartuchos de fuego anular llevan normalmente vainas con reborde, lo mismo que muchos de fuego central, en cuyo caso nada se menciona. El término *belted*, que indica vaina con cinturón, también se usa a veces, sobre todo cuando el cartucho existe con vainas de otro tipo, o cuando se quiere destacar esta cualidad que le confiere un sólido apoyo en la recámara. Lo mismo acontece con *reduced rim* (rebordo reducido).

En la serie de *Sharp* y en otros casos en que un mismo calibre podía fabricarse con vainas cilíndricas y agolletadas, se usaban los términos *straight* para las primeras y *necked* para las segundas.

e) Antiguamente se mencionaba la especial constitución de la vaina, sobre todo en la era de los cartuchos primitivos, por ejemplo: .69 *paper musket* (envoltura de papel que contenía la bala y la carga propulsora); .44 *Colt Combustible* (con vaina combustible de papel nitrado o de otros materiales); .44 *Colt Skin* (con vaina combustible de piel delgada); .50 *Smith Paper & Foil*, etcétera.

Las vainas hechas con láminas metálicas enrolladas en espiral se denominaban *coiled*. *Double culot* (culote doble) especificaba vainas con cabeza reforzada por una sobre-envoltura metálica, etcétera.

f) La adaptación de la bala a la vaina mediante una cofia de papel lubricado se especificaba como *paper patched*.

g) La naturaleza de la carga se indica por apelativos especiales en el idioma de la nación productora, por lo que son muy varia-

bles e imposibles de reproducir en su totalidad. Siendo el inglés idioma universal, nos referiremos a este caso como ejemplo.

Así, los cartuchos para fogueo (desprovistos de balas, se designan como *blank*) (blancos o ciegos); *pour salves, a salve, festim*, son los términos usados en Francia, Italia y Brasil, respectivamente.

Shot indica cartuchos cargados con perdigones. Habitualmente no se usa en los de caza para escopeta, ya que constituye su carga habitual, especificándose en este caso cuando ella es diferente de la usual. Así *buckshot* indica carga de postas o balines y *rifled slug* proyectil único.

Ball indica que el cartucho lleva una bala normal sólida. *Buck & Ball*, que contiene una bala sólida y postas de menor diámetro (usado en cartuchos de papel primitivos); *CN* y *CS* se refieren a cargas químicas de agresivos lacrimógenos o irritantes. Los cartuchos *scheintod* germanos para pistolas de defensa de ánima lisa contenían mezclas químicas capaces de causar lipotimias.

Dummy se aplica a falsos cartuchos totalmente inertes empleados para ejercicio en el funcionamiento y manejo mecánico del arma.

High pressure test, proof y tormento son términos usados para indicar cartuchos con cargas de presiones superiores a los normales empleados en los tests de resistencia de las armas. Estos cartuchos poseen, en la mayoría de los casos, identificaciones especiales (colores, marcas de culote, etc.), pero en otros no ocurre así y sólo pueden reconocerse por las indicaciones de los envases.

h) Ciertos apelativos se emplean para indicar diferentes velocidades iniciales y constituye ejemplo el calibre .22" de fuego anular, donde existen tipos *standard velocity, high velocity* o *low velocity*, según ella sea normal, alta o baja. En una época se produjeron tipos de .22 Corto de velocidad superelevada para el calibre, que se identificaron según las fábricas con nombres especiales: *rocket* por *Remington*; *thunderbolt* por *Peters*, etcétera. El apelativo *super vel* designa municiones de fuego central en alta velocidad, usualmente destinadas a revólveres y pistolas.

i) Una terminología confusa consiste en emplear los términos "nº 1", "nº 2", "nº 3", etc., ya que su acepción varía en muchos casos según la época y procedencia. Estos términos no deben confundirse con la indicación del calibre en épocas pasadas, ya analizados (por ejemplo: nº 44 por calibre .44) y que consta de 2 o 3 cifras por haber sido norma americana o inglesa.

Por ejemplo, los británicos indicaban así los pequeños cartu-

chos de fuego anular, designando "nº 1" al de 6 mm; "nº 2" al de 7 mm y "nº 3" al de 9 mm, especificando además con los términos *shot* y *BB Cap* la naturaleza de la carga.

En cartuchos de fuego central "nº 1" y "nº 2" indicaban diferentes cargas en un mismo calibre o incluso cartuchos diferentes. Por ejemplo el "nº 1 *Express*" era en realidad un .577/450 con vaina de 2.78", en tanto que el "nº 2 *Express*" era un .500 con vaina de 2.87".

En otra acepción, dichos números podían indicar diferentes diámetros del proyectil en un calibre dado. De tal manera Gevelot fabricó tres tipos de cartuchos calibre .22 *Long Rifle* (Largo Rifle) designados como "nº 6", "nº 9" y "nº 12". El primero llevaba un proyectil de 5,64-5,66 milímetros de diámetro, especialmente adaptado a carabinas *Match* germanas, americanas, danesas, francesas y suizas. El "nº 9" tenía una bala de diámetro 5,67-5,69 milímetros y se destinaba a carabinas semiautomáticas de campo, o para otras de repetición y para ciertas pistolas. El "nº 12", con diámetro de 5,70-5,72 milímetros se adaptaba a carabinas centro-europeas.

También los términos "nº 1" y "nº 2" se emplearon en *wildcats* para indicar modelos sucesivos confeccionados por un creador, generalmente en un calibre dado.

j) La longitud de la vaina se expresa por términos significativos como *short*, *long*, *extra long*, e indica indirectamente diferencias de carga, lo que era usual en la época de la pólvora negra, aunque persistió para algunos cartuchos al adoptarse la pólvora sin humo.

k) La naturaleza de la carga propulsora se indicó en una época de transición, cuando un mismo cartucho podía alojar cargas de pólvoras negras o sin humo. Así, *black powder*, *smokeless* y *nitro*, fueron empleadas sobre todo por los ingleses, que incluso se valían de una identificación especial en el culote para distinguirlas.

l) Apelativos especiales fueron y son usados para indicar cargas de poder superior al considerado normal, pudiendo referirse al mismo cartucho o a cartuchos del mismo calibre pero distintos del estándar.

De tal manera se emplean *high power*, *express* y *magnum* tanto en Gran Bretaña como en EE.UU., abundando actualmente estos tipos tanto para cartuchos de armas cortas como largas. Un hecho a tener en cuenta es que tales cartuchos requieren armas especialmente diseñadas para dispararlos. (Ejemplo: .357 *Magnum*; .44 *Magnum* y .41 *Magnum*, para revólveres.)

ll) El nombre del creador o el del fabricante del cartucho es

agregado para facilitar la identificación. (Ejemplo: .22 *Savage*; .22 *X.L. Maynard*; .222 *Remington*, .300 *Savage*, .375 *Holland & Holland*, etc.). Algunos diseñadores han creado verdaderas series de cartuchos en los que prima un rasgo esencial para cada una (por ejemplo: series de *Weatherby*, *Mauser*, *Mannlicher*, *Halger*, etcétera).

m) Una creación comercial o experimental dada puede recibir un nombre especial que muchas veces sugiere algún rasgo que la señala, aunque otras no. Por ejemplo, Winchester introdujo en 1938 el cartucho .218 *bee* (abeja), y otros ejemplos los constituyen el .221 *Remington fireball* (bala de fuego), .22 *jet* (cohete), etcétera. En la serie de *wildcats* esta costumbre es muy corriente y pueden verse los apelativos más pintorescos y sugestivos.

n) La figura agregada puede indicar el modelo del cartucho, para lo que se emplean diferentes formas, según el país causa.

En Estados Unidos y algunos países europeos el modelo se indica por el término *model* o "M", seguido de la fecha correspondiente al año o sus dos últimos guarismos separados por una barra o un apóstrofo, como ya hemos visto. A veces se especifican dos fechas, correspondiendo la primera al modelo original y la segunda a la modificación introducida.

Mientras un cartucho se encuentra en etapa experimental se acostumbra a designarlo con la letra "T" seguida de un número separado por un guión.

Otras veces el modelo se identifica con números de orden separados por un guión. Por ejemplo .30'-06- M1 y M2, correspondiendo el primero a un cartucho con bala cola de bote y el segundo a uno de base plana, el primero de 172 *grains* y el otro de 150.

Los británicos emplean *mark* o *MK*, y lo mismo ocurre en otros países como Japón. Cuando la variante que caracteriza al modelo es notoria se numera con guarismos romanos, por ejemplo MK II, mientras que si se trata a su vez de una ligera modificación de éste, se le agrega un asterisco (MK II*).

ñ) Diversos términos se refieren a cualidades inherentes a la bala. El diámetro, ya lo hemos visto, puede merecer distingos especiales. En el 7,92 x 57 mm germano el diámetro del ánima puede ser de .318" en el modelo 1888 o de .323" en el M 1905. Los cartuchos que llevan balas correspondientes al primero se identifican con la letra "J" agregada al calibre, en tanto que los segundos lo son con la letra "S". Éstos no pueden dispararse en armas con el ánima de menor diámetro, pero la inversa es factible.

La forma puede merecer apelativos especiales, expresados casi siempre con abreviaturas que corresponden al idioma original, por ejemplo: *flat nose*, *spitzer*, *round nose*, *sharp point*, *wad cutter*, *blunt nose*, etc., indican formas especiales de la punta. A veces se recurre a términos indirectos para definirla, sobre todo cuando una variante de forma condiciona una acción o uso especial del cartucho, por ejemplo: *.38 Colt New Police*, indica un cartucho con proyectil de extremidad truncada a fin de elevar su *stopping power* (poder de detención). Lo mismo ocurre con el *.38 S & W Super Police*, que posee una extremidad semiesférica y un peso superior al estándar. En otro orden, pueden mencionarse caracteres de la base, como *boat-gacteres tail* (cola de bote), *flat tail* (base chata o roma), *hollow tail* (base hueca), *minié ball* (sistema *minié*), etcétera.

La constitución de la bala se expresa por numerosísimos términos. Por lo general los sólidos se denominan *solid*, agregando si son de plomo desnudo (*lead*) o encamisados (*jacket*). Según se disponga la camisa se distingue *full jacket* (totalmente encamisada, excepto en la base), *semi jacket* (media camisa), etcétera.

En muchas balas deportivas se define la constitución simultánea con la acción y la forma, por ejemplo *spitzer soft point* (punta blanda ojival aguda), *round nose hollow point* (punta hueca ojival), etc. O se emplean designaciones patentadas para diversos sistemas de proyectiles expansivos (*Silvertip*, *H-Mantel*, *Kore Lokt*, *Power Lokt*, etcétera).

Los términos *spaterless* y *frangible* se refieren a balas que se desintegran en el impacto. Del mismo modo, otros, capaces de dividirse en varios fragmentos, o impulsados con cargas moderadas, se designan *guard* (proyectil para guardias), o *riot* (antimotines).

La acción especial de los proyectiles puede indicarse por varios términos o signos así como identificaciones coloreadas, envolturas especiales o formas propias; de este modo se distinguen cartuchos militares trazadores, perforantes, incendiarios, de acción mixta, etcétera.

o) Algunos fabricantes europeos han identificado cada cartucho con números y letras propios, cuya mención permite denominarlos aun omitiendo su calibre y características. Tal lo que ocurre especialmente con D.W.M. y G. Roth. No pueden incluirse aquí las listas respectivas, pero a título de ejemplo digamos que en la serie D.W.M. el nº 471 corresponde al cartucho 7,65 mm *Luger Auto Pistol*. Las variantes en un mismo cartucho son indicadas por letras

agregadas (por ejemplo: 480C corresponde al 9 mm *Parabellum* y 480D al mismo con carga especial para ametralladora).

Si las variantes son menores se emplean números-asteriscos agregados.

p) Existe aun una serie de apelativos convencionales muchas veces simbólicos, que se utilizan para identificar algunos cartuchos. Ya vimos que este sistema se emplea en cartuchos comerciales, pero especialmente se prodiga en *wildcats*, donde a veces los términos son ciertamente pintorescos, por ejemplo: .14 *Jones scorpion*, .22 *varminter*, .240 *cobra*, .25-35 ICL *coyote*, .219 ICL *wolverine*, etc. Muchas veces la mención aislada del apelativo identifica al cartucho, con o sin agregado del nombre de su creador, por ejemplo: R-2 *Lovell*, *Mc Crea Bumblebee*, etcétera.

q) Finalmente, la designación puede ser muy compleja empleando términos referentes al tipo de cartucho o vaina, cualidades especiales del cartucho, efecto de sus proyectiles, etcétera.

Estos hechos se complican aun por la gran cantidad de sinónimos debido a los hechos que ya mencionamos en párrafos anteriores, y a la diferente designación en diversos países (por ejemplo: .404 *Jeffery* es sinónimo de 10,75 x 73 mm, siendo el primero británico y el segundo germano).

2. DETERMINACIÓN DEL CALIBRE Y MARCA DEL ARMA EMPLEADA SOBRE LA BASE DEL PROYECTIL OBJETO DE ESTUDIO

Normalmente, el proyectil disparado con arma de fuego que guarda vinculación con un hecho delictuoso, es entregado al perito para que determine la identidad del mismo con el arma utilizada, siempre y cuando no se plantee la necesidad previa de estudiar mediante análisis químico las sustancias adheridas a su superficie.

Obviamente, tal proyectil debió provenir del cuerpo del occiso (extraído al momento de la obducción), del cuerpo de una persona herida (extraído mediante intervención quirúrgica), del objeto en el cual se encontraba incrustado, o bien de la superficie donde quedara depositado (piso, acera, mueble, etcétera).

Cubierta esta etapa, puede ocurrir que el experto cuente o no con el o las armas secuestradas. En ambos casos, lo primero que debe llevar a cabo es la determinación del calibre y marca del arma

empleada por medio del examen del proyectil que se le aportara. En el primer caso (armas secuestradas), para eliminar de la experiencia posterior a las armas que no respondan al calibre y marca determinados; en el segundo caso (ausencia de armas), para que se disponga el secuestro de las que respondan a tal calibre y marca, en poder o dominio de autores sospechados.

a) *Determinación del calibre del arma empleada.*— Para ello habrán de contemplarse tres posibilidades: 1) que el proyectil secuestrado se encuentre íntegro; 2) que el mismo presente deformaciones o aplastamientos, parciales o totales, y 3) que esté incompleto, por separación o pérdida de sustancia.

1) En este caso, el calibre se determina midiendo dos estrías opuestas por medio de un micrómetro (instrumento que sirve para medir objetos o longitudes sumamente pequeños).

2) Si el proyectil presenta deformaciones o aplastamientos parciales, que generalmente se producen en la punta u ojiva, no van a surgir inconvenientes para realizar la operación mencionada en el inciso anterior. Si la deformación o el aplastamiento afecta la zona útil (tatuaje de campos y macizos transmitidos por el ánima del cañón) en el sentido longitudinal, o si el aplastamiento es total por haber impactado perpendicularmente (formando un ángulo de 90 grados con la superficie afectada) sobre una chapa de acero o elemento de muy dura consistencia, entonces la medida debe ser tomada sobre el culote del proyectil, ya que sólo en casos excepcionales éste se deforma o desintegra. En caso de duda, puede recurrirse al pesaje del elemento para su posterior cotejo con otros previamente promediados y tabulados que respondan al calibre determinado.

Si se sospecha que no responden a la misma aleación de materiales, puede llevarse a cabo el cotejo a través de su peso específico, empleando para ello la balanza hidrostática, basada en el principio de Arquímedes de que "Todo cuerpo sumergido en un líquido recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del líquido que desaloja".

El peso de una bala disparada puede ser útil en la determinación del calibre (o calibre probable) en aquellos casos donde, debido a la deformación, no puede practicarse la medición del diámetro. Es aplicable sólo en aquellos casos donde se aprecie claramente que no se ha perdido ningún fragmento del material que la constituye.

Para llevar a cabo una determinación como la expresada en el último párrafo, se hace necesario contar con una extensa compilación de pesos, calibres y tipos de proyectiles de cartuchos.

Del conocimiento del peso de una bala disparada y su tipo, por ejemplo: plomo sólido o encamisada (incluyendo el tipo de camisa metálica), puede determinarse a menudo el tipo de cartucho de donde provino, así como su calibre. Sin embargo en algunos casos surgen varias posibilidades, por ejemplo, una bala de plomo sólido que pese de 80 a 81 *grains* podría provenir de cinco cartuchos diferentes, en cuanto al peso se refiere. Pese a tales limitaciones, la información que pueda contener una tabla como la sugerida es muy útil.

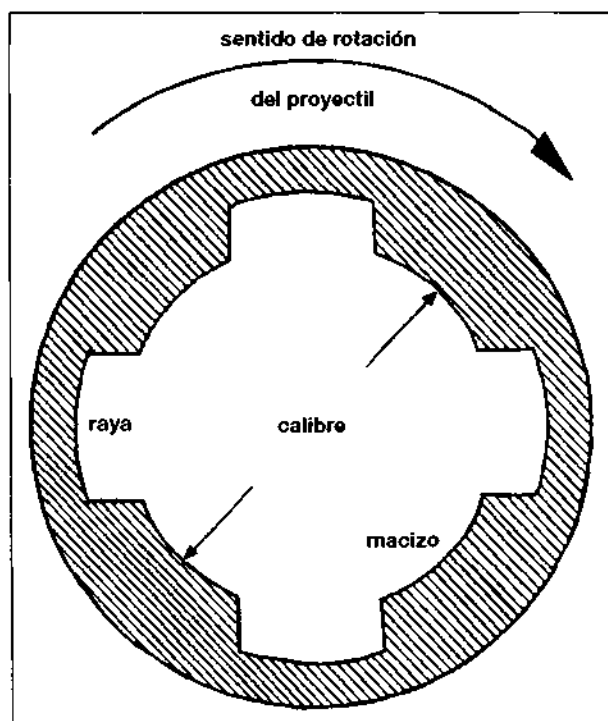


Figura 143

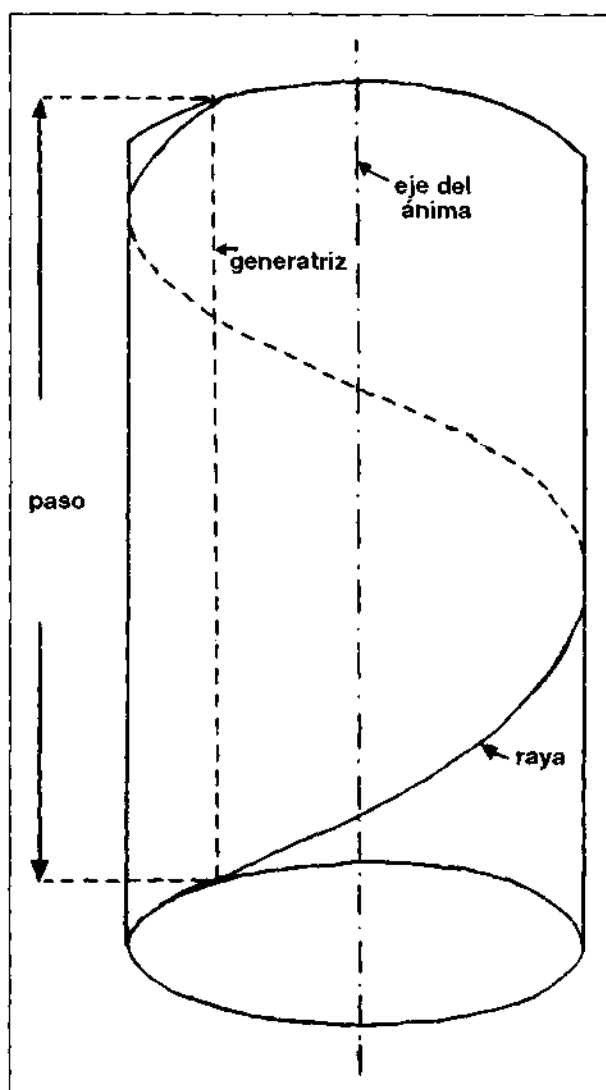


Figura 144

Espira: Arco de hélice (raya) que corresponde a un paso.

3) Frente a esta circunstancia, si no se tuvo la precaución de recoger las porciones dispersas o resultare infructuosa su búsqueda, se procurará establecer su calibre por medio de alguna de las medidas indicadas si restare material que permitiera realizar tal operación; de lo contrario habrá que cotejar su peso con el de otro proyectil del calibre posible. En este caso, si coincidieren en el peso o si el del elemento secuestrado estuviere por debajo del otro, existiría la posibilidad de que respondan a un mismo calibre.

En muchos casos el proyectil está tan deformado y fragmentado que no es posible medir su diámetro de manera alguna. Sin embargo, existe un método con el que puede llegarse a establecer el probable calibre original y determinarse el número de rayas o estrías del cañón. Para ello es necesario que por lo menos sean visibles un campo y un macizo del proyectil mutilado (sin distorsión); la medida combinada de sus anchos puede dar una aproximación del calibre original y del número de rayas del cañón utilizado.

Ante todo debe poseerse una tabla construida sobre la base de especificaciones brindadas por las fábricas que desarrollan armas de fuego. La misma contendrá una columna con la sumatoria de los anchos de campo y macizo, el calibre indicado y el número de rayas o estrías.

La aplicación de la fórmula utilizada para conocer la longitud de la circunferencia ($\pi \times \text{diámetro} = \text{longitud circunferencia}$) nos permitirá, según cuál fuere nuestro interrogante, despejar y calcular la incógnita deseada.

b) *Determinación de la marca del arma empleada.*— Para poder determinar la marca del arma empleada, cuando no se encontró en el lugar del hecho o no fue posible secuestrarla, el experto debe estudiar a fondo el rayado que presenta el proyectil secuestrado en su superficie de forzamiento, a fin de obtener la siguiente información:

—la cantidad de estrías que conforman el rayado (cantidad de macizos);

—el ancho de campos y macizos;

—su dirección o inclinación (de izquierda a derecha o viceversa);

—el *paso de la espira*, obtenido a través de una vuelta completa ideal. (Se llama espira al arco de hélice que corresponde a un paso.)

Todos estos valores pueden obtenerse microscópicamente mediante la aplicación de modernas técnicas de medición. En el caso del paso de la espira, su valor surge de multiplicar el valor π (3,1416) por el calibre del arma en milímetros, por la tangente del ángulo de inclinación de rayado.

En Estados Unidos de América, más específicamente en el Departamento Federal de Investigación (FBI), situado en la ciudad de Washington D.C., se ha llevado a cabo el desarrollo de un archivo manual y computado con las características generales del rayado de las armas de fuego, cuyo propósito es determinar el posible fabricante y modelo de un arma de fuego, a través de las impresiones de rayado presentes en un proyectil disparado.

En tal sentido, y para aprovechar su utilización, dicho Departamento consideró imperativo que todos los expertos abocados al tema procedieran a medir los anchos de las impresiones de campos y macizos de la misma manera (conforme el siguiente gráfico), como para que la información pudiera ser tomada con precisión del archivo.

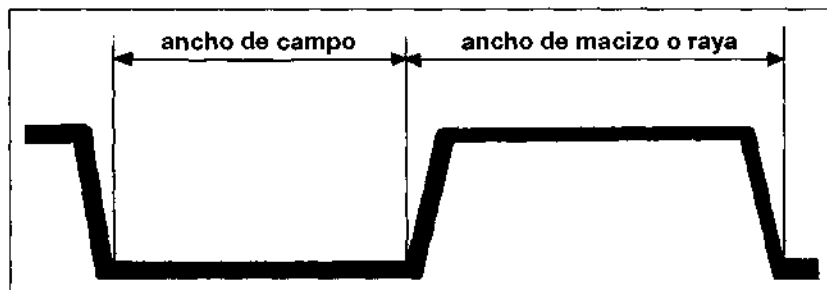


Figura 145

El propósito de este fichero ha sido el de normalizar códigos y procedimientos que permitan tener acceso a la información computada, la que a su vez facilitará la relación entre su espécimen y el tipo de arma que pudo haberlo disparado.

El mismo se encuentra organizado por calibre, tipo de cartucho, inclinación del rayado, número de campos y macizos, medida del ancho mínimo del campo e *idem* del macizo.

Más específicamente, su diagramación responde a las siguientes pautas:



Calibre: Implica el tipo de cartucho, por ejemplo .22 *Long*; *45* *Auto*; *38 Special*, etcétera.

Tipo de arma: Se utilizan códigos de letras que indican a qué arma nos estamos refiriendo, por ejemplo: revólver (R); pistola semiautomática (PS); fusil (F), etcétera. Dicho código puede poseer una o dos letras.

Fabricante/País: Es el nombre del fabricante del arma en particular, aunque también puede responder al del distribuidor. Se le agrega un código de dos letras a la derecha de la columna, referido al país de origen. Ejemplo: Ruger-US; Llama (SP), donde US significa *United States* y SP España (*Spain* en inglés).

Modelo: Es el modelo del arma, cuando se lo conoce, por ejemplo: Trapper; Pioneer 26; RG 23; Derringer, etcétera.

Inclinación del rayado o dirección de la hélice: Se trata de un código de una letra (D) para derecha e (I) para izquierda.

Cantidad de campos y macizos (rayas): Por ejemplo, 3, 4, 6, 8, etcétera. Obviamente se trata de un valor numérico.

Medida de ancho de campo (mínima y máxima): El ancho de campo es la medida tomada en la base, desde el extremo derecho al izquierdo, conforme el gráfico anteriormente dibujado, medido con una aproximación de 0.001 pulgadas o sea 0.0254 mm. En ambos casos, los máximos y mínimos se indican con cifras de tres dígitos posteriores a la coma. Estas dos cifras se separan con un guión, por ejemplo 1,175 mm - 1,251 mm (se trata pues de una columna subdividida en dos partes).

Medida de ancho de macizos (rayas o estrías; mínima y máxima): El procedimiento es similar al anterior y las mediciones se concretan conforme el dibujo precedentemente efectuado.

3. DETERMINACIÓN DEL CALIBRE Y MARCA DEL ARMA EMPLEADA SOBRE LA BASE DE LA VAINA OBJETO DE ESTUDIO

Por lo general, las vainas servidas que con frecuencia son habidas en el lugar donde se ha producido un hecho delictuoso, son las que proceden de armas automáticas o semiautomáticas, ya que después de cada disparo son desalojadas por la acción del botador o, en ausencia de éste por los labios del almacén cargador, etcétera.

En caso de que se haya empleado un revólver sólo se encontra-

rán vainas servidas cuando el delincuente, luego de agotar la carga del arma, las desaloja manualmente para su recarga.

a) *Determinación del calibre del arma utilizada.*— Para poder concretar tal determinación, resulta imprescindible contar con material bibliográfico específico, útil para comparación de medidas y fundamentalmente con una colección de vainas (o cartuchos) representativos de todos los calibres en uso en el país y en el extranjero, adecuadamente ubicados y fijados en bandejas, luego de clasificarlos y agruparlos no sólo por calibre sino también por marca.

No obstante ello, normalmente no escapa al ojo del experto la inmediata determinación del calibre, auxiliándose, de ser necesario, con instrumental de medición apropiado (calibre o *vernier*, por ejemplo).

b) *Determinación de la marca del arma empleada.*— Para el caso —muy difícil por cierto— de que se encontraran en el lugar del hecho vainas percutidas por revólveres, no existirá ninguna duda respecto de que se trata de tales armas, debido a que solamente aparecerán sobre las mismas huellas dejadas por la acción del percutor (fijo o móvil) o la aguja percutora flotante y, además, las transmitidas por el espaldón. En tales casos estarán ausentes otras huellas que se observan en cápsulas accionadas por armas automáticas o semiautomáticas: del extractor, del botador, de la fricción con la recámara, de los labios del cargador.

Resulta muy complicado establecer la marca del arma a través de las vainas servidas de revólveres, puesto que los únicos datos obtenibles son: la ubicación de la huella de percusión, su forma y profundidad, y la huella por fricción con el espaldón.

Por el contrario, en el caso de vainas servidas no sólo de armas automáticas o semiautomáticas sino también de repetición y tiro a tiro, aparece en éstas una serie tal de huellas que es posible determinar la marca del arma empleada, sobre la base de todas ellas, con las reservas del caso para los dos tipos mencionados en último término.

En las pistolas semiautomáticas, por ejemplo, además de las huellas dejadas por los labios del cargador, existen las de la recámara, las del extractor y botador, amén de las procedentes del percutor

y su alojamiento en el espaldón. Algunas pistolas carecen de botador, entonces la expulsión se produce por la acción de los labios del cargador, o del extractor.

Las huellas de los labios del cargador y recámara son como surcos o complejos lineales paralelos entre sí y aparecen en la superficie cilíndrica de la vaina. El extractor, el botador, el percutor y espaldón dejan sus diversas huellas en el culote de la vaina, sea en su borde o en su porción central.

Es importante verificar el sistema de expulsión, ya que esta circunstancia permite al experto descartar armas de un conjunto determinado.

Actualmente y volviendo al sistema de archivo de características generales desarrollado por el FBI, resulta conveniente señalar que, en vinculación con el tema que se está tratando, dicho fichero computado contiene además códigos que describen la forma (y en algunos casos la medida) de las huellas de percusión dejadas en vainas; posición basada en las agujas del reloj de la huella de extractor y botador, y tipo de impresión originada por el espaldón.

En efecto, conforme puede apreciarse en el gráfico respectivo, de acuerdo con su forma, las percusiones han sido clasificadas de la siguiente manera:

- Ba: Barra
- Ci: Circular
- Hm: Hemisferial
- PD: Percusión doble
- Re: Rectangular
- F"U": Forma de "U"
- Va: Valle
- Cu: Cuña
- SC: Semicircular
- T: Triangular
- OI: Oblicuo izquierdo
- OD: Oblicuo derecho
- O: Otras

(ver figura 146 en p. 410)

Para las formas rectangulares y circulares, cuyos códigos respectivos son (R) y (C), el número posterior a dicho código representa el ancho de la huella expresado en centésimas de pulgada. Por ejemplo C 13 indica una percusión de forma circular de .13" de ancho.

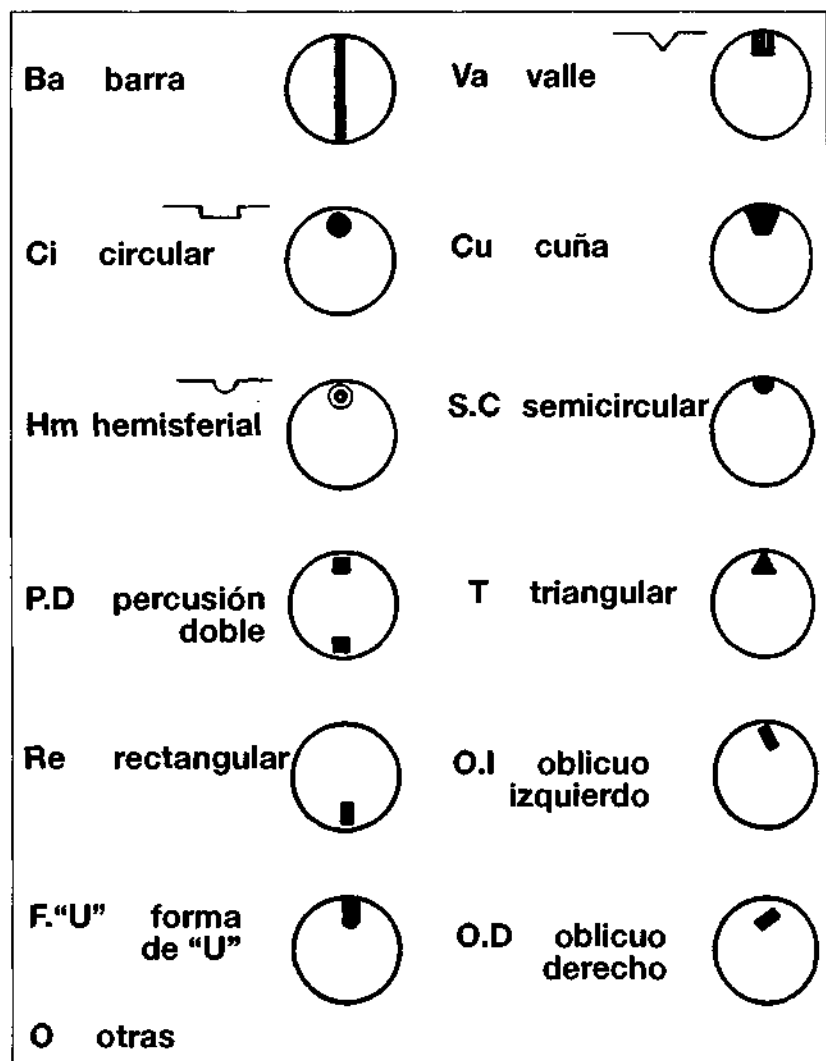


Figura 146

Codificación de la percusión de acuerdo a su forma.

Los códigos referidos a la posición del extractor y botador, están basados en las agujas del reloj, conforme los números 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9 y letra D.

Lo expresado debe interpretarse de la siguiente manera:

12 en punto: el código es 1.

2 en punto: el código es 2.

3 en punto: el código es 3.

4 en punto: el código es 4.

6 en punto: el código es 6.

7 en punto: el código es 7.

9 en punto: el código es 9.

10 en punto: el código es D.

Si la huella de percusión es doble por existir dos extractores, se emplearán dos números para ubicarlas. Por ejemplo, si una huella se encuentra a las 3 y otra a las 9, el código será 39.

Las huellas que aparezcan entre dos números serán consideradas de acuerdo con el número más cercano, vale decir que prevalece este último.

Finalmente, también se ha tenido en cuenta la huella dejada por el espaldón del arma (superficie del arma que rodea al orificio por donde asoma el percutor), mencionándose un código que hace referencia al tipo de impresión que aquél deja en el culote de la vaina.

Paralela: P

Circular: C

Suave: S

El primero se refiere a la existencia de complejos lineales paralelos transmitidos por tatuaje; el segundo a complejos lineales curvos o circulares, y el tercero a una superficie lisa.

(ver figuras 147 y 148 en ps. 412 y 413)

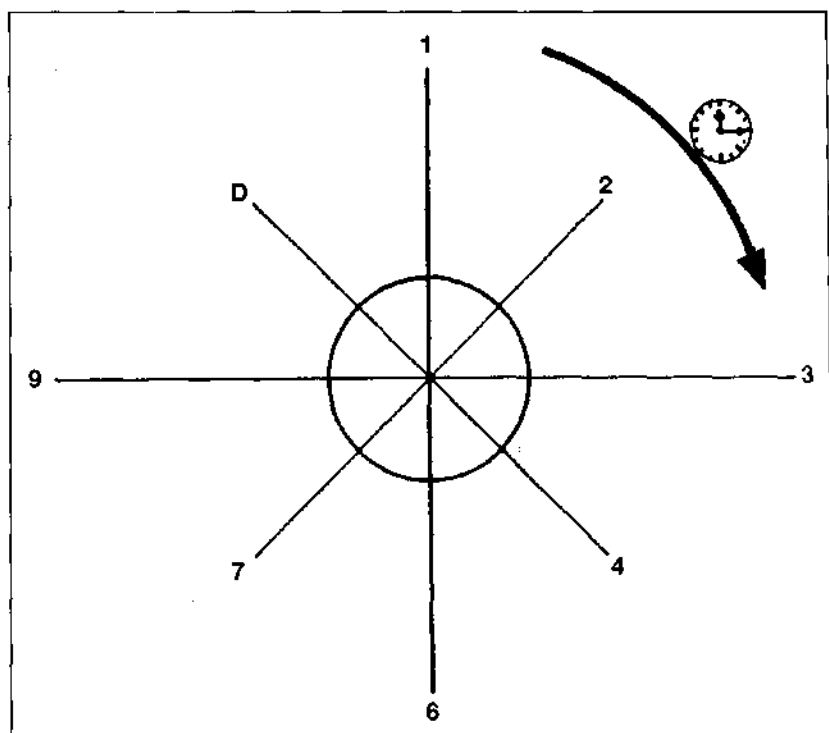


Figura 147

Codificación para la ubicación de extractor y botador.

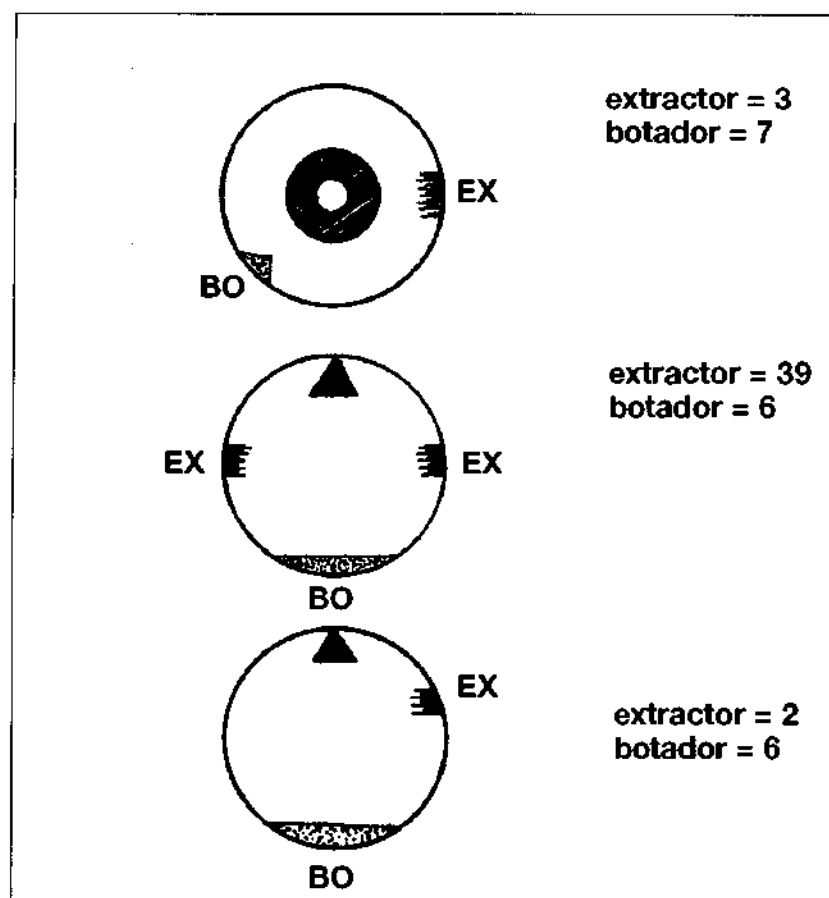


Figura 148

Ejemplos de extractor y botador.

MODELO DEL SISTEMA NORTEAMERICANO PARA ARCHIVO DE CARACTERÍSTICAS GENERALES DE RAYADO DE
CAÑONES Y VAINAS SERVIDAS DE ACUERDO CON EL DISEÑO DE LA PERCUSIÓN Y POSICIÓN DE EXTRACTOR Y BOTADOR

CARTRIDGE	FA TYPE	MANUFACTURER/COUNTRY	MODEL	DIR OF TWT	NUM LND GRV	LND WID MIN	LND WID MAX	GRV WID MIN	GRV WID MAX	FIR PIN	EXTR	EJR	BOB	SEQ NUM (EQUIV)	
17 BUMBLEBEE	PS	THOMPSON CENTER	US	CONTENDER	R	06	044	045	044	045			S	1	
17 HORNET	PS	THOMPSON CENTER	US	CONTENDER	R	06	044	045	044	045			S	2	
17 K-HORNET	PS	THOMPSON CENTER	US	CONTENDER	R	06	044	045	044	045			S	3	
17 REM	RB	REMINGTON ARMS	US	M700BDL	R	06	026	026	063	063			S	4	
17 REM	PS	THOMPSON CENTER	US	CONTENDER	R	06	044	045	044	045			S	5	
5MM REM RF	RB	REMINGTON ARMS	US	591 REPEATER	R	06	022	023	082	082			S	6	
5MM REM RF	RB	REMINGTON ARMS	US	592 REPEATER	R	06	022	023	082	082			S	7	
5MM REM RF	PS	THOMPSON CENTER	US	CONTENDER	R	08	039	040	039	040			S	8	
218 BEE	RB	WINCHESTER	US/JA	43	R	06	036	037	075	076			S	20148	
218 BEE	RL	WINCHESTER	US/JA	64 65	R	06	040	040	074	074			S	10	
218 BEE	PS	THOMPSON CENTER	US	CONTENDER	R	06	057	058	057	058			S	11	
219 ZIP	RB	WINCHESTER	US/JA	43	R	06	040	040	074	074			S	12	
219 ZIP	RL	WINCHESTER	US/JA	64 65 94	R	06	040	040	074	074			S	13	
22 EX L	RB	WINCHESTER	US/JA	02 SINGLE SHOT	R	06	046	046	069	069			S	15	
22 EX L	RB	WINCHESTER	US/JA	THUMB TRIGGER SS	R	06	046	046	069	069			S	14	
22 HORNET	RB	SAVAGE	US	23D	R	04	077	078	092	094	H	3	9	S	17368
22 HORNET	RB	SAVAGE	US	23D	R	04	080	080	090	090			S	17	
22 HORNET	RB	SAVAGE	US	23D	R	04	083	083	090	090			S	18	
22 HORNET	RB	STEVENS	US	322A	R	06	020	021	092	093	H	3	7	S	17325
22 HORNET	RB	SAVAGE	US	322 STEVENS 342 SAV	R	06	029	029	087	087			S	19	
22 HORNET	R	ITHACA	US/CD	22/410 USAF SURVIVAL	R	06	044	046	068	070	H	3	3	S	17811
22 HORNET	R	ITHACA	US/CD	22/410 USAF SURVIVAL	R	06	044	045	069	070	H	3	3	S	17810
22 HORNET	R	ITHACA	US/CD	22/410 USAF SURVIVAL	R	06	045	046	068	070	H	3	3	S	17809
22 HORNET	RB	WINCHESTER	US/JA	70	R	06	045	045	068	068			S	20	
22 HORNET	PS	THOMPSON CENTER	US	CONTENDER	R	06	057	058	057	058			S	23	
22 HORNET	PS	THOMPSON CENTER	US	CONTENDER	R	06	057	058	057	058			S	21	
22 HORNET	RB	SAVAGE	US	340 C	R	06	057	059	059	060	H	39	9	C	22

**MODELO DEL SISTEMA NORTEAMERICANO PARA ARCHIVO DE CARACTERÍSTICAS GENERALES DE RAYADO DE
CAÑONES Y VAINAS SERVIDAS DE ACUERDO CON EL DISEÑO DE LA PERCUSIÓN Y POSICIÓN DE EXTRACTOR Y BOTADOR**
(continuación)

CARTRIDGE	FA TYPE	MANUFACTURER/COUNTRY	MODEL	DIR OF	NUM LND TWT	LND WID MIN	LND WID MAX	GRV WID MIN	GRV WID MAX	FIR PIN	EXTR	EJR	BOB	SEQ NUM (EDP)
22 LR	PR	DICKINSON	US RANGER	L	03	128	132	076	078	R03				20773
22 LR	RB	SPORTCO	AU 62s	L	04	089	090	073	074	C06				20418
22 LR	RB	SPORTCO	AU 66s	L	04	089	090	073	074	R02				20417
22 LR	RI	SPORTCO	AU 71s	L	04	089	090	073	074	R01				20415
22 LR	RB	SPORTCO	AU M46	L	04	089	090	073	075	R02				20412
22 LR	RI	SPORTOMATIC	AS 71s	L	04	089	090	073	075	R01				20408
22 LR	RB	SPORTCO	AU 63A	L	04	089	090	074	075	C05				20413
22 LR	RB	SPORTCO	AU 43	L	04	094	095	070	075	C06				20420
22 LR	PI	COLT	US WOODSMAN	L	06	030	030	080	080	W	3	7	S	25
22 LR	PR	COLT	US OFFICIAL POLICE	L	06	032	032	078	078	L			S	27
22 LR	PI	COLT	US WOODSMAN	L	06	033	034	075	076	R04	3	7	S	28
22 LR	PS	HOPKINS ALLEN	US XL1	L	06	033	034	075	077				P	29
22 LR	PI	COLT	US WOODSMAN	L	06	034	036	074	077	R03	3		S	33
22 LR	PI	COLT	US	L	06	034	036	075	077	R03			S	17690
22 LR	PR	COLT	US OFFICIAL POLICE	L	06	034	035	075	080	R			S	32
22 LR	PI	COLT	US WOODSMAN	L	06	034	036	075	076	R03	3	7	S	34
22 LR	RI	SPORTCO	AU 71	L	06	035	037	070	072	R02				20423
22 LR	PI	COLT	US HUNTSMAN	L	06	035	036	072	074	R04	3	7	S	36
22 LR	PI	COLT	US WOODSMAN	L	06	035	037	072	073	R04	3	7	S	42
22 LR	PI	COLT	US CHALLENGER	L	06	035	036	073	075	R03			S	38
22 LR	PI	COLT	US HUNTSMAN	L	06	035	036	073	074	R04	3	7	S	37
22 LR	PI	COLT	US WOODSMAN	L	06	035	037	073	074	R04			S	43
22 LR	RI	SPORTCO	AU CARBINE	L	06	035	037	073	075	R02				20422

EL CALIBRE

415

CAPÍTULO XVIII

INVESTIGACIÓN DE SUCESOS VIALES. ACCIDENTOLOGÍA VIAL

El desarrollo de la investigación de un suceso vial tiene como objetivo fundamental la determinación científica de las causales que le dieron origen.

1. *ACCIDENTOLOGÍA VIAL*

Recurriendo al diccionario de la lengua castellana podemos determinar que la palabra *accidente* significa: estado o calidad no esencial en una cosa; suceso imprevisto que altera el orden normal de algo; suceso eventual o acción de que involuntariamente resulta daño para las personas o las cosas; etcétera.

La palabra *vial*, por su parte, significa: perteneciente o relativo a la vía; calle formada por dos filas paralelas de árboles u otras plantas.

En cuanto a *logía*, proviene del griego *logos*, que significa: palabra, razón, raciocinio, lenguaje, estudio, tratado, tratamiento, etcétera.

Consecuentemente con todo lo hasta aquí expresado podemos decir que la accidentología vial es el estudio y tratamiento en forma integral de los accidentes de tránsito. Obviamente, aun no perteneciendo a la categoría de accidentes, no podemos excluir de estos estudios integrales los hechos dolosos.

La accidentología es una técnica que se nutre de las ciencias clásicas, principalmente de la física, la matemática, la ingeniería, la psicología y otras, en las que se apoya tecnológicamente. El estudio de un accidente vial se basa en poder determinar científicamente cuál o cuáles son los factores elementales o básicos que tuvieron incidencia en su producción. Estos tres factores elementales son el vehículo, el hombre y el camino. La relación de incidencia entre esos factores puede ser única en cada elemento o, en su defecto, dichos factores pueden estar interrelacionados: la incidencia que el vehículo produce sobre el hombre y la que éste ocasiona sobre el vehículo; la que el camino produce sobre el hombre y el vehículo.

En lo que atañe al hombre podemos marcar tres estados fundamentales que influyen, ya sea para producir o evitar un accidente: el conocimiento, el estado físico y el estado psíquico.

a) *El hombre y el conocimiento.*— Nos referiremos tanto al conductor como al peatón (dado que ambos intervienen en el evento) y directamente al conocimiento de las normas de tránsito existentes, al hecho de saber leer y escribir, pues un conductor que no cuente con estos mínimos conocimientos no podrá interpretar las mencionadas normas, ni el sistema de señalización vial y, llegando a lo más simple, ni siquiera podrá leer el velocímetro de su rodado. En el caso del peatón, no podrá leer, por ejemplo, el cartel de “PARE” que lleva un guía escolar.

b) *El hombre y el estado físico.*— Es tan importante tanto para el conductor como para el peatón. Un individuo que carezca de una de sus extremidades (si bien los adelantos técnicos hacen posible la conducción de un vehículo en tales circunstancias), no lo hará de la misma forma que una persona en su estado normal. De la misma manera un conductor o un peatón que padezca un estado gripal, por ejemplo, verá disminuidos sus reflejos, o sea que influirá en el tiempo de reacción, que más adelante trataremos.

c) *El hombre y el estado psíquico.*— Este estado influye en la pérdida de reflejos y en el tiempo de reacción, ya que una persona motivada por problemas particulares que afecten su psiquis, los

trasladará a su manejo en la vía pública, ya sea como conductor o como peatón.

d) *El vehículo.*— Su incidencia directa en el accidente se manifiesta por la mala conservación del mismo, o bien por no contar con aquellos elementos que podrían haber disminuido o prevenido la lesión. Los elementos constitutivos de un vehículo pueden agruparse en dos grandes ramas:

1. *De seguridad activa.* Son las partes del rodado indispensables y elementales para el buen funcionamiento del mismo, cuyo deterioro puede producir su no funcionamiento o bien un accidente fatal. Tales elementos son: el motor, la transmisión (embrague), sistema de frenos, ruedas, etcétera.

2. *De seguridad pasiva.* Son aquellos que, de usarlos, amortiguarían el golpe, evitarían o disminuirían la lesión, por ejemplo: casco, apoyacabeza, cinturón de seguridad, silla porta-bebe, balizas, etcétera.

e) *El camino.*— Una calle en mal estado puede producir un accidente. Un bache en un lugar inesperado nos ocasiona una reacción de movimientos bruscos con respecto al volante, que puede llevarnos a impactar con otro vehículo o una persona.

Por otro lado, si discernimos que una maniobra brusca puede ser peligrosa y optamos por continuar sin esquivar el bache, la pérdida de estabilidad, dirección, etc., del vehículo (proporcional a las dimensiones del bache y de la velocidad del rodado) o bien la rotura de algún sistema, ofrecen la posibilidad de colisionar.

Debemos considerar también la falta o el hundimiento de las tapas de las bocas de desagües o cualquier protuberancia inesperada en los carriles de circulación.

Según su capa superficial, los diferentes tipos de caminos pueden enumerarse de la siguiente manera: concreto, asfáltico o alquitrán, adoquinado, piedra compactada, grava, escoria, piedra, hielo, nieve y reja metálica. De acuerdo con sus características y con la humedad ambiente existente, varían los factores de adherencia.

f) *El factor humano.*— A los conductores y peatones se les considerará juntamente. En general las mismas circunstancias personales que hacen que los conductores sufran accidentes son válidas para los peatones. El comportamiento de uno u otro está muy ligado al factor psíquico. Las condiciones de ambos se combinan a menudo con otras de la carretera o del vehículo, hasta formar una combinación de factores causantes del accidente.

1. *La personalidad.* Puede definirse sintéticamente como el conjunto de cualidades que explican el comportamiento del individuo. Interesan principalmente los rasgos o características que distinguen a una persona de otra. En relación con los accidentes de tránsito revisten suma importancia dos aspectos de la personalidad: 1) la capacidad natural mental y física; 2) los conocimientos y aptitudes que determinan el modo de pensar y de sentir de las personas.

La personalidad se ve afectada también por muchos factores temporales, tales como intoxicación, medicamentos, fatiga, enfermedades, etcétera.

2. *La motivación.* Es un concepto psicológico que explica el porqué de un determinado comportamiento, y la razón por la cual se pregunta a menudo por el motivo de un determinado acto.

3. *La actitud.* Es pasible de ser definida como un modo más o menos permanente de pensar y sentir acerca de las cosas. Normalmente las actitudes se aprenden, y pueden ser buenas o malas para la conducción de vehículos, según se ajusten o no a las normas de seguridad. Algunas actitudes y motivaciones específicas que tienden a crear un clima de inseguridad en las calles y rutas pueden ser el exhibicionismo, la inseguridad y la conducción temeraria.

4. *La emoción.* La emoción o estado emocional es otro concepto que ayuda a explicar el comportamiento del conductor. Se podría definir como la manera de sentirse acerca de las cosas, ser agradable o no y poseer distintos grados de intensidad. En plena conducción puede degenerar en un comportamiento peligroso. El conductor puede verse afectado por diferentes clases de emociones: la pesadumbre, la ira y el temor.

Todos estos elementos influyen en la reacción o tiempo de reacción del conductor.

g) *El factor psicológico: distracciones, intoxicaciones, alcohol, monóxido de carbono, fatiga o cansancio.*— Una distracción puede provenir de algo que el conductor oiga, sienta, toque o piense, que aleja su mente y a veces su vista de aquello en lo que debe poner toda su atención, por ejemplo, una piedra que golpea en el parabrisas, encender un cigarrillo, carteles o anuncios publicitarios.

Ciertos productos químicos ingeridos por la persona, muchas enfermedades y la fatiga, exigen determinados esfuerzos en la mayor parte de los elementos de la personalidad, que son importantes para una conducción segura. Entre los distintos efectos se encuentran: el decaimiento de las fuerzas, el embotamiento de los sentidos, la lentitud de pensamiento o reflejo y sobre todo un control más difícil de las emociones. Dentro de los productos que producen intoxicación, podemos citar el alcohol, los narcóticos, las drogas que disminuyen o aumentan la capacidad cerebral, y el monóxido de carbono, entre otros.

Tampoco hay que descartar enfermedades tales como la diabetes, la epilepsia, dolencias cardíacas, etcétera.

El alcohol, aun ingerido en pequeñas dosis, entorpece la capacidad del conductor como para resolver problemas en el momento de la conducción. Las personas bajo la influencia de aquél están más propensas a sufrir accidentes. Una misma cantidad de alcohol afecta más a unos que a otros, e incluso una misma persona no acusa los mismos efectos en todos los momentos. Ello dependerá de la capacidad para absorber el elemento con más lentitud o para quemarlo en el cuerpo con mayor rapidez (también depende de la ingesta previa, su condición física, etcétera).

Este elemento afecta las emociones y reduce la capacidad para tomar decisiones correctas o anticiparse a situaciones peligrosas. La persona da rienda suelta a sus emociones, parece estar menos cohibida y en estado eufórico, al menos en los primeros momentos; posteriormente, se reduce la agudeza visual y la capacidad para distinguir los colores, sobre todo cuando el alcohol se combina con otros tóxicos, como el monóxido de carbono.

1. *Límites de alcoholemia reconocidos.* La cantidad de alco-

hol en la sangre no tiene más que un valor indicador, y sólo constituye un elemento de diagnóstico legal, el cual debe tener en cuenta todos los datos de información y las indicaciones siguientes:

Alcoholemia inferior a 0,5 centímetros cúbicos ‰ (0,37 g) = intoxicación inaparente.

Alcoholemia comprendida entre 0,5 y 2 centímetros cúbicos ‰ (0,37 a 1,5 g) = presunción de trastornos tóxicos más o menos graves.

Alcoholemia superior a 2 centímetros cúbicos ‰ (0,15 g) = borrachera en la mayoría de los casos.

No hay que atribuir todos los actos anormales del conductor a los efectos del alcohol. Existen algunas otras condiciones que pueden provocar un comportamiento similar a los que produce la intoxicación por alcohol, como por ejemplo, ataque epiléptico, coma diabético, etcétera.

2. *Monóxido de carbono.* En el caso de un conductor de vehículos la intoxicación por monóxido de carbono (CO) puede provenir de los escapes de gas del rodado o bien del humo excesivo del cigarrillo mientras se conduce con las ventanillas cerradas. Los síntomas varían con las personas y su absorción conduce a mareos, dolor de cabeza, debilidad, dilatación de las pupilas y rigidez muscular.

3. *Fatiga o cansancio.* La fatiga o cansancio, producido por largos viajes o por tareas excesivas antes de la conducción, puede provocar un accidente, ya que quienes lo padecen pueden acusar pobre discernimiento de las cosas, torpeza, doble visión, habla dificultosa, falta de coordinación, reflejos muy lentos, audición disminuida, etcétera.

h) *Accidentes por imprevistos (enfermedades).*— Dentro de los numerosos accidentes por imprevistos que guardan relación con enfermedades, podemos sintéticamente citar los siguientes:

1. *Dolencias cardíacas.* Suelen ocurrir con más frecuencia en personas de cierta edad o de peso excesivo. En ocasiones el ataque cardíaco va acompañado de dolor, náuseas, vómitos, desvanecimiento, etcétera.

2. *La epilepsia.* Es una afección del sistema nervioso. Se presenta en forma de convulsiones, pérdida momentánea del sentido, caída, etcétera.

3. *La diabetes.* Los ataques se caracterizan por una excesiva sed, pérdida de las fuerzas y mucho apetito. Cuando se produce el coma, va precedido de dolor de cabeza, irritabilidad, vómitos y dolor abdominal.

i) *Cinturones de seguridad.*— Los cinturones de seguridad continúan ganando el reconocimiento de ser la medida más efectiva de protección personal, disponible para reducir o prevenir lesiones en casos de accidente.

El mismo, correctamente instalado y ajustado luego de su pertinente aprobación, puede reducir la gravedad de la lesión, evitando que la persona se golpee contra el interior del vehículo o que sea lanzado fuera de él.

Cuando un rodado choca de frente, el o los pasajeros resultan impulsados hacia adelante a la misma velocidad que la que poseía el vehículo al momento del impacto. El cinturón de seguridad mantiene sujeto a quien lo porta a fin de aminorar la violencia de la detención brusca. También brinda mayores posibilidades de mantener al individuo consciente y, por ende, más capacitado para poder escapar del peligro.

Los cinturones suelen estar contruidos con dos o más cintas de tejido muy resistente, de longitud adecuada y sujetas mediante bridas a los anclajes convenientemente dispuestos en la carrocería.

Los hay de diversos tipos:

Abdominales: poseen distintos puntos de sujeción al suelo.

Bandolera: sujetan transversalmente el tórax; van fijados a un punto del suelo y el otro a un parante central.

Combinados: sujetan combinando los dos anteriores.

Combinados de cuatro y seis puntos: sujetan el abdomen, los hombros y las piernas mediante diferentes puntos de fijación (ejemplo: pilotos de aviones).

Todos los cinturones mencionados pueden poseer sistema de enrollamiento automático.

Se denominan *inerciales* aquellos con sistemas que permiten

desarrollar movimientos lentos, pero que se bloquean cuando se produce un desplazamiento violento del cuerpo hacia adelante (frenada, desaceleración brusca, etcétera).

Por lo general todos ellos deben resistir 2300 kg a la fuerza de tracción.

j) *Falta de visibilidad*.— Suele ser motivo de accidentes el hecho de no tener buena visión de lo que está aconteciendo, a una distancia prudencial, de forma tal de poder concretar con éxito una determinada maniobra.

La falta de visibilidad puede obedecer a diversos factores, entre ellos:

—suciedad en el parabrisas;

—parabrisas mal pulido o rayado.

Ambas situaciones conllevan a la anulación total o parcial de la visión, o bien a la visión deformada o desvirtuada de la realidad en imágenes. Lo mismo ocurre con los espejos retrovisores y las lunetas.

k) *Encandilamiento*.— Este punto obviamente debe ser tenido especialmente en cuenta durante la circulación nocturna. El empleo innecesario de las luces de largo alcance provoca en quien circula en sentido opuesto, una especie de ceguera momentánea, período en el cual el conductor afectado circula una determinada cantidad de metros sin plena conciencia de la trayectoria real. Ello se verá influenciado por la velocidad, la intensidad lumínica de los faros y el tipo de protección del parabrisas o anteojos del conductor.

l) *Condiciones meteorológicas-visibilidad reducida*.— Los factores de mención guardan relación directa con los accidentes de tránsito. En los días o estaciones de tiempo lluvioso o con neblina éstos recrudecen, ya sea por falta de responsabilidad con respecto a la velocidad o deficiencia en los neumáticos.

El estado atmosférico y la oscuridad no obstruyen la visión en la misma proporción que los objetos sólidos, pero reducen la visibilidad, vale decir, disminuye la distancia a la que los objetos pueden verse. A menor distancia mayor peligro. En estos casos, los accidentes guardan relación directa con el conductor y el pavimento.

ll) *La niebla y el humo.*— Son similares a la oscuridad, dado que en la mayoría de los accidentes en que se encuentran presentes tales factores, la causa es el exceso de velocidad. La niebla, y aun más el humo, aparecen y desaparecen con mayor rapidez que la oscuridad.

La niebla cuando es densa y continua es menos peligrosa que cuando alterna con claros y lo mismo ocurre con el humo. Estos claros suelen producirse en lugares de poca altitud.

m) *La lluvia y la nieve.*— Mientras caen, disminuyen la visibilidad del mismo modo en que lo hacen la oscuridad y la niebla. A ello habrá que sumarle el hecho de que los cristales de parabrisas, luneta y ventanillas, se empañan, reduciendo a muy escasos metros la visión exterior.

n) *Señalización.*— Toda condición que reduzca la visibilidad dificultará asimismo la lectura de las señales del camino. Ello ocurre sobre todo cuando la niebla, lluvia, nieve, etc., se combinan con la oscuridad. La visibilidad de señales o marcas resulta más afectada que la de los semáforos, ya que ésta penetra a través de la lluvia o niebla.

La nieve, la lluvia, la niebla, y el humo, reflejan la luz de los faros frontales (retroreflexión) sobre los propios conductores, limitándoles aun más la visión.

2. LA VELOCIDAD COMO CAUSA DE ACCIDENTE

El papel de la velocidad en los accidentes de tránsito es motivo de frecuentes discusiones, de allí que merezca una atención especial. Sin velocidad no habría movimiento y sin éste no se producirían accidentes.

Obviamente la velocidad es entonces un factor importante y cuanto mayor sea su valor más grave será el accidente. Con excepción de ciertos trayectos prolongados en rutas o caminos con escaso o nulo tránsito vehicular, la velocidad no se mantiene constante si-

no que va variando, pero tanto los parámetros bajos como los altos pueden generar accidentes.

Con un rodado a alta velocidad resulta imposible tomar varias curvas en la misma forma o con la misma intensidad, ya que cada una posee un radio de curvatura y/o un peralte (mayor elevación de la parte externa de la curva en relación con la interna) y/o un factor de adherencia en la superficie del pavimento, diferentes. Al combinarse estos elementos condicionan la velocidad del vehículo y su capacidad de seguir la curva manteniéndose dentro de la calzada, sin dejar de tomar en cuenta el centro de gravedad del automotor, y el hecho de que si éste es elevado, será más propenso al vuelco.

De noche y en una ruta, la distancia a la que puede verse el peligro se limita a la luz que proviene de los faros delanteros, causa por la cual la velocidad segura o límite para no provocar accidentes quedará subordinada a dicho haz luminoso.

Tal como se dijo anteriormente, la baja velocidad también puede ser causal de accidentes. Donde se circula de prisa y no existe razón aparente para no hacerlo, la velocidad presentará un problema inesperado, especialmente en horas diurnas. La marcha segura es totalmente diferente al límite impuesto por la ley. La primera es la que se ajusta a los peligros potenciales o posibles del camino y a las características del tránsito con que se encuentre el conductor. Ella se ve afectada en cierta forma por la visibilidad, que puede reducirse por causa de oscuridad, neblina o humedad, así como por el factor de adherencia del camino o pavimento, que igualmente puede reducirse debido al agua, nieve, hielo u otros elementos.

3. *TIEMPO Y DISTANCIA DE PARADA*

Distancia de parada es la que necesita el automóvil para detenerse totalmente luego de aplicados los frenos, en caso de emergencia. Es el cálculo en metros sobre la base del sistema de frenos, buen estado de cubiertas y pavimento normal, considerando que el conductor se encuentra en perfecto estado físico y psíquico.

Existen dos tramos que recorre el vehículo: el primero es el espacio de desplazamiento desde que el conductor percibe el peligro (a través de alguno de sus sentidos), llega a la mente, es transmitido por ésta al sistema nervioso y, a través de las fibras nerviosas a los

músculos, resultando como consecuencia el accionamiento del pedal de frenos. A ello lo llamaremos *período de reacción del conductor*.

El segundo tramo es la distancia recorrida por el rodado luego de haberse accionado el pedal de frenos, hasta detenerse completamente. A continuación se detallan las distancias promedio que recorre un vehículo desde la primera percepción del peligro, hasta detenerse completamente, a distintas velocidades, tomando en cuenta como tiempo de reacción del conductor el de 0,72 segundos.

—Circulando a 20 km por hora, desde que percibe el peligro hasta que acciona el pedal de frenos, siempre considerando como tiempo de reacción para todos los kilometrajes el de 0,72 segundos, recorre 4 metros, y desde el momento en que acciona el pedal de frenos hasta que se detiene completamente, otros 4 metros. Es decir que en total se recorren 8 metros.

—Circulando a 30 km por hora, en el período de reacción recorre 6 metros y desde que presiona el freno hasta detener el vehículo 8 metros, lo cual arroja un total de 14 metros.

—Circulando a 40 km por hora, el tiempo de reacción es recorrido en 8 metros, y hasta detener el rodado 14 metros, lo que hace un total de 22 metros.

—Circulando a 50 km por hora, tendremos 10 metros para el tiempo de reacción y 21 metros para la detención. Total 31 metros.

—Circulando a 60 km por hora, se recorren 12 y 32 metros, respectivamente. Total 44 metros.

—Circulando a 70 km por hora los valores serán 14 y 44 metros. Total 58 metros.

—Circulando a 80 km por hora resultarán 16 y 56 metros. Total 72 metros.

—Circulando a 90 km por hora, los valores darán 18 y 70 metros. Total 88 metros.

—Circulando a 100 km por hora, tendremos 20 y 85 metros. Total 105 metros.

4. REACCIONES DEL CONDUCTOR

Cuando hablamos de tiempo de reacción nos referimos al que tarda el individuo después de percibir el peligro, para decidir qué debe hacer y actuar en consecuencia. Este tiempo es utilizado por:

a) los órganos sensoriales, sobre todo los ojos, para captar la situación o el estímulo;

b) la mente, para considerar lo que debe hacerse respecto de la situación creada;

c) el sistema nervioso, para llevar el mensaje de la mente a los músculos;

d) los músculos, para comenzar a moverse en la reacción.

A este tiempo de reacción del individuo habrá que sumarle otro adicional para realizar los movimientos destinados a controlar el rodado antes de que éste responda a los deseos del conductor. Los valores promedio del tiempo de reacción son:

— En una persona muy hábil, concentrada en la conducción del móvil, sin ningún tipo de problemas físicos, anímicos o afectivos, entre 0,3 y 0,4 décimas de segundo (existen muy pocas personas en estas condiciones frente a un volante).

— En una persona normal, entre 0,7 décimas de segundo y 1 segundo.

— En una persona problematizada, sin ganas o molesta para el manejo, excesivo tránsito, fácil irritabilidad, etc., entre 1,7 y 2 segundos.

La reacción no es en si una característica independiente, sino que está constituida y afectada por todos los elementos de la personalidad. Depende de las condiciones físicas y psíquicas, de los conocimientos, de la habilidad y de las aptitudes. Puede que conduciendo, una reacción rápida sea menos importante que una reacción correcta.

El juicio instantáneo puede llevar a una rápida reacción simple que es la más corriente, pero tal vez no la adecuada, porque la situación exige cierta discriminación. A medida que el sujeto va adquiriendo mayor pericia con la práctica, adquiere al mismo tiempo hábitos de reacción y respuesta más rápidos en situaciones que antes le exigían reacciones discriminatorias más lentas. El tiempo de reacción incluye, pues, el requerido para captar la situación después de verla, oírla o sentirla. En igualdad de condiciones, es preferible una reacción rápida a otra lenta, pero a veces las personas reaccionan con rapidez erróneamente, sin tiempo para corregir sus errores antes de que se produzca el accidente.

El tiempo de reacción es un importante elemento a tener en cuenta en la reconstrucción del accidente; su cálculo indicará la distancia recorrida a una velocidad determinada, a partir de un punto

de percepción y antes de aplicar los frenos. También se ve afectado por muchos factores, tales como la emoción, la ira, el temor, la pesadumbre, etcétera.

Se conocen cuatro clases de reacciones basadas en la cantidad de reflexión necesaria. Cuanto menor sea dicha reflexión, más breve será la reacción; éstas son:

a) *Reacción refleja*.— Son en su mayoría instintivas y requieren un tiempo mínimo porque no implican meditación.

b) *Reacción simple*.— Son las más corrientes, dado que el conductor las espera y sabe lo que tiene que hacer si se presenta la contingencia, ejemplo: cuando se coloca la luz roja, aplicar el freno y detener el rodado.

c) *Reacción compleja*.— Aquí cada uno de los distintos estímulos pide la respuesta adecuada entre las posibles, ejemplo: una señal con las luces que le indiquen al conductor que adelante tiene que girar hacia uno u otro lado o aminorar la marcha, etcétera.

d) *Reacción discriminatoria*.— Ocurre cuando un conductor se ve obligado a elegir entre dos o más alternativas que no son las habituales, ejemplo: decidir si ubicarse a la derecha o izquierda de un rodado que zigzaguea entre dos carriles. Ésta es la más lenta de todas, pues es complicada.

5. CALLES EN MAL ESTADO

Los caminos o calles en mal estado pueden producir accidentes, ya que un bache en un lugar no esperado ocasiona una reacción de movimientos bruscos en el volante de dirección como para salvar la contingencia acaecida, pero esta reacción brusca muchas veces lleva a impactar con otro vehículo que circula en el mismo sentido o en sentido opuesto, como también atropellar a un peatón.

Si se reacciona y discierne que la maniobra de esquivar el pozo puede ser peligrosa, ya que la afluencia del tránsito es intensa, y se opta por seguir y tomar el mencionado bache, en el momento de transitarlo y de acuerdo con sus dimensiones, profundidad y la velocidad que se esté desarrollando, se puede producir una colisión por pérdida de estabilidad del móvil, o rotura en el sistema de dirección o suspensión.

Similares inconvenientes ocasionan, en rutas, calles o caminos, la falta o el hundimiento de las tapas de bocas de desagüe o cualquier protuberancia inesperada dentro de los carriles de circulación.

6. *REGLAMENTACIÓN DE TRÁNSITO*

El “reglamento nacional de tránsito y transporte. Sistema nacional de antecedentes del tránsito. Educación vial. Condiciones de trabajo, medicina, higiene y seguridad en el trabajo de los conductores de autotransporte público de pasajeros por camino”, establece normas de seguridad y circulación de los vehículos, cualquiera que sea su tipo, en todo el territorio de la República Argentina.

7. *NOCIONES SOBRE PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN Y FRENOS*

a) *Dirección.*— Para variar la dirección de un vehículo en marcha debe cambiarse la orientación de las ruedas delanteras, siendo necesario para ello contar con un mecanismo cuya misión sea la de orientar tales elementos conforme el movimiento que se le imponga al volante de dirección. Este movimiento o giro del volante llega a las ruedas a través de la columna de dirección, en cuya terminación se encuentra una caja (caja de dirección) que contiene dos piezas elementales llamadas sectores sinfín, que transforman un movimiento giratorio en un desplazamiento longitudinal respecto del eje de su chasis (por medio de un brazo comúnmente llamado *Pitman*). Dicho movimiento es comunicado a ambas ruedas por in-

termedio de barras cortas y largas, según los distintos sistemas; dichas barras poseen en cada extremo un movimiento o rótula para permitir realizar su cometido con eficacia.

Según los distintos sistemas de dirección se pueden encontrar variados tipos de montaje con respecto a sus piezas constitutivas, ejemplo: sector y sinfín, sinfín y rodillo, de palanca y leva, a cremallera, etcétera.

También existen las llamadas direcciones asistidas, o servodirección, que tornan más liviano y cómodo el manejo; cajas automáticas de cambio de velocidades, etcétera.

—*Fallas en el sistema de dirección:* Las fallas más comunes en el sistema de dirección son:

- *Dirección dura:* la dureza de una dirección se ve sobre todo en marcha moderada y las causas pueden ser las siguientes: presión de cubiertas demasiado baja; falta de engrase en la caja de dirección y extremos; sistema de suspensión vencido; inclinación desigual en las ruedas (falta de alineación); barras de dirección torcidas o forzadas.

- *Vehículo circulando en línea recta tiende a desplazarse hacia un lado:* las causales pueden ser: desigualdad del inflado (presión) de neumáticos (generalmente si se suelta el volante del vehículo tenderá a ir para el lado del neumático de más baja presión); desgaste desparejo de ambos neumáticos delanteros; exceso o falta de convergencia; sistema de suspensión vencido hacia un lado.

- *El volante de dirección presenta demasiado juego:* es conveniente un pequeño juego del volante de dirección, pero si es excesivo, puede ser peligroso. El juego normal de giro de volante es de 2 a 3 cm, pero si tiene más de 6 cm el sistema necesita una reparación. El juego excesivo puede ser producido por el desgaste de un sector de la caja de dirección o también de las articulaciones o extremos. Es causal de una dirección inestable en la marcha.

- *Vibración del volante de dirección a velocidades medias y altas:* estas vibraciones o trepidaciones del volante de dirección a determinadas velocidades, son debidas al juego excesivo de los extremos de dirección o de pernos y bujes de punta de eje; también pue-

den originarse en desgastes de los bujes de fijación de las parrillas de suspensión delanteras.

b) *Frenos*.— Para detener o aminorar la marcha de un vehículo se necesita la aplicación de una fuerza que se obtiene por un sistema denominado de frenos. Consiste en la aplicación de una superficie fija (zapatas) contra un tambor giratorio (campanas). Dicho frotamiento hace contener el giro de la parte móvil del tambor. Los tambores giratorios suelen estar ubicados en las ruedas de los vehículos, aunque en algunos casos se encuentran a la salida de la caja de velocidad (tracción delantera).

Para hacer actuar este sistema (o sea la fuerza frenante) es necesario tener un sistema mecánico o hidráulico que por medio de varillas o cables muevan las zapatas, bloqueando las campanas. Dicho movimiento también puede ser concretado en forma neumática.

El sistema hidráulico consta de un pedal de freno, una bomba principal, un sistema de cañerías para las cuatro ruedas, un juego de dos cintas o zapatas por cada rueda, con su correspondiente cilindro y dentro de éste dos émbolos o pistones y líquido especial para frenos. El funcionamiento en forma genérica es el siguiente: al oprimir el pedal de frenos y por intermedio de un vástago, se mueve un pistón que se desliza dentro de un cilindro que comprime un resorte (bomba de freno); en todo ese recinto, cañerías y cilindro de rueda, existe líquido. Cuando el pistón en su recorrida comprime el resorte también lo hace con el líquido, elevando la presión dentro del sistema; esa elevación de presión es transmitida a toda la tubería, llegando a los cilindros de freno que se encuentran en las ruedas tanto delanteras como traseras.

Dicha presión obliga a los émbolos de cilindros de rueda a separarse; al encontrarse los mismos en contacto con las zapatas, éstas se oprimen enérgicamente contra los tambores o campanas, produciendo su propia detención o disminución del giro. Al soltar el pedal de freno, el resorte que tiene adentro la bomba maestra y que enfrenta al pistón lo hace volver a éste a la posición de reposo, cesando la presión en el circuito, con lo que se recupera el líquido enviado hasta las ruedas; ello se debe a que al cesar la presión que ejercía el pistón sobre el líquido en la bomba maestra, los muelles o resortes de las zapatas presionan hacia adentro a éstas, provocando el retorno del líquido al depósito de la bomba; producién-

dose de esta manera el desbloqueo de las zapatas contra las campanas.

—*Fallas en el sistema de frenos:*

- *Los frenos actúan con debilidad:* las causas son aire en las cañerías de freno y cintas inadecuadas.

- *Se nota el pedal blando o con mucho recorrido; pero si se acciona varias veces, se endurece y realiza el frenado:* las causas son zapatas desgastadas o con falta de regulación; cilindro de bomba maestra desgastado con su correspondiente pistón; grasitud en las campanas o en las cintas de freno.

- *Pérdida del líquido de frenos:* fuga por los niples de acople debido a un mal ajuste o que su junta se encuentre en mal estado; rotura de su cañería o flexibles; fuga por las cubetas de freno (por encontrarse desgastadas porque el líquido de freno la haya atacado o corroído).

- *Pedal de freno duro y sin eficiencia de frenado:* vástago de bomba atascado o pistón de bomba atascado; cañerías obstruidas; pistones de los cilindros de ruedas atascados; cintas de freno cristalizadas.

- *Al frenar el vehículo se desvía hacia un lado:* esto ocurre cuando una rueda frena más que la otra; una cinta de freno empastada por grasa o material similar; un cilindro de rueda trabado por óxido, etcétera.

8. VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA VEHÍCULOS

a) *Rotura del parabrisas.*— La cantidad de parabrisas destruidos por una piedra (la mayoría de las veces proyectadas por las ruedas de otro vehículo), otros objetos o como resultado del choque entre rodados, es extremadamente elevada. Es indiscutible que la explosión del parabrisas en un rodado que lleva una determinada velocidad, provoca la pérdida temporaria de la visibilidad y la frecuente expulsión de fragmentos en el interior del habitáculo, gene-

rando la posibilidad de graves accidentes. Todo ello sin considerar las eventuales heridas por fragmentos proyectados en el rostro y ojos del conductor y acompañantes.

b) *Vidrios de seguridad*.— Todos los vidrios de vehículos motorizados, incluyendo los laterales y traseros, deben ser de seguridad, pero el delantero (parabrisas) presenta una importancia muy particular pues, más que los restantes, es muy susceptible a ser sometido a choques violentos.

Un vidrio es llamado de seguridad cuando cumple las siguientes condiciones:

- garantiza una buena visibilidad, incluso cuando está roto;
- protege a los ocupantes del vehículo contra los riesgos de lastimaduras por su explosión;
- opone una barrera eficaz contra todo objeto proyectado desde el exterior;
- en el momento de un choque, no hiere a los ocupantes del vehículo que se proyectan contra él;
- asegura una protección constante contra los elementos naturales;
- impide que los ocupantes sean expulsados.

En los últimos años sólo dos tipos de vidrio de seguridad han logrado imponerse: el templado y el laminado.

1. *Vidrio templado*. Envejece muy bien, no se deteriora con el tiempo, es poco sensible a las abrasiones dada su dureza y se fragmenta sólo por causa de choque, en trozos poco puntiagudos y generalmente de tamaño reducido.

Su homogeneidad y composición hacen que deforme poco las imágenes pues se comporta como una lámina de caras paralelas de poco espesor. Además, no adultera los colores.

Su empleo limita los riesgos de conmociones cerebrales graves.

No obstante lo expresado, tiene mala resistencia a los choques exteriores; la rotura del parabrisas por impacto exterior es acompañada de una explosión y una brusca pérdida de la visibilidad, lo que a menudo ocasiona el enfrentamiento del conductor con los riesgos imaginables de pérdida de control del vehículo. Si la velocidad es elevada hay proyección de fragmentos sobre los ocupantes y a menudo en sus ojos. En caso de accidente ofrece poca resistencia, lo

que incrementa la posibilidad de expulsión total o parcial de los ocupantes de adelante. Esta expulsión es generalmente parcial, la cabeza choca contra el parabrisas, lo atraviesa, luego el tórax se apoya sobre el tablero y la cabeza cae nuevamente sobre la zona donde se encuentran los restos de vidrios del parabrisas. Esta nueva caída engendra las heridas más graves: un ancho y profundo corte que puede alcanzar ya sea la cabeza, con riesgos de lesión ocular, ya sea el cuello con riesgo de tocar el paquete vascular nervioso carótido.

2. *Vidrio laminado.* Se obtiene mediante el pegado de dos hojas de vidrio con una hoja delgada de plástico. El estándar posee una lámina de polivinil butiral de doble espesor (0,76 mm).

El de alta resistencia resulta de mejor resultado para los impactos exteriores; una piedra no puede perforarlo, a lo sumo podrá rajarlo sin desarmarlo. No existen pues pérdida de visibilidad ni riesgos de que penetren objetos del exterior, luego del impacto. En caso de choque por velocidades inferiores a los 60 km por hora, el riesgo de heridas en la cabeza es ínfimo; a lo sumo se limitan a algunas cortaduras sin gravedad en el rostro; los riesgos de conmoción también son menores.

Sin embargo, el ángulo cabeza/parabrisas tiene una importancia muy grande en el valor de desaceleración, permitiendo o no el deslizamiento de la cabeza sobre el parabrisas.

A pesar de sus cualidades mecánicas superiores a las del vidrio templado, el laminado es incapaz de eliminar el riesgo de heridas graves cuando el choque es demasiado violento, especialmente cuando no se fragmenta. Sus cualidades ópticas también son ligeramente inferiores y sus características mecánicas varían de acuerdo con la temperatura.

Todos los vehículos de competición están equipados con parabrisas de vidrio laminado.

Una de sus virtudes es que a grandes desaceleraciones e impactos, el parabrisas es expulsable.

9. *NEUMÁTICOS*

El conjunto neumático para automotores está constituido por cubiertas con cámara o sin ellas, montadas sobre llantas metálicas

e infladas a una presión superior a la atmosférica, con límites particulares para ambos casos. Los factores que hacen a la seguridad de un neumático son los tratados a continuación:

a) *La seguridad intrínseca.*— El neumático sufre durante su rodamiento esfuerzos y deformaciones que se repiten cíclicamente, pudiendo eventualmente producir su rotura. Debe por lo tanto tener una resistencia a la fatiga que supere la duración de la banda de rodamiento de la cubierta consumida por abrasión. La técnica actual de fabricación de cubiertas ha superado este requisito ampliamente, permitiendo en ciertos casos su reconstrucción más de una vez. Los neumáticos modernos difícilmente presentan fallas que comprometan la seguridad del vehículo.

Desde el punto de vista de la seguridad hay dos funciones del neumático que interesan: la tracción y la dirección. La primera gobierna la capacidad del vehículo de acelerar y frenar; la segunda afecta la maniobra y la estabilidad.

b) *La correlación vehículo-neumático-conductor.*— La función del neumático como componente importante del automotor, está íntimamente afectada por el vehículo. Este debe estar diseñado para la función que cumple, es decir tener la capacidad necesaria para la carga prevista y una carrocería correcta y bien equilibrada. El buen diseño evita excesos de carga y la distribución incorrecta de los esfuerzos del neumático.

Los neumáticos deben ser los correctos para el uso y las cargas previstas por el diseñador del vehículo. De ahí en adelante comienza la responsabilidad del operador (propietario, encargado y conductor). El buen estado mecánico del automotor es imprescindible para el comportamiento adecuado de los neumáticos. Los elementos de la dirección, suspensión y frenos afectan en forma notable la capacidad de seguridad de aquéllos; por ejemplo: un amortiguador en mal estado al no cumplir su función, hace que el neumático pierda contacto continuado con el suelo, e impide mantener la estabilidad del rodado.

El conductor debe conocer las limitaciones de velocidad permitida a los neumáticos y las diferencias que se producen en las características de *tenida* de los mismos con las variaciones de las condi-

ciones atmosféricas y tipos de camino. Cuando sobre el camino aparecen situaciones particulares como agua, hielo o aceite, la adherencia del neumático declina rápidamente, siendo por ello fundamental que el conductor adecue su conducción a las posibilidades reales de aquél.

c) *Mantenimiento y estado de conservación.*— La mejor manera de evitar accidentes por causa de los neumáticos es previniéndolos mediante un mantenimiento constante. El mismo se inicia con la revisión periódica de la presión de inflado y de su superficie externa para detectar cortes o irregularidades en la forma de aquel que puedan indicar roturas internas.

Esta revisión siempre debe incluir la llanta. Cuando en la misma se aprecia cualquier deformación, debe desarmarse el conjunto inmediatamente y asegurarse el buen estado interior.

Otro detalle importante es saber cuándo deben retirarse las cubiertas de su uso (desgaste del dibujo). Existen diferentes etapas de desgaste. La banda de rodamiento de la cubierta tiene un dibujo en cortes, hendiduras y relieves, cuyo objeto es mejorar su adherencia sobre la superficie del camino, especialmente cuando el suelo está mojado o tiene una superficie resbaladiza. Al iniciarse el desgaste, la efectividad del dibujo disminuye; la misma es constante y se reduce a cero con la cubierta lisa. Resulta pues responsabilidad del conductor conocer que la *tenida* disminuye por el desgaste, debiendo, consecuentemente, reducir la velocidad, especialmente en caminos mojados.

Diversos países han fijado un límite que se considera razonable con respecto a la profundidad del dibujo, debajo del cual el neumático no debe circular por la vía pública. Este límite tiende a evitar asimismo los riesgos por pinchaduras, cortes y daños en general.

Los reventones ocurren solamente como resultado de accidentes o por recalentamiento debido a excesos de velocidad, cargas con presiones de inflado incorrecto o ensamblado en llantas inadecuadas o defectuosas. Las cubiertas lisas son obviamente más propensas a sufrir deterioros, en un orden de 50 veces más que las nuevas. En las que poseen 1,5 mm de profundidad de dibujo, este orden es de 18 veces; a partir de este valor y si lo reflejáramos en un gráfico, la curva crece rápidamente.

d) *Desgaste de neumáticos.*— 1. *Delanteros.* Las causas pueden ser: inflado incorrecto (presión insuficiente); convergencia incorrecta de las ruedas delanteras; bamboleo de los neumáticos, lo cual puede ser debido a neumáticos que no han sido bien montados, la llanta que no ha sido sujeta debidamente al neumático, ruedas torcidas, forzadas o mal montadas; curvatura inadecuada de las ruedas delanteras; excesivo uso de frenos en forma brusca; los frenos de las ruedas delanteras arrastran; los neumáticos tienen una excentricidad excesiva, y el grupo de puntas de eje está desequilibrado.

2. *Traseros.* Las causas prematuras pueden ser: neumáticos con poca presión; ruedas traseras desalineadas, lo cual puede deberse a eje trasero torcido o roto, avería en la suspensión, la suspensión trasera no es del tipo adecuado, parte posterior del chasis torcida o rota; las ruedas están torcidas o bambolean debido a tuercas de fijación flojas, deformación de la llanta o de la rueda, eje torcido o forzado; la rueda trasera está floja en su eje; el cubo de las ruedas traseras no ajusta bien en el eje; uso innecesario de los frenos en forma violenta; exceso de velocidad del vehículo, especialmente en las curvas; la banda de rodamiento no es concéntrica con la rueda; conjunto de la rueda desequilibrado.

e) *Factor de adherencia.*— Es la cantidad de fuerza que un pavimento ejerce sobre el neumático de una rueda en relación con el peso que soporta dicha rueda. Se expresa generalmente en fracción decimal. Por ejemplo: si una rueda presiona sobre el camino con una fuerza de 1000 kg y la carretera produce sobre esta rueda una fuerza de 500 kg, el factor de adherencia será $500/1000 = 0,50$. Esta fuerza horizontal ejercida por el pavimento sobre el rodado, se manifiesta indistintamente cuando el mismo circula normalmente, cuando gira o cuando frena.

Es lo que hace que el vehículo cambie de velocidad y está determinado por las características de deslizamiento del revestimiento superficial del camino. El factor de adherencia con ruedas patinando es el coeficiente medio de fricción durante la patinada, ya que el coeficiente de fricción es la cantidad proporcional de fuerza nece-

saria para hacer resbalar un objeto a una velocidad uniforme sobre una superficie, a la presión de dicho objeto contra esa superficie.

El factor de adherencia para neumáticos que patinan está determinado principalmente por estos factores:

—*Material de la superficie de la carretera.*

—*Longitud de las huellas de la patinada:* Las huellas largas en carreteras secas y limpias acusan un factor de adherencia inferior a las producidas en forma corta. El coeficiente de fricción entre un neumático y la carretera disminuye a medida que progresa el deslizamiento, en razón de que el neumático se recalienta más por fricción producida en el arrastre.

—*Material del neumático:* Hay considerables diferencias en la clase o el tipo de goma o caucho con que se fabrican los neumáticos. Las cubiertas duran mayor o menor kilometraje debido a sus materiales (caucho duro o blando); con ello disminuirá o aumentará el coeficiente de adherencia del neumático.

—*Dibujo del neumático:* De acuerdo con el tipo de camino, el dibujo es muy importante, ya que de ello dependerá la mayor o menor tracción del rodado por su agarre.

—*Temperatura ambiente:* Tiene mucha importancia en la adherencia, ya que a una temperatura mayor las distancias de frenado se alargarán para una misma velocidad y peso.

—*Presión de inflado:* De ella dependerá la superficie de fricción contra el camino.

—*Peso del vehículo:* Influye mucho en las distancias de parada antes de que las ruedas queden bloqueadas, pero cuando éstas patinan sobre el camino el peso del vehículo cargado acusará una mayor presión incrementándose la temperatura y promoviendo una mayor patinada.

f) *Marcas de neumáticos.*— Para poder interpretar algunas de las marcas que dejan los neumáticos en las carreteras o calles

conviene tener idea de cómo se comportan los vehículos y neumáticos durante una acción de maniobra, para evitar un accidente o durante una colisión.

El contacto del neumático con el camino es normalmente una superficie de dos lados paralelos y rectos, de extremos redondeados. La superficie de rodamiento de aquél suele tener unas ranuras para hacerlo más flexible y permitir una entrada de aire para su refrigeración; generalmente estas ranuras están dispuestas en zig-zag, lo cual facilita la adherencia.

El neumático inflado normalmente, para soportar un peso determinado ejerce una misma presión en toda la zona de contacto, es decir que la marca que se efectuará en el momento de una frenada brusca será de todo el ancho de su banda de rodamiento.

En cambio, un neumático con baja presión o sobrecargado, acusa una deflexión, o sea un arqueamiento del centro de la banda de rodamiento, haciendo que los extremos de ésta reciban la mayor parte del peso.

Sintetizando diremos que las marcas que pueden aparecer en una frenada brusca indicarán:

—*Presión excesiva*: La banda de rodamiento apoyará sobre el camino en su parte central y no hacia sus bordes. La huella será más angosta que el ancho de la banda del neumático con presión de inflado correcta.

—*Presión baja*: La huella en sus bordes es intensa, pero hacia el centro no se notará o marcará, ya que la cubierta se arquea perdiendo el contacto con el camino.

—*Giro muy cerrado*: Si un vehículo gira con poco radio para su velocidad, o se trata de seguir una curva con velocidad superior a la que permite el trazado de la misma, la fuerza centrífuga tiende a empujarlo hacia el interior de la curva (el vehículo se inclina hacia el exterior y el peso sobre los neumáticos exteriores aumenta, disminuyendo en los interiores). Vale decir que en las curvas los neumáticos tienden a concretar el efecto de excesiva presión, ya que se liberan de peso (neumáticos interiores); los exteriores se comportan como si tuviesen muy baja presión, acusando además una deformación lateral pronunciada.

g) *Marcas y huellas de deslizamiento.*— Frecuentemente se confunde lo que es la marca que deja el neumático, con la huella de deslizamiento que produce un vehículo al ser frenado bruscamente.

En el lugar de un accidente puede distinguirse la marca de un neumático (sobre todo si hay rastros de líquidos u otros residuos) de la huella por frenado. En la primera van a existir ciertas y determinadas formas que son exactas al neumático. En la huella de frenado, aparte de aparecer en el pavimento la huella de la cubierta, existirá un arrastre de estas marcas por el bloqueo del neumático. De acuerdo con la forma que tengan estas huellas de frenado podremos, si las analizamos profundamente, determinar:

—dónde comenzó a frenar;

—dónde finalizó y qué dirección tomó el vehículo;

—si la totalidad de sus ruedas frenaron, o si lo hicieron en forma despareja;

—si existió desviación en el momento de la frenada, etcétera.

Lo hasta aquí expresado reviste el carácter de valioso para la determinación de velocidades.

10. *EL TACÓGRAFO*

El tacógrafo es un aparato que, colocado en un vehículo, registra en un gráfico una serie de datos relacionados con los desplazamientos del mismo.

Básicamente es una combinación de un velocímetro con un reloj, más un sistema de registro. Tiene el aspecto de un velocímetro y está destinado a reemplazar a éste en el tablero.

Además de la escala indicadora de la velocidad y del odómetro (indicador de los kilómetros recorridos), cuenta también con un reloj y una luz de alarma para indicar los excesos de velocidad. La tapa del tacógrafo contiene el mecanismo del reloj.

En el cuerpo del tacógrafo se encuentran los grabadores destinados a registrar las velocidades, los tiempos de marcha y parada, y las distancias recorridas.

El elemento indicado fue diseñado para su empleo en micros o colectivos de corta y larga distancia y su finalidad principal es el chequeo de los choferes en lo que atañe a velocidad, determinar la

misma en caso de colisión y su comportamiento con las reglas de tránsito.

11. SEÑALAMIENTO

a) *Señales de reglamentación.*— Son aquellas que notifican acerca de las restricciones que imponen las ordenanzas de tránsito sobre el movimiento vehicular, o sirven para instruir al usuario de la vía pública sobre lo que debe hacer. Sin ellas no podrían hacerse cumplir las normas que regulan el tránsito en su circulación y estacionamiento.

b) *Señales de prevención.*— Informan al usuario de la vía pública sobre la existencia de un peligro y la naturaleza de éste. Indican o llaman la atención del conductor acerca de la inminencia de un punto peligroso o accidente en el diseño del camino, el que requiere una mayor atención por parte del automovilista y que de otra manera podría no ser percibido.

c) *Señales de información.*— Se las utiliza para guiar al usuario hasta su destino, proporcionándole la información necesaria y útil para el desarrollo de su viaje.

12. DEMARCACIÓN HORIZONTAL

a) *Eje divisorio.*— Denomínase así a la doble línea amarilla de trazo continuo, que divide corrientes circulatorias de tránsito de sentido opuesto. El eje divisorio puede hallarse en el eje de la calzada o desplazado hacia un costado, cuando se trata de arterias con mano preferencial. No puede ser traspasado ni circularse sobre él. En arterias donde rigen alternativamente sentido único y doble sentido de circulación, en momentos de vigencia del primero tomará carácter de *línea de carril* y se considerará continua o discontinua, de acuerdo con el trazo de la línea de carril inmediata derecha.

b) *Línea de carril*.— Es la línea blanca o amarilla de trazo continuo o discontinuo, divisoria de las corrientes circulatorias de idéntico sentido. Será de trazo discontinuo en los sectores donde se halle permitido su traspaso para adelantarse a otro vehículo, seleccionar carril de giro, alternar la línea de marcha o para cualquier otra maniobra permitida, no pudiendo circularse sobre la misma.

La de trazo continuo implica la prohibición de trasponerla en todos los casos, como asimismo circular sobre la misma.

La de trazo amarillo continuo o discontinuo delimita el espacio para el uso exclusivo del transporte público de pasajeros. La línea de carril doble, una continua y otra discontinua, permite su traspaso exclusivamente en el sentido de la discontinua hacia la continua.

c) *Flechas*.— Son las marcas indicatorias de los sentidos de marcha que pueden adoptarse en la circulación. Las maniobras que indican las flechas son las únicas autorizadas a efectuar.

d) *Línea de borde*.— Es la línea blanca, de trazo continuo, que se demarca junto al cordón de la acera o en el límite de la calzada, separando la misma de la banquina.

e) *Línea de pare*.— Es la línea blanca de trazo continuo, transversal al sentido de la circulación. Indica la obligación de detener el vehículo antes de ser traspuesta por indicación de la autoridad competente, señalamiento luminoso, cruce de peatones, o en caso de hallarse ocupada la bocacalle.

f) *Senda peatonal*.— Es la zona o sector de calzada delimitada por dos líneas paralelas blancas, de trazo discontinuo, o indicada por franjas blancas paralelas al sentido de la circulación. La senda peatonal indica el sector de calzada destinado al cruce de peatones, estando prohibido a los mismos detenerse o esperar sobre la misma.

g) *Línea canalizadora*.— Es la línea blanca de trazo discon-

tinuo que encauza el tránsito de vehículos en intersecciones, giros, etc., de características particulares.

h) *Cocheras*.— Se consideran líneas delimitatorias de cocheras las líneas blancas de trazo continuo o discontinuo que limitan a las mismas entre sí, e indican la forma de estacionamiento.

13. **MARCAS EN EL PAVIMENTO**

a) *Línea longitudinal discontinua*.— Separa carriles de igual sentido de circulación. Puede trasponerse únicamente para adelantarse a otro vehículo, o para seleccionar el carril de giro.

b) *Línea longitudinal continua*.— Delimita el carril; no debe ser traspuesta.

c) *Líneas longitudinales dobles*.— Dividen las corrientes circulatorias y determinan el límite extremo izquierdo del sentido de circulación del tránsito. No deben trasponerse ni circular sobre las mismas.

d) *Senda peatonal*.— Los bastones transversales a la calzada o la doble línea paralela, indican la zona de cruce reservada para peatones.

e) *Flechas de guía*.— Establecen el sentido de circulación y anticipan los giros permitidos en la siguiente encrucijada.

f) *Señalamiento en curvas*.— Doble línea horizontal con trazos continuos y discontinuos en sus extremos. Quien circule del lado de la línea discontinua puede trasponerla, no así quien se halle inmediato a la línea continua.

g) *Líneas oblicuas*.— Anticipan la presencia de obstáculos o hacen las veces de construcciones físicas, canalizando las corrientes circulatorias. Está prohibido circular sobre las mismas.

h) *Cruce ferroviario*.— Demarcación complementaria de los indicadores verticales que destacan la presencia de una vía férrea.

14. OTRAS DEMARCACIONES HORIZONTALES

a) *Acceso a garaje*.— Denomínase demarcación de acceso a garaje a la línea blanca de trazo continuo que limita la zona de calzada inmediata al cordón, donde el mismo se halla rebajado y que contiene dos líneas diagonales blancas de trazo continuo.

b) *Sector de paradas*.— Es la línea amarilla de trazo discontinuo que limita la zona de calzada reservada para la detención de los medios de transporte de pasajeros.

c) *Paso a nivel*.— La demarcación de pasos a nivel (cruces de vehículos y vías férreas) consiste en una cruz de San Andrés, con las letras "FC", limitadas por dos líneas blancas de trazo continuo, transversales al sentido de circulación, ubicadas con la debida anticipación al paso a nivel y complementadas con una línea de "Pare", antes del mismo.

d) *Letras y números*.— Las letras y números de trazos blancos indican limitaciones, prevenciones, prohibiciones, excepciones e informaciones.

e) *Isletas*.— Denomínase isleta a la zona de calzada demarcada con líneas paralelas amarillas de trazo continuo en diagonal o "V",

con delimitación perimetral, que canaliza las corrientes circulatorias. La zona demarcada reemplaza a la plazoleta seca de idéntico fin.

f) *Cordones*.— Los cordones de las aceras se pintan de blanco para indicar su presencia, en caso de que puedan constituir obstáculos imprevistos a la circulación. Los pintados de color amarillo indican prohibición de estacionamiento durante las 24 horas. Los de color rojo indican prohibición de estacionamiento y detención durante las 24 horas, con excepción de la detención del transporte público de pasajeros, siempre que los mismos cuenten con el respectivo poste indicador de paradas en dicha zona de restricción.

15. RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES

La reconstrucción de los hechos ocurridos en los sucesos viales no puede ser considerada como perfecta y ha de estimarse entre un mínimo y un máximo, sobre la base de los muchos elementos que se han de tener en cuenta para extraer conclusiones. Pongamos como ejemplo la velocidad, cuyo valor resulta importantísimo para una correcta reconstrucción del evento. El resultado que se obtenga al respecto no puede nunca considerarse como exacto, sino que debe admitirse en el cálculo un posible margen de error.

Estos errores son inevitables; hay que tener en cuenta que muchos factores a estudiar han de ser obtenidos por aproximación. Así ocurre con los puntos de percepción posible y real, con el tiempo de reacción, con la eficacia de los frenos, con el coeficiente de adherencia del camino, con el estado de los neumáticos, etcétera. Todos estos elementos han de ser valorados por estimación.

Los accidentes no se originan por una sola causa sino por un conjunto de ellas, y en el supuesto de que las mismas se reproduzcan exactamente, el accidente se originará de igual forma. Estas circunstancias son las relativas al conductor, al vehículo, a la carretera y al tránsito (otros vehículos, peatones, etcétera). Al examinarse estos elementos puede llegarse no sólo a conocer cómo se produjo el accidente, sino también el motivo real que lo ocasionó. Es interesantísimo el análisis de las causas del accidente, puesto que se produce por la conjunción de una serie de elementos que independientemente no darían lugar al mismo, pero que en el momento de coin-

cidir dan como resultado lo siguiente: muchas veces se atribuye la causa del accidente a un determinado elemento, como por ejemplo el estado del camino; sin embargo, por el mismo punto han pasado cientos y cientos de vehículos y no se ha producido ni siquiera una situación de peligro. No obstante llega un momento en que una unidad ocasiona el accidente.

Lo expresado supone que la causa no ha sido en forma exclusiva el estado de la ruta, sino las condiciones especiales del vehículo o de su conductor. Una velocidad excesiva, un descuido en su conducción, una mala conservación de los neumáticos, habrán contribuido a que el suceso, hasta ahora evitado, se produzca.

Precisamente en este punto es cuando adquiere el mayor valor una buena reconstrucción del accidente y el análisis de la solución admitida, puesto que de aquélla se derivarán las afirmaciones que demostrarán que el accidente se produjo por una conjunción de factores que de no haber coincidido en el tiempo y en el espacio, no hubieran devenido en el siniestro.

En muchas ocasiones, una pequeña variación en las actitudes del conductor condiciona una alteración en su factor de seguridad. Ello es suficiente para que se produzca el hecho dañoso. Tras el conocimiento de los factores operativos que han participado en el accidente, reflejado en la reconstrucción, habrá de estudiarse la situación de los elementos intervinientes, hombres, vehículos, camino, para tratar de encontrar qué atributos de cada uno de ellos son los que se han requerido para que el accidente tuviera lugar y en qué proporción han intervenido.

El estudio de todos estos elementos y circunstancias darán como resultado un análisis del accidente que llevará a las siguientes conclusiones:

a) *Descartadas por erróneas.*— A veces los conductores de los vehículos accidentados afirman categóricamente determinados hechos, incluso con el apoyo de testigos inconscientemente falsos. Cuando se realiza el análisis del accidente, se comprueba que dichas afirmaciones no pudieron darse en ningún momento.

b) *Posibles.*— En oportunidades los hechos se relatan en forma tal que parece que pudieron desarrollarse de esa manera. En la reconstrucción podrá comprobarse si efectivamente pudo ser así o

no, y aunque habrá casos en que positivamente tendrá que afirmarse lo contrario, también existirán otros en que la situación se podrá admitir.

c) *Probables*.— Éstas serán las situaciones que se presentan con mayor frecuencia en la reconstrucción de accidentes. Como ya expresáramos, en todo trabajo de reconstrucción hay que admitir márgenes de error y posibilidades de acontecer, sin que esto suponga el menor menoscabo al interés de un estudio analítico de los hechos.

d) *Ciertas*.— Por más meticulosidad que preceda a la recogida de los datos y por mucho esmero que se ponga en su estudio, no se podrá afirmar que los hechos se produjeron exactamente como se deduce de la reconstrucción. Fuerzas imprevistas, reacciones anómalas que pueden condicionar movimientos, desplazamientos, destrozados, cuya interpretación resulta a veces incomprensible. No obstante puede haber casos de absoluta certeza.

La reconstrucción del accidente en el caso de dudas, favorece en lo posible al presunto inculpado, por exigencias del principio *in dubio pro reo*. Si la diferencia entre el punto de percepción real y el que afirma el inculpado es mínima, si las velocidades son aproximadas, si no hay constancia fehaciente, si no existen certezas absolutas de que los hechos se produjeron de manera distinta, siempre será preferible una valoración benévola de la responsabilidad.

Sin embargo, la reconstrucción del accidente puede demostrar también la mentira, la falsía de un conductor, su absoluto desprecio por las normas de tránsito, su temeridad, etc., y entonces puede caer sobre él todo el peso de la ley con el convencimiento jurídico y moral de que se condena al culpable, a un asocial, a un individuo que no merece llevar un volante entre las manos.

16. EL PERITAJE MECÁNICO

No hay duda de que los primeros en intervenir en un hecho culposos o dolosos vinculados con un suceso vial, son los peritos mecá-

nicos. Ellos estimarán velocidades en el momento de la colisión, fundamentándose en las deformaciones permanentes producidas en las zonas impactadas, los desplazamientos del o de los rodados, las distancias del frenado y las fallas mecánicas. Si estas fallas fueron la causal del accidente, previo examen del mecanismo del vehículo, determinarán si el conductor pudo o no haber previsto las mismas. De igual manera establecerán si los daños fueron producidos por golpe o choque con o contra cuerpos duros o blandos y si los mismos son de antigua o reciente data.

17. *EL PERITAJE FÍSICO-MATEMÁTICO*

El profesional especializado en este tipo de labor deberá ante todo estudiar con profundidad las constancias sumariales existentes sobre el hecho acontecido, para luego determinar, mediante ecuaciones físico-matemáticas, la velocidad del o los rodados en forma precisa y analizar la dinámica y cinemática de la mecánica del choque, teniendo en cuenta la trayectoria de los vehículos en el momento de la colisión. Establecerá además las distancias de frenado, la estabilidad de los vehículos, la influencia de los rodados en los accidentes y todo otro punto de interés para la causa judicial.

La información necesaria para los consecuentes análisis, normalmente deberán seguir el siguiente orden metodológico:

- posición geográfica del impacto, perfectamente referenciada;
- posición final del o los vehículos intervinientes en el suceso;
- longitud de las huellas de frenado, si las hubiera, pre y post-impacto, y sus características cualitativas;
- características del camino en el momento del accidente (granulometría), estado de conservación del mismo y presencia de agentes exteriores (musgo, aceite, arena, etcétera);
- estudio y análisis de las manifestaciones de las partes protagonistas y de los testigos;
- estudio y análisis del informe pericial del perito mecánico;
- estudio y análisis de las fotografías de los vehículos (cuanto más numerosas mejor);
- en caso de haber sido embestida una persona, posición de impacto y posición final de la víctima y del vehículo;
- plano del lugar del hecho, correctamente acotado.

Con los datos hasta aquí referidos pueden hacerse las siguientes determinaciones:

- a) mecánica del accidente;
- b) velocidad de los rodados;
- c) trayectoria seguida por los rodados pre y posimpacto;
- d) conos de visión de las intersecciones.

El estudio teórico posterior del frenado de los rodados y del correspondiente tiempo de reacción de los conductores, indicará la factibilidad de haberse evitado o atenuado las consecuencias del accidente en cuestión.

18. *DATOS CONOCIDOS Y NECESARIOS EN LA RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES*

La reconstrucción de un accidente de tránsito tiende a explicar, sobre la base de hechos conocidos, cómo sucedió el mismo. Hay cinco clases de estos datos, necesarios para la reconstrucción:

- itinerario según las versiones de los conductores intervinientes;
- detalles sobre los desperfectos de los vehículos o las lesiones de los peatones y su significado;
- marcas o huellas en la carretera, ruta, camino, etc., o en objetos fijos, y su significado;
- posición final de los rodados;
- principios científicos relacionados con la mecánica (que explica el comportamiento de los objetos en movimiento) y la psicología (que explica los tiempos de percepción y reacción de los conductores).

Para concretar una reconstrucción es necesario contar con la mayor cantidad de datos posibles, en lo que atañe a huellas de frenado, de desplazamientos, lugar geográfico del impacto, iluminación, situación atmosférica, etcétera. Las etapas en que se realiza tal reconstrucción son las siguientes:

- análisis y determinación de toda la cinemática y dinámica que conformó el desarrollo del accidente;
- determinación de las causas de visión máxima de los conductores;
- determinación de los conos de visión compatibles con la ve-

locidad y referidos a distintas secuencias de tiempo en segundos, antes del punto de impacto.

En todos los casos resulta de fundamental importancia el relevamiento fotogramétrico a corta y larga distancia, ya que permite el almacenamiento de información sobre cada hecho en particular y viabiliza la repetición y evaluación planimétrica del suceso, cuando así sea necesario.

19. INTERROGANTES PERICIALES MÁS FRECUENTES

- a) Determinación de las velocidades de los vehículos.
- b) Tiempo de detención en función de la velocidad.
- c) Distancia de frenado en función de la velocidad y/o tiempo de reacción de los conductores.
- d) Velocidad límite para una curva y vehículo determinados.
- e) Velocidad máxima alcanzada por el vehículo interviniente dentro de una distancia dada, partiendo del reposo o en movimiento.
- f) Factibilidad de vuelco según esquemas accidentológicos.
- g) Cálculo de la posible velocidad de impacto hasta su anulación, habiéndose aplicado los frenos momentos antes del tiempo prefijado por los conos de visión o por detalles del expediente de la causa.
- h) En caso de embestida a peatones, posición relativa del vehículo y el peatón, uno, dos o tres segundos progresivos antes del impacto.
- i) Esquema de la secuencia o progreso del accidente.

20. ELEMENTO HUMANO MÍNIMO E INDISPENSABLE PARA LA LABOR PERICIAL

Como podrá verse de todo lo hasta aquí expresado, las tareas vinculadas con peritajes que puedan ser requeridos con motivo de fenómenos accidentológicos viales, requieren el concurso de especialistas que operen mancomunadamente para el mejor esclarecimiento de los hechos.

En tal sentido, debemos mencionar entonces la participación de: peritos mecánicos, ingenieros, fotógrafos, planistas, médicos (especialmente traumatólogos), y psicólogos.

21. *IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LAS LÁMPARAS O BOMBILLAS EN CASO DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO*

Cuando un accidente de tránsito ocurre, a menudo surge el interrogante de si las luces estaban encendidas o apagadas. Las luces de carretera, las luces de cruce, los indicadores de dirección y las luces de *stop* constituyen, frecuentemente, indicios fundamentales en el análisis del hecho.

En la mayoría de los casos, un examen visual profundo de las bombillas (mediante una lupa o un simple microscopio) permite responder a esta pregunta. A veces, estas indicaciones no son suficientemente explícitas e incluso hasta contradictorias. Por ello, se impone un dictamen pericial en el laboratorio.

Desde hace algunos años el "Laboratorium voor Algemene Systeemveiligheid en Forensische Ongevalanalyse", vinculado al Programa Post-Universitario sobre la Técnica de Seguridad de la Universidad Católica de Lovaina, se ha dedicado, a la luz de numerosas experiencias, a estudiar este problema.

De tal manera se puso en marcha un banco de prueba que ha permitido observar fuera de las características eléctricas y ópticas de las bombillas las oscilaciones del filamento incandescente. Las investigaciones pueden proseguirse con un microscopio electrónico especialmente concebido para el análisis espectral.

a) *La lámpara nueva.*— Los siguientes datos son necesarios para caracterizar una lámpara o bombilla: la marca, el tipo, el voltaje (voltios), la potencia (vatios), o la intensidad de la corriente (amperios). Estas indicaciones se inscriben en el casquillo de la lámpara o en el globo de cristal. Es preciso igualmente conocer el lugar exacto en el que estaba colocada y su función en el vehículo. Es importante, pero no indispensable, saber si se ha tenido alguna dificultad al retirar la lámpara de su soporte (en particular en razón de la suciedad o corrosión que habría entre el casquillo y su soporte).

La lámpara de incandescencia está constituida por un culote, un bulbo de cristal y un filamento de incandescencia que se coloca en los soportes. El culote puede ir a rosca, con broche o provisto de un casquillo de muesca que permite fijar la bombilla en el soporte según una cierta disposición. Si el culote va a rosca, la posición de la lámpara no tiene importancia (sobre todo para las luces de las bicicletas).

El filamento está constituido por una espiral de tungsteno. La longitud y la sección de la espiral, así como las del filamento de tungsteno, varían en función del tipo de lámpara y del constructor. Las espiras que conforman la espiral son casi paralelas y se reparten regularmente.

El bulbo de cristal lleva consigo dos o varios soportes a los que se fijan uno o dos filamentos. La finalidad de estos soportes es doble: 1) fijar y sostener el filamento; 2) asegurar el paso de la corriente dentro del filamento.

Las lámparas de incandescencia *simple* están vacías de aire, mientras que las halógenas contienen un gas bajo presión, generalmente de yodo.

Las lámparas constituidas por un solo filamento llevan normalmente dos soportes y se utilizan generalmente para las luces indicadoras de dirección, para las de posición y para las de marcha atrás.

Las lámparas dotadas de dos filamentos contienen a menudo tres o cuatro soportes y se destinan a los faros delanteros, a las luces de *stop* y a las posteriores.

Los faros delanteros llevan normalmente tres soportes. Se fija una rejilla-pantalla a uno de estos soportes. Los otros dos sirven de conductor que lleva la corriente hacia las luces de cruce y las de carretera, respectivamente. El soporte de la rejilla-pantalla funciona como masa (reciprocidad) para los dos filamentos.

El filamento de las luces de cruce está situado encima de la rejilla-pantalla y forma una espiral rectilínea. El filamento de las luces de carretera se halla en el centro de la lámpara y forma habitualmente una espiral arqueada o semicircular.

Las bombillas destinadas a las luces de *stop* y a las posteriores van siempre equipadas de cuatro soportes. Cada par de soportes mantiene la extremidad de un solo filamento. El filamento más grueso está previsto para la luz de *stop* más potente y el más fino para la posterior, menos potente.

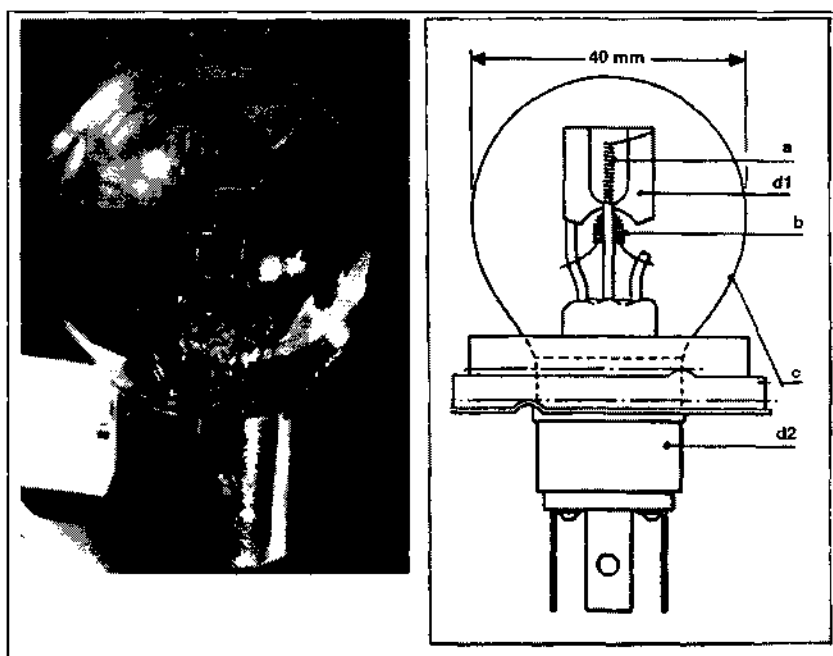


Figura 200

Lámpara de incandescencia.

- a - Filamento de las luces de cruce.
- b - Filamento de las luces de carretera.
- c - Bulbo de cristal.
- d1 - Rejilla-pantalla.
- d2 - Culote.

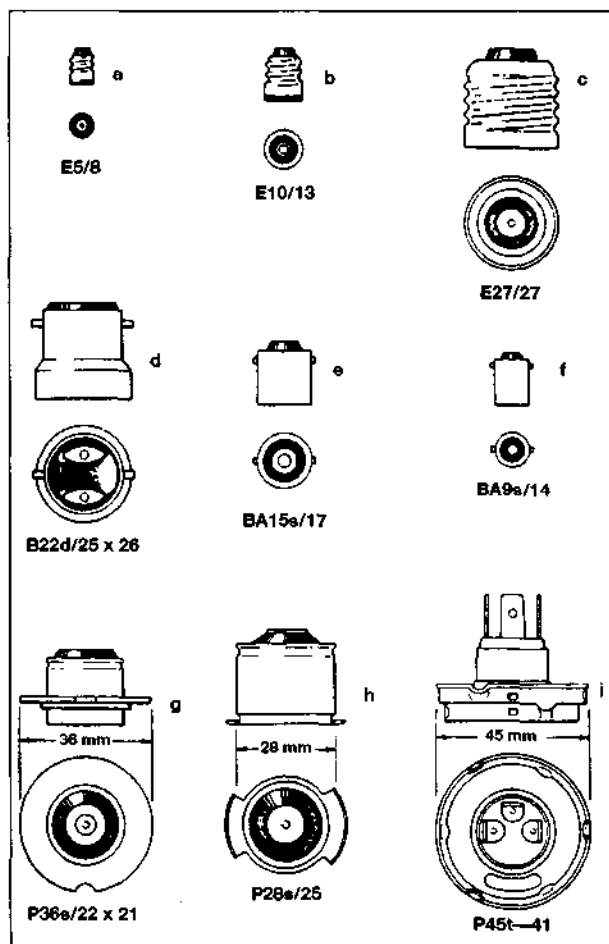


Figura 201

Algunos tipos de culotes utilizados para fijar las bombillas.

1 - Culotes a rosca (a, b y c). 2 - Culotes con broches (d, e y f). 3 - Culotes provistos de un casquillo con muesca (g, h e i).



Figura 202

Depósito de partículas
sobre la rejilla-pantalla
(oxidación).

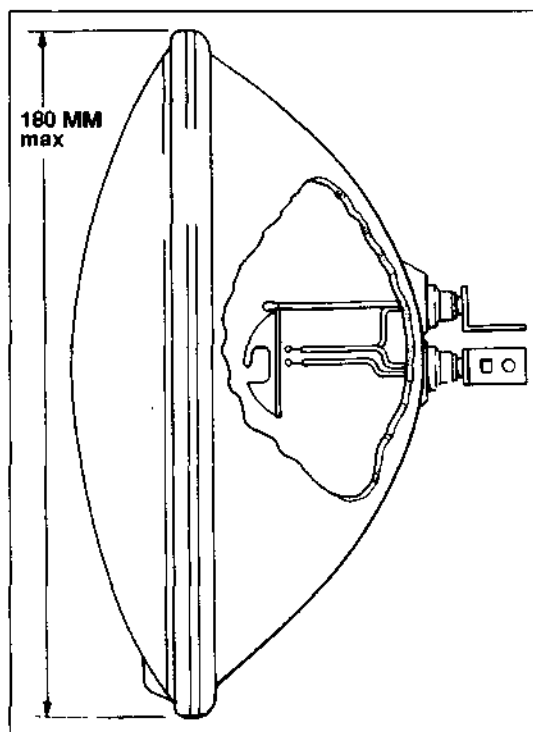


Figura 203

Luces de tipo
sea-led beam.

Algunos vehículos (de construcción reciente) no disponen de las bombillas clásicas de dos filamentos para sus faros delanteros, sino de dos lámparas halógenas de las que una está prevista para las luces de carretera y la otra para las de cruce. Se utilizan igualmente lámparas halógenas de dos filamentos. Otros vehículos van equipados de luces de tipo *seauilamentos.led beam*.

b) *La lámpara de incandescencia de uso normal.*— Cuando el filamento está nuevo (no se ha quemado nunca o sólo hace algunos segundos, como máximo) su superficie presenta surcos longitudinales debidos al procedimiento de fabricación. En efecto, todos los tipos de hilos metálicos se fabrican haciéndolos pasar por hileras, es decir que se estiran hasta que se obtiene el diámetro deseado. El material que constituye estas hileras tiene una densidad específica. Por esta razón, la mayoría de los filamentos de tungsteno presentan finas ranuras longitudinales.

Si el filamento de tungsteno se utiliza como de incandescencia, los surcos iniciales desaparecen bajo el efecto de la tensión superficial. Tras el examen microscópico del filamento puede afirmarse con certeza si este último se ha quemado ya o no.

Conforme se va desgastando, el filamento va presentando irregularidades debidas a la emisión y al depósito constantes de partículas de tungsteno. Esta transmisión de partículas puede usar el filamento localmente hasta tal punto que se consume completamente en este lugar. Cuando ello ocurre, las extremidades de la rotura se redondean y llevan las huellas de metal fundido. Las espiras de la espiral siguen siendo más o menos paralelas, y en el entorno inmediato de este punto de ruptura (fusión del metal) el filamento de tungsteno se vuelve más tenue.

Ciertos filamentos, en particular los más delgados, se debilitan algo bajo el efecto de la fuerza de gravedad. La superficie de tungsteno conserva su brillo metálico y plateado.

Después de una utilización duradera de la lámpara ocurre a menudo que el bulbo de cristal se ennegrece. Este fenómeno se debe a las partículas de tungsteno que se evaporan y se depositan luego en la pared interior del recinto de cristal.

c) *La lámpara de incandescencia bajo el efecto de los choques*

(*accidentes*).— Cuando se somete a la bombilla a un choque potente, y esto es esencial, pueden presentarse dos casos:

1. *Se rompe o se casca el bulbo de cristal de la bombilla.* Luego, el filamento entra en contacto con el oxígeno del aire.

Si la bombilla estaba apagada el filamento estaba frío y no ha sufrido ninguna alteración, dado que el tungsteno no se oxida más que por encima de los 600 grados centígrados. Puede suceder muy bien que el filamento se rompa y que los fragmentos sueltos se pierdan. Se observará que los restos de la espiral que continúan unidos a los soportes son brillantes y regulares, las extremidades de las roturas son cortantes, y las espiras continúan intactas.

Si la bombilla estaba encendida, el filamento se calentó hasta alcanzar temperaturas de 2500 grados centígrados en el caso de las lámparas Bilux (faros delanteros normales) y alrededor de 2900 grados centígrados en el caso de las lámparas halógenas. El punto de fusión del tungsteno se sitúa hacia 3380 grados centígrados. El filamento incandescente es frágil y se deforma fácil e irremediablemente en caso de choque.

Las espiras de la espiral ya no son paralelas. Al oxidarse el tungsteno se transforma en óxido de tungsteno. Esta oxidación presenta entonces los *colores de recocido* de varios matices y puede observarse fácilmente bajo el microscopio. En el caso de las lámparas Bilux y si las luces de cruce se han quemado, la oxidación continúa visible gracias al depósito de partículas sobre la rejilla-pantalla. Numerosos pedacitos de cristal procedentes del bulbo y liberados en el momento del choque vendrán a tocar el filamento incandescente y fundirse. Esta fusión prueba que la temperatura del filamento era superior a 800 grados centígrados.

Si el filamento continúa quemándose después de la ruptura del bulbo de cristal, la oxidación prosigue y el filamento se consume. En este caso, las extremidades se redondean. Esta oxidación dejará generalmente huellas amarillas.

Si las luces se encienden solamente después de la ruptura del bulbo de cristal, la oxidación (típica) amarillenta aparecerá y el filamento se consumirá igualmente. Las extremidades de la rotura serán desde entonces redondas. El filamento no se deformará, no presentará colores de recocido, ni adhesión de partículas de cristal. Este caso se presenta frecuentemente dado que las personas encarga-

das de comprobar los hechos quieren asegurarse del buen funcionamiento de las luces.

Si se comprueba una oxidación amarilla, es preferible que se examine la lámpara en un laboratorio especializado.

Es pues erróneo decir (aunque tales afirmaciones sean frecuentes) que si por descuido se comprueba el funcionamiento de la instalación del encendido, todas las preciosas indicaciones sobre el funcionamiento o no de las luces del vehículo en el momento del accidente están falseadas. Sin embargo, de forma general, debe proscribirse este control en el lugar del accidente.

Señalemos también que la ausencia de oxidación no permite afirmar que el filamento no se ha quemado. En efecto, si las luces acaban de ser apagadas (en particular en el caso de los indicadores de dirección) o si el oxígeno es raro (en particular en el caso de una fisurita del bulbo) sólo podrá comprobarse una débil oxidación.

2. *El bulbo de cristal está intacto (ninguna fisura ni rotura).*
El oxígeno del aire no entra pues en contacto con el filamento, de forma que no se oxida ni se incrusta de cristal.

En caso de colisión violenta, el filamento incandescente o caliente se deformará irremediablemente. Las espiras de la espiral ya no son paralelas. Bajo el efecto del choque puede que el filamento se pegue a los elementos de la bombilla (soportes, rejilla-pantalla, bulbo de cristal) y deje huellas. Éstas pueden ser tan mínimas que un simple microscopio no permita descubrirlas. Entonces, es preciso utilizar un microscopio electrónico.

En caso de deformación plástica (que no es posible más que si el filamento está caliente), es raro que un filamento relativamente nuevo se rompa. Sin embargo, si tal es el caso (para los filamentos más antiguos), las extremidades de la rotura se redondean y presentan normalmente huellas de metal fundido.

Un filamento frío es quebradizo y casi indeformable. En una colisión inesperada y violenta puede que el filamento se rompa en uno o varios lugares diferentes. Las espiras permanecen paralelas entre sí y las extremidades de las secciones rotas cortan. Los fragmentos del filamento se esparcen dentro del bulbo de cristal. Si el filamento frío se deforma ligeramente, queda sometido a una tensión que desaparecerá cuando este último se rompa o se separe de su soporte, o bien cuando se encienda posteriormente.

Ésta es la razón por la cual resulta aconsejable que no se pon-

ga en funcionamiento el encendido del vehículo después del accidente, sobre todo si se quiere hacer un dictamen pericial de las lámparas intactas, después. Si verdaderamente se quiere controlar el funcionamiento de la red eléctrica del vehículo conviene reemplazar las bombillas implicadas en el accidente por bombillas de recambio. Por lo general no es posible proceder a esta operación, razón por la cual sería preferible prohibir este tipo de control y, en su caso, señalarlo.

d) *Algunas consideraciones complementarias.*— Un choque violento no provoca necesariamente deformaciones visibles del filamento incandescente. La aceleración que sufre el filamento en el momento del choque es capital. La solidez con la que la bombilla se fija sobre el soporte determina la transmisión del choque.

Las vibraciones debidas a una conducción en una carretera empedrada o con deterioros no bastan para alterar un filamento incandescente. Se ha comprobado que los filamentos de las luces de los que van equipados los tractores agrícolas no se deforman, incluso en las condiciones más difíciles, a saber, en caso de circulación y por caminos empedrados o por los campos.

Además del examen de las lámparas es preferible proceder al encendido de la totalidad del vehículo. El estado del interruptor constituye el primer indicio. Para las bicicletas, en particular, el estado de la dinamo es el que importa, aunque a menudo se encuentra estropeada, principalmente en caso de colisiones laterales, a continuación del propio choque.

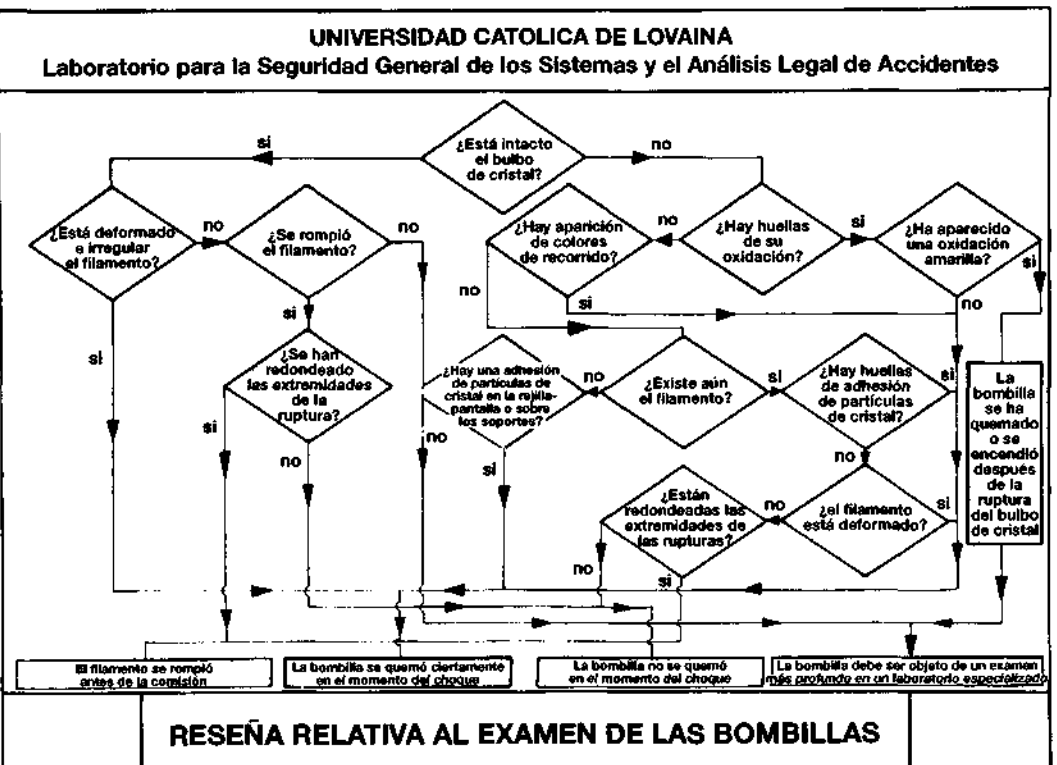
Igualmente, es necesario comprobar si el voltaje mencionado en la bombilla corresponde al de la batería del vehículo. La mayoría de los vehículos tiene actualmente una batería de 12 V; por su parte, los camiones suelen llevar una de 24 V.

Si las luces han sido encendidas después del accidente, conviene designar con precisión las lámparas cuya capa exterior del cristal estaba rota.

Si una lámpara está constituida por dos filamentos, puede que uno de ellos incandescente, toque al otro. En este caso, este último se calienta igualmente y presenta huellas de oxidación en caso de ruptura del bulbo de cristal.

Los filamentos se deforman tanto más fácilmente cuanto más finos son.

El examen de roturas necesita un buen microscopio y alguna experiencia en la materia. Además, el aspecto de las roturas no facilita siempre indicaciones sobre el funcionamiento de las luces antes del accidente. El examen de las lámparas de incandescencia se ha convertido en el tema de una literatura internacional cada vez más abundante.



e) *Conclusiones.*— Las consideraciones precitadas han permitido establecer un esquema gracias al cual es posible, en la mayoría de los casos, y de una forma rápida y simple, llegar a una de las cuatro conclusiones siguientes:

- 1) las luces quemaban;
- 2) las luces no quemaban;
- 3) la bombilla era defectuosa antes del accidente;
- 4) se requiere un examen especializado en laboratorio.

Se desprende claramente de este estudio que un solo indicio tomado después del accidente no permite sacar conclusiones definitivas en cuanto al funcionamiento de las luces antes del mismo. Es necesario basarse en una clasificación lógica de todos los elementos disponibles.

f) *Reseña que permite resolver los casos sencillos.*— Esta reseña debe considerarse como un tipo de razonamiento lógico que permite deducir, sobre la base de simples comprobaciones hechas mediante una lámpara, una primera conclusión en cuanto al funcionamiento de la bombilla examinada durante el choque.

Pero es preciso tener en cuenta el hecho de que estas conclusiones no son más que provisionales. En efecto, algunos casos no responden a este tipo de razonamiento; por otra parte, esta reseña no pretende haber previsto todas las posibilidades, dado que se propone presentar un instrumento preciso y práctico.

g) *Recomendaciones a tener en cuenta durante la intervención con bombillas de incandescencia.*— 1) Es preferible no conectar inmediatamente el encendido de un vehículo después de un accidente. Sin embargo, si fuera el caso, es preciso necesariamente señalarlo.

2) Se desmontan y examinan las bombillas así como toda la instalación de encendido.

3) Se describen claramente la posición y la función de cada bombilla; se marca cada una de ellas con precisión.

4) Se anota el estado de los interruptores.

5) Después de este desmontaje puede comprobarse mediante

bombillas de recambio o de un aparato de medida adecuado, si la red eléctrica está bajo tensión y si las masas funcionan convenientemente.

6) El desmontaje de las bombillas fuertemente deterioradas no es fácil, pero aporta datos preciosos.

7) La naturaleza y la gravedad de los daños causados suministran indicaciones a los investigadores sobre la propia colisión. De ahí que se recomienda remitir algunas fotos detalladas del vehículo afectado.

8) El embalaje y la expedición de los elementos desmontados, deben efectuarse de forma que no pueda perderse ningún elemento. Si uno de los filamentos se hubiera separado ya antes de la expedición, conviene señalarlo.

22. *EL EXAMEN DEL VELOCÍMETRO, UN AUXILIAR EN LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES*

Como ya se indicara oportunamente, un factor muy importante para ser determinado en la investigación de cualquier accidente es la velocidad del vehículo en el momento del impacto. Existen varios métodos para lograrlo, siendo el más común el del análisis de las huellas de frenado. Aunque bueno, este método no siempre puede ser aplicado, dada la ausencia de tales marcas.

Otra forma es examinar el vehículo y estimar los daños que sufriera como producto de la colisión. En la práctica, estas estimaciones se llevan a cabo comparando los daños con otros observados en distintos accidentes, en los cuales los rodados colisionaron con objetos fijos a velocidades conocidas. Sin embargo, en tales casos las estimaciones dependen más de suposiciones, así como de la experiencia y familiaridad de quien interviene con los resultados de hechos similares, que de cálculos objetivos.

Muchas veces, ya sea en choques frontales o con objetos fijos, surge poca evidencia que pueda ser considerada para definir la velocidad del rodado. En los frontales los daños pueden ser tan severos y los ángulos de aproximación y salida tan críticos, que las ecuaciones de conservación del movimiento son casi imposibles de aplicar, salvo que se conozca la velocidad de uno de los vehículos en el momento del impacto.

Otro de los métodos existentes es el de examinar el velocímetro, el tacómetro y el tacógrafo.

Todos los vehículos que se venden y han vendido están equipados con un dispositivo que indica la velocidad en kilómetros por hora (o millas por hora, según su origen), fácilmente visible por el conductor. También pueden poseer un tacómetro que indica las revoluciones por minuto del motor. Ambos instrumentos por lo general consisten en un cuadrante numerado (en forma de reloj o no) y una aguja o indicador. El fondo de la escala con números puede poseer diversos colores y la aguja usualmente se encuentra recubierta con una pintura luminosa de color naranja, verde o rojo.

Tales instrumentos han sido, de una forma u otra, instalados en vehículos desde su origen y rara vez se los ha utilizado para la determinación de velocidades en casos de accidente. La observación del velocímetro permite a veces calcular tal parámetro, pero debe recordarse que la lectura directa de una aguja atascada en tal instrumento puede o no indicar la velocidad de impacto.

En algunos casos, cuando la colisión es muy severa (especialmente en choques frontales o con objetos fijos) la aguja produce una marca o huella en el cuadrante del velocímetro precisamente en el momento del impacto. A veces, suele vérsela a ojo desnudo. Otras, alguna parte del cuerpo del conductor u objetos ubicados dentro del vehículo se ponen en contacto con el velocímetro, empujando o golpeando la aguja respectiva contra el cuadrante. La misma puede o no quedar adherida en esa posición de golpe. Si ocurre lo primero y todo el daño es relativamente recto (de adelante hacia atrás), la ubicación de la aguja puede muy bien indicar la velocidad deseada. Los daños y otras evidencias sustanciarán tal probable velocidad.

Las apreciaciones aludidas no serán viables cuando la fuerza del impacto ha sido de atrás hacia adelante, ya que en tales casos la aguja en vez de acercarse al cuadrante del velocímetro se alejará.

Cuando existan huellas de frenado sustanciales, previas a la colisión, muy probablemente la aguja del velocímetro se ubicará en cero. Lo mismo ocurrirá cuando haya sufrido desperfectos (inoperable) el cable del velocímetro, aunque el vehículo aún se esté moviendo.

La otra huella detectable en el velocímetro, también dejada por su aguja, es la marca de pintura que puede quedar asentada en el cuadrante, perteneciente a la primera. Sin embargo, en este caso no siempre es detectable a ojo desnudo y debe recurrirse a un examen más intenso de laboratorio.

El velocímetro de un camión pesado que ha colisionado con un vehículo de tamaño estándar, rara vez recibirá suficiente fuerza como para dejar la marca de pintura aludida. No obstante ello, si estuviera equipado con un tacógrafo, su disco podría indicar cualquier cambio en su velocidad y la hora del cambio.

Similares evaluaciones a las que se puedan concretar con un velocímetro, pueden llegar a efectuarse con los tacógrafos, debiéndose recordar que los mismos sólo indican las revoluciones por minuto del motor.

El éxito de cualquier examen en el sentido expuesto dependerá de la adecuada extracción de los elementos, desde el interior del vehículo dañado. El examen de laboratorio deberá consistir en la observación microscópica con luz normal; la observación con microscopio binocular estereoscópico y finalmente con aplicación en ambos casos de luz ultravioleta.

23. *LA IMPORTANCIA DE LOS RASTROS DE PINTURA EN EL PERITAJE DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO*

No requiere mayor esfuerzo intelectual comprender la importancia que reviste el examen físico y químico de los rastros de pintura que puedan encontrarse en accidentes de tránsito, especialmente en aquellos casos donde uno de los vehículos se ha dado a la fuga.

En tales casos, no sólo reviste interés la composición química de la pintura sino además el color, el espesor y el orden de sucesión de las posibles capas existentes.

En determinadas circunstancias también ha de ser valiosa la conformación geométrica del rastro dejado, para el posterior cotejo de coincidencia posicional y conformación.

24. *FÓRMULAS FÍSICO-MATEMÁTICAS APLICABLES*

Cada accidente en particular requerirá la aplicación de cálculos que conlleven a dar respuesta a diferentes interrogantes periciales. Las variantes y posibilidades en ambos sentidos (en el técnico

y en el que surja del cuestionario) son numerosas. Habrá hechos donde los participantes sean conductores y peatones, otros donde intervengan únicamente conductores (con o sin tripulantes que los acompañen) y dentro de la amplia gama de posibilidades, podríamos señalar aquél donde intervenga un conductor y un objeto inanimado (fijo o móvil) contra el cual choca.

Obviamente no puede realizarse una síntesis pormenorizada de fórmulas de aplicación para cada caso, especialmente aquellas que tienden al cálculo de velocidades, no obstante lo cual diremos que las tan conocidas ecuaciones vertidas en los diferentes libros de física, referidas a dinámica, cinemática y estática, así como también la aplicación de las funciones trigonométricas, conducen en cada caso al acercamiento de parámetros aproximados a la realidad de los hechos. Ciertamente, ello no es todo; amén de los imponderables y demás cálculos que puedan concretarse, será necesario también contar con instrumental de precisión para medir distancias, deformaciones, desaceleraciones, calibrar velocímetros, etcétera.

CAPÍTULO XIV

RESTOS DE DEFLAGRACIONES

1. ***INTERROGANTES PERICIALES MÁS FRECUENTES QUE SE VINCULAN CON LA DEFLAGRACIÓN DE LA PÓLVORA ORIGINADA POR EL DISPARO DE UN ARMA DE FUEGO***

Ante todo corresponde aclarar que deflagración es la acción y el efecto de deflagrar, vale decir, arder súbitamente una sustancia, con llama y sin explosión.

Cuando se produce la acción del percutor de un arma de fuego sobre la cápsula detonante (en cuyo interior se encuentra la carga fulminante) de un cartucho de bala o de munición múltiple, el encendido del fulminante se propaga al interior de la vaina (a través de los oídos cuando se tratare de cartuchos de fuego central), produciendo el encendido de la carga impulsora (pólvora).

La combustión de esta carga genera un gran volumen de gases dentro de la cápsula (vainas), que ocasiona el desprendimiento de la bala integrante del cartucho, a la cual empuja a lo largo del ánima del cañón (interior del mismo) expulsándola en definitiva al exterior.

Todo el proceso aludido es, por ende, el que da origen a lo que se conoce como *deflagración de la pólvora*, expresión ésta que durante muchos años ha guardado estrecha vinculación con los siguientes interrogantes periciales:

a) Determinar si en las manos de una persona existen restos de deflagración de pólvora, con el propósito de verificar su interven-

ción en el accionar y disparo de un arma de fuego. Similar observación se impone en los casos de suicidio.

b) Establecer la existencia de restos de deflagración de pólvora en el orificio de entrada de un proyectil, en el cuerpo humano.

c) Establecer la distancia de disparo sobre prendas de vestir, como investigación complementaria de las observaciones y pruebas de carácter físico experimental comparativo, realizadas con el arma incriminada, en un estudio previo.

d) Determinar si el arma ha sido disparada y tiempo transcurrido.

Antes de encarar los fundamentos técnicos que sirven de base a la posibilidad o no de dar respuesta al cuestionario de mención, es necesario conocer someramente los diferentes tipos de pólvora que se utilizan en las armas de fuego de uso frecuente.

Actualmente se emplean dos clases de sustancias o mezclas de ellas: pólvora negra y sin humo.

a) *Pólvora negra*.— De muy antigua data, reemplazada casi totalmente por la pólvora sin humo.

La misma no es un compuesto químico pero sí una mixtura extremadamente sensible al calor, el choque y la fricción.

Esta mezcla contiene un agente oxidante o fuente de oxígeno, nitrato de potasio y dos constitutivos fácilmente inflamables: carbón de leña y azufre. La oxidación o quemadura se inicia por una fuente de calor a una temperatura tan baja como la de 300 grados Celsius (centígrados), tal como la de una chispa generada por impacto de acero sobre pedernal.

La quemadura de la pólvora negra es el proceso de la rápida oxidación del carbón de leña y el azufre, utilizando el oxígeno liberado del nitrato de potasio. El rango de quemado es directamente proporcional a la cantidad de agente oxidante (nitrato de potasio) presente. La temperatura de ignición puede ser disminuida dentro de ciertos límites, con el agregado de azufre, un constituyente que también promueve la homogeneidad de la mezcla.

El carbón de leña y el azufre queman con la liberación de grandes cantidades de calor (816 a 1649 grados Celsius), luz, gases y una cifra significativa de productos sólidos de combustión. Estos sólidos pesan más de la mitad (56%) del peso original de la pólvora e influyen en el humo denso y el olor característicos de la pólvora negra

cuando se quema. Los variados productos de combustión son los siguientes:

Gaseosos: dióxido de carbono, monóxido de carbono, nitrógeno, sulfuro de hidrógeno, metano e hidrógeno.

Sólidos: carbonato de potasio, sulfato de potasio, sulfuro de potasio, tiocianato de potasio, nitrato de potasio, carbonato de amonio, azufre y carbono.

La combinación de calor y gas produce alta presión si la reacción está contenida en un recipiente, tal como ocurre en el arma cargada. Esta presión resultante es el producto final en la utilización de la pólvora y es la que puede ubicarse en la base de una bala, con el propósito de dispararla desde el interior del cañón de un arma de fuego.

b) *Pólvora sin humo.*— Constituida por variados ésteres orgánicos del ácido nítrico (nitrato de celulosa, nitrato de glicerilo —trinitrina—, nitroglicerina, etcétera).

Consiste, esencialmente, en nitrato de celulosa mezclada, en variable proporción, con nitrato de glicerilo (impropiamente denominados nitrocelulosa y nitroglicerina, respectivamente).

del algodón (celulosa pura) o de la celulosa en general mediante mezclas adecuadas de ácido nítrico y ácido sulfúrico.

Se trata pues de reacciones que representan el proceso químico prioritario, a las que se adosan otras que originan sustancias que, a temperatura ordinaria, pueden ser gaseosas o sólidas, conformando estas últimas el residuo o sarro que se forma en el interior del cañón del arma. Entre el material que integra el sarro o residuo se registra una importante proporción de iones nitrato (no degradado, no descompuesto) y nitrito (derivado de reducción inmediata).

2. *INVESTIGACIÓN DE RESTOS DE DEFLAGRACIÓN DE PÓLVORA (CARGA IMPULSORA) Y DETONANTES (CARGA FULMINANTE)*

Cuando se produce un disparo, la bala se proyecta a través del ánima del arma, a la vez que los productos originados en la explosión de la pólvora son despedidos a gran velocidad hacia adelante y

hacia atrás, mezclados con los compuestos resultantes de la descomposición del detonante o iniciador al ser percutida la cápsula que lo contiene. Este fenómeno permite el análisis químico de objetos que se hallan en el curso de los componentes fijos de la pólvora y del detonador (los productos originales y los derivados de la explosión), al ser proyectados hacia el frente o sectores posteriores. Hacia el frente, es viable determinar la distancia en que fuera disparada el arma y, hacia atrás, establecer si una persona ha hecho uso de la misma, ya que las partículas originadas en la explosión se asientan sobre la mano de quien realiza el disparo.

No obstante ello, la explosión a que se ha hecho referencia quema tan completamente la pólvora que hasta ahora no ha sido desarrollada una técnica analítica capaz de identificar consistentemente la cantidad remanente de pólvora no combustionada, en las manos o ropas del tirador.

Sin embargo, a través de los años se han llevado a cabo algunos procedimientos para lograrlo. En los primeros intentos de asociar un individuo con un arma, las manos fueron recubiertas con una película de parafina con el propósito de levantar nitritos residuales. Este residuo podía luego ser visualizado con difenilamina.

Pese a ello, en algunos países el procedimiento fue abandonado porque los nitritos no proporcionan suficiente valor específico y requieren grandes depósitos para lograr un adecuado desarrollo del color. Todavía, aun hoy, muchos investigadores se refieren erróneamente al *test de la parafina* o *prueba de la parafina* cuando discuten sobre análisis modernos para la detección de residuos de detonantes.

La investigación continua dentro de las aplicaciones del análisis por activación neutrónica, identificó dos componentes no combustibles, el bario y el antimonio, como residuos detectables en la mayoría de los cartuchos utilizados para disparar. (*Special Report on Gunshot Residues Measured by Neutron Activation Analysis*, U.S. Atomic Energy Commission Report GA 9829, National Technical Information Service, U.S. Department of Commerce, Springfield, Virginia, 1970.)

En el más común de los protocolos analíticos, se humedecen hisopos de algodón en ácido nítrico diluido, se frotan sobre los dedos y palma de cada mano y luego se determinan las cantidades de bario y antimonio presentes, mediante análisis por activación neutrónica o espectrofotometría de absorción atómica.

Dado que ni el bario ni el antimonio aparecen solamente como residuos de deflagración de detonantes de cartuchos, es necesario hallar ambos elementos en cantidades acordes con los rangos encontrados en personas de quienes se sabe han disparado recientemente un arma.

En otro método, los técnicos emplean discos adhesivos para levantar partículas microscópicas de los residuos mencionados. Luego de ello se opera un microscopio electrónico por reflexión —energía dispersiva de rayos X— para detectar partículas que contengan bario o antimonio. El mismo produce una imagen visual de las partículas, proveyendo al analista una información útil sobre medida y forma. Esta técnica ha ganado sustento en los años recientes, debido al desarrollo de sistemas automatizados que simplifican y eliminan gran parte de la lentitud y el tedio existentes en los procesos de búsqueda.

Hay variaciones y combinaciones de estos exámenes; sin embargo, todos dependen, al menos en parte, de la detección de bario y antimonio como evidencia presuntiva de residuos de detonantes (carga fulminante).

Estos residuos son parecidos a la tiza que posee en las manos un profesor o maestro que se desempeña en el pizarrón. En el momento que se aleja de aquél, comienza la pérdida de tiza a través de acciones mecánicas tales como: frotarse las manos; colocarlas en los bolsillos; sacudirse las ropas o manipular objetos. Es importante entonces recoger la evidencia no bien se detiene a una persona.

Generalmente hay pocas esperanzas de encontrar cantidades adecuadas de ambos elementos (bario y antimonio), para asociar a un individuo con un arma, después de 3 horas de actividades normales con las manos. El lavado remueve esencialmente todos los depósitos de residuos.

a) *Detalles importantes.*— El auténtico valor de los exámenes de residuos de detonantes es el de que pueden asociar a un individuo con un arma de fuego. Es importante, sin embargo, señalar que no identifican a dicha persona como el tirador, ya que los residuos pueden depositarse en cualquier mano cercana al arma en el momento del disparo. También pueden aparecer en las manos del que haya manipulado un arma disparada o en los componentes de un cartucho ya utilizado. También es posible, aunque inverosímil, que los residuos se depositen en las manos por otros medios.

Al mismo tiempo, el fracaso en la detección de residuos en manos no implica que la persona examinada no haya manipulado o disparado un arma, ya que a veces no se depositan suficientes cantidades de material que permitan la identificación. Un arma puede producir depósitos en cinco disparos consecutivos, pero no en el sexto; puede, simplemente, no estar lo suficientemente sucia de residuos o bien no haber sido manipulada bastante como para efectuar una transferencia.

Como se mencionara anteriormente, los depósitos pueden haber estado y luego ser removidos por lavado o uso normal de las manos. Un encuentro de cantidades inconcluyentes de bario y antimonio simplemente significa que el analista no puede verter opinión de valor que asocie al individuo examinado con un arma de fuego.

Los análisis por activación neutrónica o la espectrofotometría de absorción atómica para determinar cantidades de bario y antimonio en muestras, no constituyen una identificación de residuos inequívoca. Cuando se encuentran niveles altos de ambos elementos en una muestra, los resultados se reportan como consecuentes con aquéllos obtenidos de personas que se sabe han disparado un arma. Es inverosímil, pero probable, que haya contaminación ambiental independiente de ambos elementos en una o más de las muestras recogidas de cada persona examinada.

b) *Conclusiones.*— La detección de residuos de cargas fulminantes en las manos de una persona confirmaría que la misma estuvo presente en un ambiente con este material, unas pocas horas antes de la toma de muestras. Ello indicaría como resultado el haber disparado un arma, bien haberla manipulado, a ella o a componentes de los cartuchos utilizados, o haber estado próxima una persona a un arma cuando fue disparada por un tercero.

El fracaso de la detección de residuos en manos indica que la prueba no ofrece información de valor en la determinación de la presencia de una persona ante el material.

Con excepción de muy pocas y bien definidas situaciones, nada más debería inferirse de los resultados de estos exámenes.

3. *DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS RESIDUOS DE PÓLVORA DEPOSITADOS EN UNA SUPERFICIE. DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA DE DISPARO*

La distancia entre la boca del cañón del arma y el blanco es a menudo un factor de crítica importancia en incidentes que involucran heridas por disparos. El grado de interés en el tema depende de la severidad de la herida y de los pormenores del hecho; crece cuando surgen homicidios y/o suicidios, sin testigos, y disminuye en situaciones de disparos accidentales, no fatales, con testigos.

El testimonio de un experto procurará, a través de su experimentación, establecer la distancia mínima entre la boca del cañón y el punto de impacto, basándose en la presencia o ausencia de huellas de residuos de pólvora en la víctima o su vestimenta.

En general, los residuos examinados rara vez responden a las huellas originales dejadas en la piel o la ropa de la víctima, debido a causales tales como la administración de primeros auxilios, el examen médico, la investigación y el embalaje de prendas. En algunas ocasiones, pueden reconstruirse porciones de los elementos latentes mediante técnicas químicas o infrarrojas.

Para evitar errores de interpretación el investigador debe estar enterado de las variaciones que acusan tales manchas o depósitos, los factores causativos y su significación en relación con la distancia.

Es un hecho repetido observar que un individuo detenido y acusado de dar muerte con disparo de arma, justifique el acto como defensa propia. Afirmará, entre otras cosas, que el muerto lo atacó o forzó a efectuar el disparo cuando quiso apoderarse del arma. Tales incidentes son terreno fértil para estudios sobre residuos de pólvora, dado que la proximidad física de los combatientes los transforma en un requisito obligatorio para el esclarecimiento de la verdad.

Los suicidios con armas casi siempre incluyen residuos dentro o alrededor del orificio de entrada, junto con otras características en heridas por disparo a muy corta distancia. La ausencia en conjunto de ello es una luz de advertencia, dado que pocas circunstancias permitirán una distancia de disparo superior a los 70 centímetros en heridas autoinfligidas.

Las pruebas y las experimentaciones deben incluir condiciones ideales y controladas, tomando en cuenta las variables antes descriptas.

Es esencial averiguar con certeza la densidad máxima de la imagen del residuo y su distribución en puntos graduados y medidos que se extienden desde 0 cm (punto de contacto del arma) hasta por lo menos 80 cm. El material que se va a utilizar como blanco debe reproducir lo más acertadamente posible, el género (tela) u otro material que vestía la víctima. De la misma manera el arma y la munición a emplear deberán ser similares a los utilizados por el sospechoso, si no fueron secuestrados. Sintetizando, se deberán tratar de minimizar las variables y reducir la posibilidad de objeciones futuras.

a) *Factores que afectan los residuos de pólvora.*— De acuerdo con los textos más autorizados, las imágenes de residuos de pólvora varían significativamente como resultado de cambios en la sustancia fulminante, peso de la carga propulsora, lote y tipo de pólvora, forma y composición del blanco. Hay por lo menos diez factores principales que, individual o colectivamente, influyen en la impresión del tatuaje sobre la superficie del blanco.

En orden decreciente de importancia son los siguientes:

- 1) distancia;
- 2) longitud del cañón;
- 3) rango de quemado de la carga propulsora;
- 4) tipo de carga propulsora (disco, escama, esfera, etcétera);
- 5) calibre;
- 6) ángulo formado por la boca del cañón y el blanco;
- 7) material del blanco;
- 8) iniciador o carga fulminante (tipo, medida, antigüedad, etcétera);
- 9) peso de la carga propulsora, y
- 10) tipo de arma (revólver, pistola semiautomática, etcétera).

La efectividad de estos parámetros es variable, dependiendo de las circunstancias, combinación de variables, etcétera. La distancia es indudablemente el factor más importante y, en el análisis final, permite al investigador mediante un sistema comparativo, arribar a una estimación del valor de la distancia original de disparo. Sin embargo, la precisión de esta estimación depende de la considera-

ción de todas las variables existentes. El simple cambio de marca de munición podría alterar significativamente la imagen de residuos, a cualquier distancia dada, debido a que no todos los fabricantes emplean el mismo tipo de pólvora en munición de igual calibre y peso de la bala.

El efecto más importante del calibre sobre los residuos de pólvora es el de determinar la medida o el diámetro de su imagen, a una distancia dada. Hay un parentesco entre el calibre del arma y la expansión de la huella producida. De igual manera, también debe citarse que un cambio en el tipo o rango de combustión de la pólvora propulsora produce variaciones en la medida y densidad de la huella, dentro de cualquier calibre dado.

Probablemente, la más significativa y útil observación relacionada con el tema precedente, es que existen cinco fenómenos separados y diferentes asociados con residuos de pólvora, en disparos a corta distancia. Aparecen y desaparecen en función de la distancia, en forma completamente independiente del calibre; la diferencia es sólo una cuestión de medida. El hecho es que la mayoría de estos elementos son diagnóstico de la distancia (boca del cañón-blanco) dentro de límites estrechos.

Los componentes de estos patrones han sido descriptos y clasificados sobre la base de la apariencia física, de la siguiente manera:

- 1) explosión en estrella;
- 2) impresión en forma de capullo o pétalos;
- 3) impresión carbonosa;
- 4) impresión de partículas, y
- 5) anillo del orificio de entrada.

Estos elementos pueden encontrarse individual o colectivamente, dependiendo de la distancia y otras circunstancias.

La explosión en estrella es una rasgadura en forma de cruz, que aparece tanto en la piel como en las ropas de la víctima, así como también en las superficies de prueba o experimentación. Es indicativa de disparos por contacto o próximos al contacto (usualmente producidos a una distancia menor de 2,5 cm) y surge siempre sin importar el calibre, la diferencia es sólo una cuestión de medida y extensión.

En la distancia de contacto las partículas son lanzadas hacia el interior de la herida, pero si se produce un pequeño claro en el momento de la descarga puede aparecer un anillo cerrado, pequeño, denso y particular, dentro o bordeando la rasgadura. La ropa volu-

minosa o muy suelta puede eliminar la explosión en estrella, pero en tales casos la presencia de partículas de pólvora en la herida es también indicativa de una distancia muy corta.

La impresión en forma de capullo o pétalos es distintiva, frágil y grisácea, con forma floral o petaloidea. Está compuesta, entre otros, por material carbonoso, y se asemeja a la sobreposición de pétalos de una flor, tal como una camelia. Esto ocurre independientemente del calibre a distancias comprendidas entre algo menos de 2,5 cm y 25 cm. Su presencia es una indicación casi positiva de que la distancia de tiro no excede de los 25 a 28 centímetros.

Infortunadamente, si la superficie afectada es frotada o fricciónada, el ornamento se oscurece fácilmente, dejando sólo un círculo gris irregular.

La aparición de esta característica está influenciada de alguna manera por la longitud del cañón *versus* la distancia, particularmente donde la primera excede de las seis pulgadas. Este fenómeno es producido probablemente por una turbulencia de gas que se atenúa con la distancia y se convierte en débil y dispersa como para imprimirse en distancias superiores a los 25-28 cm. En materiales oscuros o de fibra muy gruesa no es visible con facilidad, excepto bajo examen infrarrojo.

La impresión de película carbonosa ya mencionada, es una mancha de color gris homogéneo similar a la impresión en forma de capullo o pétalos, pero carente de diseño floral o petaloideo y, generalmente, de menor tamaño. Comúnmente aparece dentro de la impresión indicada en último término como un círculo de diámetro más pequeño, que rodea el orificio de entrada del proyectil. Puede, algunas veces, desaparecer a la misma distancia que el diseño petaloideo, o persistir después de que aquél ya no es visible, hasta una distancia de 53 cm. Donde esta película aparece sola indica una distancia comprendida entre 25 y 53 centímetros.

La impresión de partículas incluye el efecto de *tatuaje*, tal como lo llaman otros autores. Consiste en granos de pólvora parcialmente quemados, o no, partículas carbonosas, material del encamisado del proyectil, esquirlas de plomo, suciedad y otros elementos provenientes del ánima del cañón. No producen impresiones de disparos de contacto porque los materiales sólidos son arrojados hacia el interior de la herida o a través de las prendas, por la columna de gas a elevada presión.

Ocasionan impresiones a distancia de décimas de centímetros,

hasta aproximadamente los 65 cm. Ocasionalmente, pueden detectarse partículas dispersas a 90 cm de distancia y aun más, especialmente donde se ha utilizado pólvora con granos del tipo esférico.

El diámetro y la densidad del dibujo es indicativo de la distancia, pero también está influenciado por la longitud del cañón, el tipo de carga propulsora y, en menor grado, por el calibre. A cortas distancias la impresión será de 2,5 a 7,5 cm de diámetro y completamente densa; en las distancias mayores podrá exceder los 25 cm de diámetro, pero el número de partículas será menor y se presentarán más dispersas. Cuanto más largo sea el cañón, más pequeña y ajustada será la impresión, en cualquier rango dado. Un cambio en la carga propulsora puede producir una modificación dramática en el patrón de densidad de las partículas.

Resulta notoriamente importante el cuidado que se le dispense a las prendas y otros materiales cuando sean manipulados para su traslado al lugar de examen.

Cuando exista una excesiva cantidad de partículas puede deberse a circunstancias que no sean pasibles de ser duplicadas o reconstruidas en la fase experimental. Por ejemplo, un revólver que no ha recibido mantenimiento o limpieza y que no ha sido extraído de un *placard* durante 40 años, si es utilizado para matar a una persona transmitirá a la herida fatal, polvo, corrosión, suciedad, etc., que no podrán repetirse experimentalmente para comparación, ni aun luego de 50 disparos de experiencia.

En lo atinente al anillo del orificio de entrada podemos decir que es de color gris oscuro y está originado por carbono, suciedad, lubricante del proyectil, residuos del iniciador, plomo y otros materiales que deposita el proyectil en el momento de penetrar en el blanco. El distintivo anillo oscuro de entrada está presente en todas las distancias excepto la de contacto, donde puede estar oscurecido por otros factores. Cuando aparece solamente este elemento se está en presencia de distancias superiores a los 65-75 cm, con la mayoría de las cargas propulsoras.

b) *Algunas consideraciones sobre la longitud del cañón.*— La longitud del cañón de un arma de fuego influye sobre la combustión total de la pólvora y también sobre la forma del cono que forman los gases que escapan a presión. Estos dos componentes son importantes en la determinación de la impresión de residuos a cualquier dis-

tancia dada. Este tema, como factor que afecta la delineación y densidad de la impresión, o imagen, ha sido ignorado en la literatura.

Las diferencias de longitud poseen un efecto significativo, es por ello que se enfatiza la necesidad de conocer la dimensión del cañón original cuando se intenta reproducir la distribución de los residuos hallados en el hecho. Un cañón largo producirá residuos o imágenes que parecerán haber sido realizadas a distancias más pequeñas que las de un cañón más corto disparado a igual rango. Allí está la posibilidad de error.

Debe tenerse siempre presente que los resultados de tatuaje e impresión que se obtengan con cartuchos de bala de un mismo calibre, diseñados para ser utilizados tanto en armas cortas como largas, van a ser diferentes, aunque sean de la misma marca y fecha de fabricación.

Varios autores se han referido a la importancia de la pólvora propulsora como factor determinante en el desarrollo de las huellas de residuos; sin embargo, nunca ha quedado claramente definida. El problema es más complejo que el de una simple diferencia en el tipo de pólvora o peso de la carga.

c) *Influencia de la pólvora propulsora en los residuos.*— Hay por lo menos cinco características variables de la pólvora que influyen en las huellas que la misma deja luego del disparo. Ellas son:

- 1) tipo de pólvora (negra, sin humo, etcétera);
- 2) forma geométrica del grano (escama, disco, esfera, etcétera);
- 3) química (presencia de inhibidores, detenedores, etcétera);
- 4) peso de la carga, y
- 5) rango de combustión (factor de velocidad relativo).

Cada uno de estos factores puede individualmente causar variaciones en los residuos, pero rara vez actúan solos, ya que son elementos de contribución en el efecto total. Probablemente los dos más importantes sean el químico y el rango de combustión.

Debe comprenderse que la munición comercial está cargada con un determinado nivel de *performance* o norma, y que el peso de la carga de cada lote de pólvora se ajusta para mantener ese nivel. Las diferencias en el peso entre lotes diferentes de la misma pólvora son, probablemente, un factor insignificante con respecto a su efecto sobre las imágenes de residuos.

Por otro lado, la introducción de un tipo diferente de pólvora u

otra con distinta estructura del grano, puede provocar una alteración profunda en el residuo. Cualquier factor o variable que afecte el rango de combustión y las características de presión de la pólvora, puede originar variantes en la impresión.

Éste es un tema importante dado que los fabricantes pueden hacer cambios en el tipo de pólvora utilizada para carga de munición del mismo calibre y peso de bala. La munición comercial puede cambiar considerablemente con el transcurso de los años, sin que se modifique el rótulo. El cambio, no muy lejano, de pólvora con grano en forma de disco y tubular al de forma esférica, es un ejemplo.

La munición recargada en forma casera puede variar ampliamente respecto de la comercial, en lo que hace al tipo de pólvora y peso de la carga, creando una situación que no puede ser reproducida sin muestras o conocimiento específico previo.

Las cargas de pólvora utilizadas por los fabricantes de munición militar y comercial, indican el empleo de varios diferentes tipos de propulsores para munición del mismo calibre. La mayoría de la munición para armas de puño americanas contiene pólvora con grano esférico o en forma de disco. La inglesa o europea, por su parte, acusa el grano en escamas o muy pequeños bastones (varillas). Estas diferencias indican variaciones cuando se emplean diferentes marcas de una misma munición para ser examinadas bajo condiciones idénticas.

La tarea de diferenciación del tipo de elemento puede llevarse a cabo mediante el examen microscópico, sin embargo no es siempre fácil diferenciar las formas geométricas cuando se transforman en residuos.

d) *Conclusiones.*— Los disparos a corta distancia producen huellas con residuos de pólvora que contienen elementos indicativos de la verdadera distancia (boca del cañón-blanco), en el momento de la descarga. La importancia de obtener este parámetro de un modo confiable, en hechos donde aparecen heridas ocasionadas por arma de fuego, ha sido establecida. Los experimentos conducidos bajo condiciones controladas, utilizando el arma y la munición sospechadas, proveerán la máxima información obtenible.

1) Con excepción de una herida por contacto del arma con la piel, no puede darse una distancia aproximada de disparo sin antes

concretar disparos controlados, utilizando el arma y la munición sospechada, o munición de la misma marca y lote.

2) La distancia entre el punto de contacto del proyectil y la boca del cañón, afecta la configuración de la impresión de los residuos de pólvora, su medida y densidad.

3) Una variación en la carga, carácter y cantidad de la carga de pólvora propulsora, en el mismo calibre y cuando se dispara a través del mismo cañón, alterará las huellas del residuo, aun disparando a una distancia medida y constante.

4) Indistintamente de cuál sea el peso de la carga de pólvora en un cartucho para arma de puño de un calibre dado, que impulsa a un proyectil de peso conocido, entre el 5% y el 15% de la carga de pólvora no se consume completamente en el disparo. Los gránulos de pólvora no combustionada y parcialmente combustionada dejarán su huella hasta una distancia comprendida entre los 75 y 90 cm, en la mayoría de los tipos de pólvora sin humo. Sin embargo, con pólvora de gránulos esféricos esta distancia puede incrementarse hasta 2,50 metros.

5) El calibre del arma afectará la medida y el carácter de la huella de residuos, a cualquier distancia dada.

6) La longitud del cañón del arma afectará la medida y densidad de los residuos a cualquier distancia dada.

7) Los disparos experimentales bajo condiciones controladas producirán los mejores resultados y permitirán establecer parámetros de evaluación acertados.

8) Cualquier aproximación de distancia basada únicamente en el diámetro del orificio de entrada y la huella de pólvora, sin primero concretar disparos de comparación, no merece confianza, dadas las variables que pueden surgir en función del tipo de pólvora y la longitud del cañón, en un mismo calibre.

El grado de exactitud requerido para un caso particular de disparo de arma de fuego, variará de acuerdo con las circunstancias. Muchas veces será suficiente con que el investigador sea capaz de establecer que un disparo pudo, o no, haber sido realizado dentro de algún intervalo, antes que a una distancia específica. Sin embargo, es necesario que conozca las variables involucradas con el propósito de reproducir con más precisión las condiciones en la escena del crimen.

e) *Examen microscópico de la evidencia.*— Cuando de prendas de vestir se trate, es de hacer notar muy especialmente que la primera tarea será la de examinar microscópicamente las características físicas de los residuos que puedan estar presentes. Esta prioridad tiene por fundamento el hecho de que los subsecuentes exámenes químicos perturbarán en cierto grado los residuos observables.

Esta labor física es extremadamente importante, ya que será indicativa de la descarga de un arma y/o el pasaje de un proyectil, o proyectiles.

Usualmente es mucho más conveniente y apropiado desarrollar estos exámenes microscópicos en un área no contaminada, utilizando un microscopio estereoscópico con aumento variable (3x-30x), con adecuada iluminación. El examinador buscará diversos tipos de efectos físicos y residuos relevantes, a saber:

Indicativos de/consistentes con el disparo de un arma

- 1) plomo vaporoso (humo o ahumamiento);
- 2) partículas de plomo (virutas, pequeñas gotas solidificadas);
- 3) pólvora no combustionada;
- 4) adherencias fundidas de pólvora.

Indicativos de/consistentes con el pasaje de un proyectil

- 1) un orificio en una prenda de vestir;
- 2) anillo visible alrededor del perímetro del orificio, posible enjugamiento del proyectil.

Indicativos de/consistentes con un disparo por contacto

- 1) rasgaduras, desgarros;
- 2) quemaduras, chamuscamientos;
- 3) fibras artificiales derretidas;
- 4) ahumamiento denso.

Luego de la culminación de los exámenes microscópicos, corresponde llevar a cabo las tareas de orden químico necesarias.

La prueba inicial, vale decir el ensayo de Griess Modificado, está dirigida hacia la detección de depósitos de componentes de nitratos de la pólvora quemada o parcialmente quemada, ubicada al-

rededor de un orificio que se sospecha sea de bala o de perdigones. De encontrarse huellas de residuos de tamaño y densidad particular, podrán ser posteriormente reproducidas mediante el empleo del arma y la munición sospechados. Si sólo se encuentran depósitos de nitritos esparcidos, serán útiles en determinados casos para indicar por lo menos la distancia máxima desde la que fueron realizados, utilizando también el arma y la munición secuestrados.

El otro ensayo químico, nos referimos al rodizonato de sodio, está dirigido a la detección de cualquier tipo de residuo de plomo que pudiera ser habido, incluyendo el humo o ahumamiento, usualmente asociado con los disparos a corta distancia, partículas de plomo y enjugamiento del proyectil (depósito de plomo en forma de anillo encontrado a menudo alrededor del perímetro del orificio de entrada).

El enjugamiento es ciertamente consistente con el pasaje de un proyectil y las partículas de plomo indicativas del disparo de un arma, pero ninguno puede ser empleado para establecer la distancia entre la boca del cañón y la prenda. El segundo de los mencionados es un fenómeno fortuito y no reproducible, que depende de muchas variables desconocidas y no controlables, tales como el notorio emplomamiento del cañón al momento del disparo. El ahumamiento, por su parte, es muy significativo y se encuentra normalmente en disparos a corta distancia; aunque no puede utilizarse para determinar con precisión la distancia de disparo, sí es posible establecer la distancia máxima a la que habrá de depositarse utilizando el arma y la munición sospechosos.

4. *RESTOS DE DEFLAGRACIÓN DE PÓLVORA EN EL CAÑÓN O ÁNIMA DEL ARMA, Y TIEMPO DE DISPARO*

Sabemos que al atravesar un proyectil el ánima del cañón del arma utilizada para disparar, se origina un depósito parcial en el interior de este último, de componentes resultantes de la deflagración y de la misma pólvora, de cuyo análisis pueden obtenerse referencias de interés pericial.

La correcta interpretación de restos de lubricante, restos incompletamente transformados en la pólvora, óxido de hierro y partículas extrañas, puede constituir un especial elemento de prueba.

Tales residuos no son totalmente inertes, puesto que con el transcurso del tiempo sufren transformaciones que permiten, en conjunto y según el criterio de algunos autores, emitir un juicio aproximado respecto del denominado *tiempo de disparo*. En relación con ello se indica que, hasta el presente, no existe ningún método de análisis que permita establecer en forma fehaciente la fecha exacta en que un arma ha sido accionada por última vez.

En tal sentido, el examinador o perito deberá limitarse a informar que ha sido o no accionada, conforme a los resultados de la investigación de restos de pólvora en el interior del cañón, dejando aclarado que una cuidadosa limpieza después de su uso pudo haber eliminado dichos restos, originando la correspondiente duda en caso de una conclusión negativa respecto de la investigación aludida.

Para detectar la presencia de estos restos tanto en el cañón como en los alvéolos (en el caso de un revólver), la técnica a utilizar consiste en la colocación de un hisopo de algodón en el interior de tales elementos, con auxilio de una varilla de vidrio de diámetro apropiado. En su desplazamiento el algodón arrastra los restos de depósitos asentados que, en primer término, se someten a reconocimiento físico. Como resultado de ello pueden surgir las siguientes posibilidades:

— *Que el algodón aparezca cubierto de herrumbre*: Se impone entonces aceptar o descartar la presencia de compuestos oxidantes en general y nitritos en particular, por medio de técnicas analíticas de reconocida sensibilidad y especialidad. Si tales ensayos dan resultado negativo, puede afirmarse que el arma no ha sido accionada e, incluso, opinar que no lo ha sido desde hace tiempo.

— *Que el algodón aparezca impregnado con aceite lubricante*: En tal caso, a menos que se tengan referencias ciertas sobre el caso, no puede emitirse juicio alguno. Si se sabe con certeza que el arma no ha sido sometida a manipulación alguna después del hecho, se podrá informar que la misma no ha sido accionada.

— *Que el algodón posea adheridas partículas negruzcas, de tamaño y forma irregular, sin presencia de herrumbre o lubricante*: Es muy probable que se trate de restos de deflagración, propios o indicativos de que el arma ha sido accionada. En tal caso se impone identificar compuestos oxidantes y nitritos.

a) *Investigación de sustancias oxidantes.*— Se incluyen, de preferencia, nitratos y nitritos.

Una fracción del trozo de algodón utilizado se trata convenientemente con unas gotas de reactivo difenilamina-sulfúrica. Los oxidantes en general producen color azul.

b) *Investigación de nitritos.*— El ion nitrito se identifica mediante el clásico ensayo de Peter Griess-Illowsky o con cualquiera de sus variantes. Este ensayo se considera sensible y específico.

c) *Investigación de óxido de hierro.*— Otra fracción del hisopo, se trata con solución acuosa de ácido clorhídrico al 5% en volumen, con lo cual se disuelve todo óxido metálico. A continuación se agregan 3-4 gotas de solución acuosa reciente de ferrocianuro de potasio al 5%, o bien solución acuosa de igual título de tiocianato de potasio, con lo que aparece precipitado o color azul intenso, en el primer caso, o color rojo con el segundo reactivo.

5. *ANÁLISIS DE LAS HUELLAS DEJADAS POR CARTUCHOS DE MUNICIÓN MÚLTIPLE, DISPARADOS CON ESCOPETAS*

Aunque las huellas dejadas por tales elementos en las prendas de la víctima u otros objetos sean, por lo general, examinadas con el microscopio y procesadas químicamente a fin de detectar residuos (componentes de nitrito y plomo debido al enjugamiento de los perdigones o postas, según el caso), la base para la determinación de cualquier distancia es simplemente la dimensión de la impronta y su reproducción.

Al analizar la huella de disparo es importante evitar el estar sujeto a una descripción dimensional particular de su tamaño, tal como el diámetro, y comprender que debería compararse visualmente con patrones de distancias conocidas, que serán realizados para ese cometido. De esta manera es posible eliminar, para su consideración, orificios debidos a perdigones o postas que se han desviado toscamente de un modelo circular normal.

Es útil observar que, en algunas ocasiones, el conjunto de huellas dejado por la munición múltiple adquiere forma elongada debido a la existencia de cierta angulación en el momento del disparo. En esta situación la dimensión significativa es la más estrecha, siendo la base para la comparación con el diámetro de otros modelos.

Eventualmente, en imágenes de impactos de este tipo de cartucho de munición múltiple, puede ocurrir que aparezcan menos orificios de los que debería haber, sobre todo cuando se trata de esferas de tamaño mayor al del perdigón. Esta circunstancia generalmente obedece a dos posibilidades:

a) resulta obvio que dos esferas pueden llegar a pasar por el mismo orificio;

b) un cartucho puede no contener el número de unidades que indica su fabricante.

Es importante recordar que no siempre este tipo de huellas proceden del empleo de escopetas o pistolones, debiendo considerarse en consecuencia la posibilidad de utilización de algún cartucho para arma corta (pistola o revólver) recargado con perdigones, o bien el empleo de munición de supervivencia.

El aspecto esencial en las reproducciones o disparos de experiencia aludidos, es el empleo de la misma arma y munición que la utilizada en el hecho, con el propósito de obtener ensayos de impactos a diferentes distancias bajo condiciones controladas.

Una misma caja de cartuchos producirá muestras con variaciones perceptibles.

Cuando establecer la distancia de disparo con escopeta (o pistolón) resulte un factor crítico, tanto para la defensa como para la fiscalía, el perito deberá encontrarse en condiciones de mostrar o de sentirse más cómodo en su testimonio, mediante la demostración de los límites o tolerancias sobre las cuales ha basado sus estimaciones de distancia. Dado que ningún arma de este tipo ni ningún cartucho destinado a la misma, producirá exactamente los mismos efectos dimensionales en forma repetida y a igual distancia, es conveniente poseer un método que ilustre convenientemente estas variaciones.

Dicho método consiste en un gráfico, como el que más adelante se muestra. Ejemplificativamente estos disparos fueron concretados en cartón (para minimizar el desgarrado a corta distancia), en la cantidad de tres por cada parámetro de distancia. Por supuesto, cuanto más disparos se realicen en cada caso, más precisas serán

las desviaciones halladas. Como regla práctica tres disparos serán suficientes, y el gráfico, dibujado correctamente, los promediará, dando origen a una distancia media para cada patrón. La información debe ser previamente tabulada y luego graficada, conforme se señala seguidamente:

Distancia (metros)	1,83	2,75	3,66	4,60	5,50	6,40	7,32
Diámetro de la huella (cm)	4,06	4,82	6,35	8,12	10,16	12,45	14,70
	4,06	6,09	7,36	10,66	12,20	16,00	16,51
	4,57	6,60	9,39	11,17	14,50	17,00	20,00

Este ejemplo va a reflejar que una huella de 12,7 cm de diámetro indica una distancia (boca del cañón-blanco) de 5 m a 6,67 m, para un arma y munición dados.

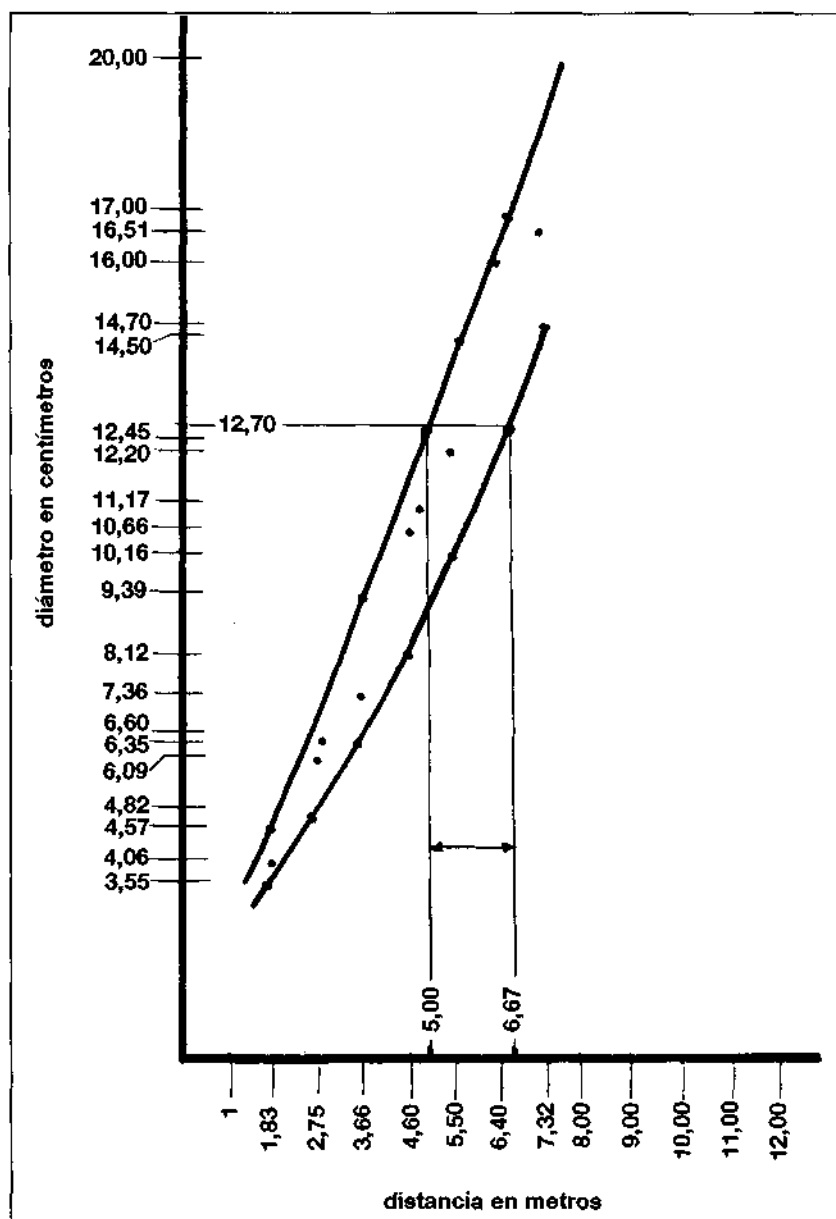


Figura 175

CAPÍTULO XV

IDENTIFICACIONES BALÍSTICAS

1. *PERSONALIDAD DEL ARMA DE FUEGO*

En investigaciones vinculadas con armas de fuego siempre surgen preguntas cuya respuesta tiene como fundamento los principios relativos a la personalidad de cada una de ellas. Esos principios permitirán responder qué tipo de arma se utilizó y si se trata de alguna en particular.

En efecto, estudios y experimentaciones concretados a nivel mundial a lo largo de varias décadas, con implementación de la más moderna tecnología, permiten afirmar una vez más que cada arma de fuego posee una *personalidad* bien definida, que la distingue y diferencia de todas y cada una de las armas de la misma marca y calibre, aunque sean de serie y numeración sucesiva. Esa personalidad radica —como se verá más adelante— en el estriado que presenta el ánima del cañón y en las características que imprimen el percutor y el espaldón en revólveres y demás armas de tiro a tiro, repetición, semiautomáticas y automáticas; sumándose las del extractor, botador y recámara en aquellas que poseen tales elementos (pistolas, pistolas ametralladoras, etcétera).

Lo expresado implica que cada arma de fuego puede ser identificada a través de sus representaciones, las que se imprimen en la superficie cilíndrica del proyectil disparado (en su zona de forzamiento) y en el culote y cuerpo de la vaina servida o disparada, en la forma y condiciones que veremos a continuación.

a) *Importancia del estriado para la identificación de proyectiles.*— En cada proyectil habrá dos tipos de marcas a tener en cuenta: las reiteradas y las accidentales. Las segundas pueden en ocasiones tener injerencia en la investigación técnica, pero no son de valor para identificar en particular un arma, ya que no se producen regularmente en el momento del disparo.

Las marcas reiteradas, en cambio, son muy útiles porque demuestran identidad de ejecución. Las palabras identidad e idéntica, tal como se las utiliza en las investigaciones de armas de fuego, no significan que las marcas o huellas dejadas en dos objetos tales como proyectiles o vainas sean idénticas en el sentido absoluto.

Puede ocurrir que entre dos cosas, o entre dos seres, haya extrema semejanza. Así ocurre que habiendo gemelos tan parecidos, no es sin gran esfuerzo que se les puede distinguir. Ese parecido tan sorprendente se traduce en el lenguaje ordinario con la expresión: "son idénticos". Para no incurrir en ese vicio lingüístico —que si bien es admisible en el diario conversar, no lo es cuando se trata de expresar la idea con precisión científica— es que vamos a presentar ejemplos para que pueda apreciarse en su verdadero alcance, el valor de cada uno de estos términos: identidad y semejanza.

Dos gotas de agua ofrecen tal parecido que, sin estar prevenidos científicamente, se afirmaría rotundamente que son idénticas. Sin embargo, pueden diferenciarse en el peso, en el volumen, en los microorganismos que contengan, etcétera. Aun coincidiendo en ello tampoco serían idénticas porque, siendo dos, fatalmente han de ser distintas espacial o temporalmente.

La experiencia ha señalado que no hay dos armas, aun aquellas de la misma marca y modelo que fueran producidas consecutivamente por las mismas herramientas, que produzcan las mismas características en un proyectil o cápsula servida. Por supuesto habrá una semejanza de familia en cuanto al diámetro, número, ancho, paso e inclinación de campos y macizos, lo cual, técnicamente expresado se resume diciendo: "tienen las mismas características de rayado", pero si bien las improntas pueden ser suficientemente parecidas como para caracterizar una marca (aun el modelo), no lo son como para atribuirles a una misma arma.

Las armas modernas, incluyendo las de acción neumática y las de gas comprimido, tienen cañones estriados (excepto las escopetas),

es decir, rayas que conforman helicoides en su superficie interna cuyo objeto es hacer que el proyectil adquiera un giro rápido sobre su eje longitudinal, produciendo simultáneamente un efecto giroscópico que evita que el proyectil se desvíe o se volteee durante su recorrido. Este método para mejorar la precisión tiene ya muchísimas décadas.

b) *Evolución de las técnicas de confección del rayado del cañón.*— Mientras el método por medio del cual se produjeron en un principio las estrías parece no ser definitivamente conocido, se puede decir que hasta no hace mucho había dos sistemas de uso general para producirlo: el método de la fresa que actúa por raspado, y el método de la fresa en forma de gancho. La mayoría de las armas de determinada antigüedad de fabricación que el perito encuentra han sido rayadas por uno de estos dos métodos, siendo mayoría las atribuidas al segundo. Sin embargo, esta situación ha cambiado con las armas actuales, ya que han aparecido sistemas nuevos y más rápidos.

La fresa que actúa por raspado, consiste en una barra ligeramente más pequeña que el ánima del cañón, sobre la cual hay una o dos secciones de raspado curvadas, de acero endurecido, cuyas alturas pueden ser reguladas en los sucesivos pasajes a través del cañón. Si se debe cortar un número impar de rayas se utiliza una sola sección de corte; si es un número par, se pueden utilizar dos situadas una enfrente de otra. Esta operación es muy lenta, especialmente si se deben formar cinco o seis estrías con una sola herramienta de corte.

En el sistema de la fresa en forma de gancho se emplea una herramienta de corte similar a una aguja de croché, que se inserta en una muesca o ranura de la barra (algo más pequeña que el ánima del cañón). La altura del borde de corte del gancho puede ser regulado mediante un tornillo de ajuste alojado en el extremo de la barra.

Nuevamente, el proceso es exigente y consumidor de tiempo, razón por la cual nuevos métodos de rayado están resultando de uso general.

Se emplea una herramienta de raspado o una de gancho, mediante el examen microscópico, con suficiente aumento, de la hoja de corte, es posible observar que la misma no es realmente pareja.

Tendrá muescas como las que posee la hoja de un cuchillo romo, con la única diferencia de que son más pequeñas; no importa cuánto cuidado se ponga en la operación de afilado, las muescas siempre estarán presentes y resultan en complejos endentados o estrías que se forman en la base de la raya hecha por la herramienta.

Debe recordarse además que el acero usado en los cañones no es absolutamente homogéneo y habrá algunas áreas de la superficie que serán más duras que otras. La herramienta de corte no actuará de la misma manera en estas áreas de diferentes durezas, resultando de ello diferencias en las superficies. También la viruta minúscula de metal que resulta de la operación de tallado puede producir desigualdades en la acción del tallador. No importa cómo se produzcan estas desigualdades, a menos que sean quitadas tenderán a hacer marcas reiteradas en los proyectiles puesto que éstos son de material más blando. Algunos fabricantes llevan a cabo una operación de *lapidado* después de haber confeccionado todas las estrías. Se funde un tapón de plomo en el extremo de una barra colocada en el cañón, asegurando ello un buen ajuste. Luego, con una mezcla de aceite y polvo de esmeril fino como lubricante y agente de pulido, el tapón es empujado hacia atrás y hacia adelante a través del cañón, originando una superficie semejante a un espejo y desapareciendo la mayoría de las desigualdades producidas en los procesos de barrenado, escariado y estriado.

Un cañón nuevo, *lapidado*, imprimirá menos características a un proyectil disparado a través de él que si lo hubiera sido por un cañón no sometido al procedimiento mencionado. Aun así, pese a presentar pocas características, normalmente la identificación será posible.

El próximo a mencionar es el proceso de *brocado* o *escariado*. Una broca es una barra sobre la cual hay entre 25 y 30 anillos de acero endurecido, siendo cada uno de ellos ligeramente mayor en diámetro que el precedente, ostentando ranuras de la medida adecuada intercaladas a intervalos iguales, formando de esta manera una serie de *talladores múltiples*, con la misma cantidad de campos y macizos cada uno. Este sistema permite la producción del rayado de cada cañón en una sola pasada, debiéndose tener en cuenta que cada tallador se encuentre perfectamente alineado con el anterior.

Las brocas requieren mucha especialización en su preparación, pero cada una de ellas es capaz de rayar un gran número de cañones, por lo que el tiempo operativo se reduce en tal medida que una

máquina puede estriar varios centenares de cañones en un día laboral. Además, pueden rayarse muchos más elementos con una broca de este tipo que con una de raspadura o de gancho, ya que aquélla tiene muchos más bordes cortantes y el uso de cada borde es consecuentemente menor que en un tallador simple.

Se podría pensar que puesto que muchos cañones se rayan con la misma broca, todos tendrían estrías exactamente iguales y que sería imposible para el perito distinguir entre los proyectiles disparados por ellos. Sin embargo, éste no es el caso. Cada cañón rayado posee aun una identidad que se expresa en las marcas hechas en los proyectiles disparados a través de él. Esto se debe considerablemente al hecho de que hay algo en común entre los tres métodos de rayado hasta ahora comentados. En todos los casos la preparación del ánima del cañón a ser rayado es esencialmente la misma. Se produce una perforación de diámetro adecuado, de punta a punta, a través del trozo de metal que va a llegar a ser un cañón. Puesto que la superficie así producida es demasiado áspera, debe ser escariada para pulirla suficientemente. Este movimiento de escariado es transversal al eje del cañón, y si se examina microscópicamente se observará una multitud de pequeñas líneas (incisiones) trazadas transversalmente al ánima.

En la sucesiva operación de rayado sólo una porción de estas líneas transversales será quitada, correspondiendo a la superficie donde se cortan las estrías; hallándose siempre presentes en los macizos. Si se examina una sección transversal de un cañón rayado se verá que hay dos grupos de líneas o minúsculos rasguños: uno en los macizos que corren transversalmente, y otro en el fondo del rayado que corre longitudinalmente. Frecuentemente habrá defectos en la superficie de los macizos del cañón debido a las incisiones por virutas producidas en la operación de brocado. Cualquier desigualdad en la superficie con la cual el proyectil pueda entrar en contacto, imprime un rasguño o endentadura en el mismo, dado que la mayor presión sobre las balas la producen los macizos del cañón, siendo posible detectar las marcas más prominentes en el fondo de los campos del proyectil. Por otra parte, si las balas penetran muy ajustadamente se encontrarán estriaciones longitudinales en los macizos de los proyectiles, causadas por la raspadura de aquél a lo largo de la base de las rayas del ánima.

Otro proceso conocido, utilizado por primera vez en Alemania, consiste en *trefilar internamente* el cañón. Cuando una varilla de

extrema dureza se introduce forzosamente a través de un cañón cuya ánima es ligeramente menor en diámetro que aquélla, el metal del cañón se comprime ligeramente bajo esta presión elevada y el ánima aumenta ligeramente. Debido a la elasticidad del metal del cañón, el ánima no será tan grande en diámetro como la misma varilla, pero sí será más grande de lo que era antes de la operación. Si la varilla tiene una superficie muy uniforme y es muy dura, el ánima aparecerá pulida, con diámetro uniforme.

Las rayas se conforman mediante una operación similar, pero con una varilla en forma de torpedo hecha de carburo de tungsteno, u otro material similar de extrema dureza, provisto de campos y macizos que son el negativo de aquellas que se van a producir en el cañón. Mientras pasa a través del cañón provoca una mayor compresión del acero así como produce campos. Esta varilla puede dar origen a miles de cañones.

Con la aplicación de este sistema el perito debe recurrir a exámenes más exhaustivos, a menudo con mayores aumentos a los que antes eran necesarios. Afortunadamente para el perito los cañones así estriados todavía tienen identidad y cada vez que se usan la misma se incrementa.

Existe otro método de producir estrías para armas de buena calidad. Al igual que el anterior, éste se basa en un trefilado interno pero en forma algo diferente. En este sistema, un mandril de acero muy duro, que encaja ajustadamente, con una forma negativa del estriado deseado, es empujado dentro del ánima del cañón después de la operación de escariación, comprimiendo el ánima bajo presión muy alta, de manera tal que el acero penetre en las rayas del mandril rellenándolas por completo. Este método fue utilizado hasta cierto punto en la Segunda Guerra Mundial en la producción de la pistola ametralladora M-3. El acero duro, tal como el que se emplea en fusiles de alto poder y buena calidad, y en varias armas de puño, no se presta para este proceso.

La operación de quitar el mandril del cañón resulta ser un trabajo difícil, durante el cual es probable que se dañe de alguna manera el rayado. Aquí nuevamente la experiencia ha indicado, en los Estados Unidos, que cada cañón producido tiene una identidad y los proyectiles disparados con diferentes cañones pueden ser fácilmente reconocidos.

Para incrementar el promedio de producción de los cañones rayados, fue desarrollado un proceso de formación en frío conocido co-

mo el proceso *hammer* (martillo). Fue desarrollado en Europa por el doctor Appel e introducido en los Estados Unidos de América durante la Segunda Guerra Mundial (Appel Process, Inc., Detroit, Michigan).

En este método un tubo de acero es pasado por un mandril corto, compuesto por acero muy duro, que contiene la impresión negativa del estriado deseado. A medida que el tubo avanza sobre el mandril, múltiples martillos golpean el metal del tubo para introducirlo en los campos del mandril. El grado de giro del rayado producido de esta manera, se determina por el paso de campos y macizos en el mandril. La perfección del estriado dependerá de la perfección del mandril utilizado y de cuán perfectamente se hayan llenado las estrías del mismo.

Éste es un proceso de trefilado pero difiere del descripto con anterioridad en que se hace salir al metal bajo la presión producida por martillos en una máquina automática, antes que por el presionado de un tubo sobre un mandril por la aplicación de una presión muy alta aplicada uniformemente. El proceso tiene algunas de las desventajas experimentadas en los precedentes, en particular la necesidad de usar un acero blando, maleable, que podría ser adecuado para armas más económicas de pequeño calibre. Sin duda tiene una decidida ventaja sobre los procedimientos ya indicados, ya que el mandril utilizado es relativamente corto, por lo que la dificultad para extraer uno más largo del interior del tubo estriado, queda eliminada. (*Firearms identification*, vol. I, The University of Wisconsin Press, Madison, 1962.)

En nuestro país, al menos en lo que atañe a la Fábrica Militar de Armas Portátiles "Domingo Matheu", ubicada en Rosario, provincia de Santa Fe, a la que hemos tenido el gusto de visitar, el sistema de brocado o escariado para la conformación de estrías en armas automáticas y semiautomáticas, está fuera de servicio desde el año 1972. En su reemplazo, el estriado de cañones tanto para armas largas como cortas, se lleva a cabo mediante el procedimiento de *martelado* (*hammer process* en Estados Unidos y *martelage à froid* en Francia), que se concreta en frío.

Al ejemplificar este procedimiento nos referiremos a la pistola calibre 9 x 19 mm, sistema *Browning*. Para la obtención de su respectivo cañón estriado, se parte de un barrote o tubo macizo de 50 cm de largo, el que previamente se frentea mecánicamente para asegurar su asentamiento en la herramienta que producirá su perfora-

do posterior. El frentado aludido le da forma de un cono que facilita el centrado de la máquina de perforado profundo. Esta última operación la realiza una broca ubicada en una *caña* lubricada con aceite, que va avanzando 35 mm por minuto hasta la perforación total del barrote.

Posteriormente, y ya en otro sector de la fábrica, se funde plomo en cada barrote perforado, se le agrega polvo de esmeril y con un baquetón que se integra a una máquina, se procede al pulido interno con grano 80 para desbastar y grano 120 para el acabado. El plomo hace la función de sostén del esmeril. Esta tarea abrasiva puede producir rayas profundas en el interior del tubo, que el posterior martelado no elimina; ello hace que se asegure el correcto pulido interno en la forma antes expuesta.

A las tareas descriptas le sigue el *martelado en frío*; para ello existen dos maquinarias, una que opera verticalmente y la otra horizontalmente. Estas maquinarias contienen martillos (que actualmente se desarrollan en el país) cuya función es dar el diámetro interior del cañón. En tal sentido, mediante la actuación de un peregrino de carburo de tungsteno (no se realiza en el país, ya que sólo existen dos o tres fabricantes en el mundo) pulido al espejo, y de forma cónica, la maquinaria procede al estriado del cañón por la acción conjunta de los martillos que golpean sobre la superficie cilíndrica externa y el peregrino (que contiene el tatuaje estrial a transmitir) ubicado en su interior; sobre este último se desplaza el ánima o cara interna del barrote perforado.

Estriado este último, pasa a una máquina cortadora que contiene tres sierras circulares, con el propósito de obtener cinco unidades o cañones, del mismo.

Cada cañón así obtenido y con sus extremos sin acabar, luego de algunos procedimientos intermedios, se traslada al sector donde se fabrica la recámara correspondiente. Éstas se llevan a cabo con mechas que desbastan el material hasta la profundidad y diámetro deseados, luego de lo cual se pulen internamente a mano con baqueta y tela esmeril de grano 150, a medida que el cilindro o cañón gira mecánicamente.

La operación siguiente consiste en la concreción de otro corte mecánico del extremo opuesto a la recámara, para culminar con la terminación o el acabado, también mecánico, del brocal (boca de fuego).

Con posterioridad al armado completo de la pistola, la misma

es sometida a un disparo de tormento con un cartucho sobrecargado en un 25% de lo normal; catorce disparos para verificación de su funcionamiento y otros cinco para centrado de los aparatos de puntería, todo lo cual suma un total de veinte.

Teniendo en cuenta la descripción sintética de todas las tareas que guardan íntima relación con el cañón del arma y vinculándolas con la posibilidad o no de identificar un proyectil disparado por el mismo, surgen las siguientes consideraciones:

1) No puede negarse que en la actualidad, el sistema de fabricación de estriado por martelado posee la cualidad de ser ideal, dado que el peregrino es de extrema dureza y con él pueden llevarse a cabo numerosísimas unidades sin deformación del mismo.

2) Este sistema es conocido internacionalmente y se aplica desde hace ya varias décadas.

3) La operación de perforado y posterior pulido con polvo de esmeril, de cada barrote, como paso previo a la concreción del martelado, es obvio que en su interior deja características *microscópicas* individuales en cada caso.

4) Tales características pueden ser observadas en fábrica mediante el empleo de un endoscopio.

5) Las diminutas y *microscópicas* virutas de arrastre que en las diferentes tareas de corte y terminación se le ejecutan al cañón, a partir del momento en que cada barrote martelado es fraccionado en cinco unidades, deben necesariamente, transmitir características identificatorias.

6) El mismo criterio puede aplicarse con los veinte disparos que se concretan con el arma ya armada, oportunamente referidos.

7) Las etapas mencionadas necesariamente deben ir contribuyendo a la conformación de la personalidad de cada cañón y, consecuentemente, del arma a la que va a pertenecer.

Nuestros muchos años de experiencia en el tema de identificación de este tipo de armas con proyectiles secuestrados, ofrecidos para cotejo, más las opiniones de diferentes especialistas internacionales que se dedican a la misma tarea y que hemos podido recoger con el transcurso del tiempo, nos obligan a concluir que sí es posible diferenciar *microscópicamente* el empleo de una u otra arma de igual marca, modelo y calibre, cuyos cañones fueron estriados mediante el sistema aludido. En última instancia, la labor será más dificultosa.

Recordemos aquí lo expresado anteriormente, haciendo nuestras las palabras de Edmund Locard: "Aun cuando dos gotas de

agua coincidieran en peso, volumen, microorganismos que contengan, etc., tampoco serían idénticas porque siendo dos, fatalmente han de ser distintas en el espacio o en el tiempo", a lo que cabría agregar que el secreto está en saber observar y tener profunda experiencia en tareas de comparación y valoración cualicuantitativa.

2. IDENTIFICACIÓN DE PROYECTILES

a) *Huellas en sus superficies.*— Cuando una bala de plomo macizo o encamisada, pasa a través de un cañón estriado bajo alta presión, tiende a expandirse y ocupar completamente la sección transversal de aquél. El proyectil debería poseer una medida tal que le permitiera seguir el estriado y prevenir la pérdida de presión y la erosión de las superficies internas del ánima por escape de gases. Cuanto más completa sea la ocupación o llenado de la sección del cañón, más distintivas serán las marcas o huellas que registre el proyectil y mejor la posibilidad de cotejo entre características estriales.

Las desigualdades en las superficies aceradas de campos y macizos marcarán el proyectil a su paso por el interior del ánima bajo presión, y mostrará marcas útiles, no sólo en los macizos, sino también en los campos. El caso ideal es aquel en el cual todos los campos y macizos de la bala disparada tienen marcas que muestran características que se repiten, es decir, que serán encontradas en todos los proyectiles disparados con un mismo cañón, posibilitando las coincidencias en el enfrentamiento comparativo microscópico con cada campo y macizo.

No es necesario decir que tal perfección raramente es encontrada. En algunos casos de proyectiles mutilados, el examinador puede tener la fortuna de hallar una característica suficientemente convincente como para permitirle expresar una opinión positiva. En el caso de proyectiles encamisados o blindados, es muy raro que se produzca la situación donde todos los campos y macizos posean características que coincidan perfectamente, dada la gran dureza del material, la cual, a su vez, impide que pase lo suficientemente forzado como para llenar la sección transversal antes referida.

En realidad, ocurre frecuentemente que los macizos de proyectil evidencian algunas marcas de características repetidas, con va-

lor suficiente como para permitir un ensamble confrontativo convincente.

De lo expresado no debe inferirse que las características coincidentes en el cotejo con proyectiles de plomo sean superiores en calidad que las que puedan encontrarse en encamisados. Debido a la mayor dureza del blindado, es menos probable que se borren o desaparezcan los finos complejos lineales producidos en el momento del pasaje del elemento por el interior del cañón. Pero si la bala es demasiado pequeña, puede que no continúe el estriado lo suficiente como para producir marcas que se repitan. Obviamente, si la bala resbala o patina habrá una confusión de marcas, ya que dos proyectiles nunca lo hacen de la misma manera.

Si un mismo proyectil es sólo ligeramente más pequeño de lo que debería ser, puede patinar cuando ingresa al sector estriado del cañón de un arma semiautomática o automática y luego asentarse y continuar el estriado. En tal caso, las marcas pueden ser del mismo carácter que las de patinaje encontradas en proyectiles disparados con revólveres.

Más asiduamente, un proyectil —particularmente un encamisado— que muestra buenas marcas en los campos, evidenciará pocas o nulas en los macizos, dado que no se expandió lo suficiente o no era de la medida apropiada.

Además de las marcas hechas por el estriado, pueden aparecer otras que se producen cuando la bala golpea el cono de forzamiento (si lo hubiere) y por irregularidades que existan en la boca del cañón. Algunas armas no poseen cono de forzamiento y el estriado comienza abruptamente, en tanto el diámetro interno del cañón en la parte estriada es menor que el que le precede inmediatamente y los bordes aguzados de los macizos cavan al proyectil cuando éste los golpea. En algunas armas el cañón está constreñido en la boca, probablemente por la operación de coronado. Esta constricción tiene una importante relación en las marcas que el cañón le transmite previamente a lo largo de todo su recorrido, pudiendo superponerse las nuevas marcas a las anteriores, previa remoción de éstas.

Es frecuente encontrar cañones con rebabas en su boca debido a accidentes o mal trato del arma, las que pueden cavar el proyectil produciéndole marcas distintivas en forma de ranuras longitudinales. Cuando aparecen debería examinarse la boca en procura de rebabas.

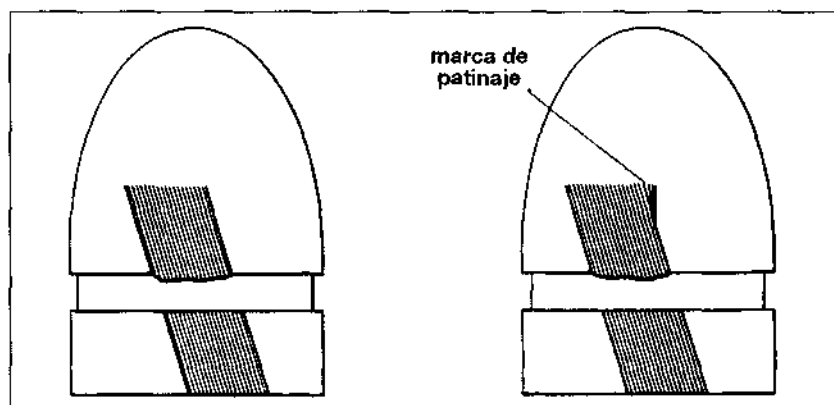


Figura 176

Graficación de una huella de patinaje del proyectil en un revólver.

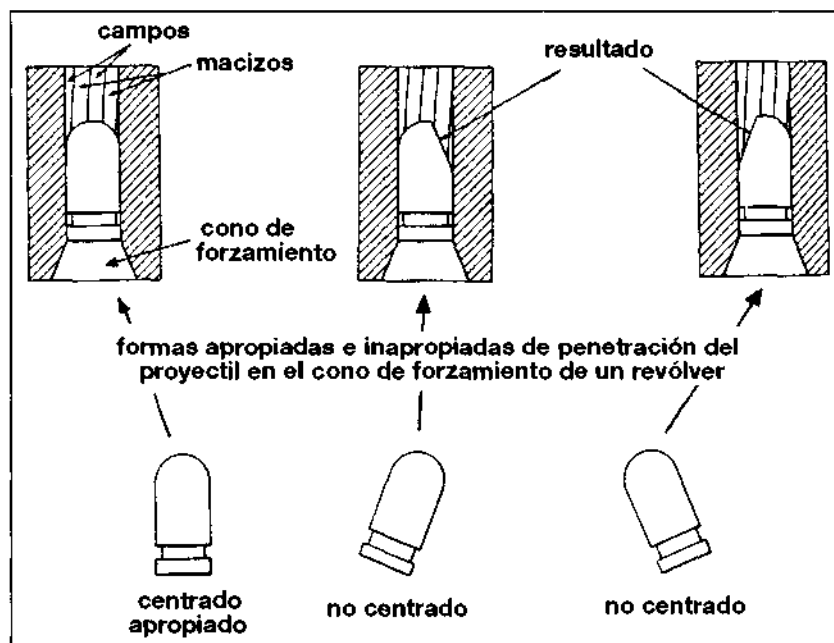


Figura 177

Puede que también el perito encuentre armas con una comba en el cañón, la que proviene de disparar un proyectil a través de un cañón con una obstrucción —generalmente una bala atascada. Cuando se produce un disparo en tal situación el proyectil tendrá dos grupos de características superpuestas que pueden causar considerable confusión.

Cuando una bala es disparada por un revólver frecuentemente mostrará marcas de resbalamiento o patinaje y los campos serán más anchos hacia la ojiva que en la base. El patinaje ocurre cuando el proyectil golpea los macizos del cañón luego de adquirir alta velocidad en su paso del cartucho al sector estriado; dada la alta inercia que así ha adquirido, resiste el intento de los macizos de provocarle un movimiento rotacional y, por lo tanto, patina.

No es común apreciar esta última circunstancia en pistolas semiautomáticas, dado que comparativamente, el proyectil comienza el rayado con poca inercia y sigue los macizos prácticamente desde el inicio del recorrido.

Los revólveres de baja calidad o aquéllos con mucho desgaste, pueden exhibir alvéolos que no se alinean convenientemente con el ánima del cañón; en tales casos, habrá *trefilado de plomo*. Esta situación podría causar dificultad en la identificación de un arma, dependiendo ello de si se trata de un hecho repetido o no. En el último caso sí la habrá.

Si el cilindro está muy flojo (desajustado), la alineación alvéolo-cañón será caprichosa y provocará problemas. Usualmente la dificultad sobreviene por disparar muchos cartuchos en procura de proyectiles testigos, en lugar de los dos o tres acostumbrados.

Es probable que puedan encontrarse otro tipo de marcas no repetidas, por lo que debe tenerse sumo cuidado para evitar confusiones con su presencia. Nos referimos a una suerte de finos rasguños paralelos al eje longitudinal de la bala, producidos cuando ésta es forzada hacia afuera de la vaina en la que se aloja y a la cual estaba sujeta mediante el enganche de la boca de aquélla y la acanaladura que posee la bala cerca de la base. También pueden producirlos algunos puntos de anclaje presentes en la parte superior de la cápsula o bien un simple encastre demasiado ajustado entre ambos elementos.

Tales rasguños pueden existir en gran número y ocasionalmente no se remueven por el pasaje del proyectil a través del cañón. Dado que son muy cortos, es difícil determinar que son paralelos al

eje longitudinal de la bala y resulta más fácil confundirlos con tatuaje estrial del cañón. Una bala que ha sido manual o mecánicamente extraída de un cartucho mediante la aplicación de fuerza, obviamente mostrará estas marcas.

Algunas armas baratas de origen extranjero, especialmente las realizadas en España y Bélgica antes de la Guerra Civil española y la Segunda Guerra Mundial, poseían un rayado de muy baja calidad. No sólo había raspaduras transversales en la parte superior de los macizos, sino también profundos arañazos o ranuras en los campos, producidos por herramientas de corte que tenían muescas en sus filos.

Si tales ranuras están presentes en el interior de un cañón, producirán marcas en los proyectiles que dispare. Si las marcas en las herramientas de corte son prominentes, pueden producirse ranuras casi idénticas en cada campo del cañón, por lo que una bala disparada a través de tal elemento podrá tener algunas características similares en cada macizo. Cuando ello ocurre, podrán producirse coincidencias de confronte ilusorias de un proyectil con otro, es decir, un macizo se identificará con algunos otros del mismo proyectil siempre y cuando estuviesen ausentes otras características que los diferencien.

Afortunadamente, cada macizo y campo de un cañón estriado posee, por lo general, suficiente identidad como para evitar que un experto se equivoque.

(ver figura 178 en p. 519)

b) *Proyectiles testigos*.— Para su obtención es de buena práctica utilizar el mismo tipo de munición (marca y año de fabricación) que ha sido secuestrada como evidencia, preferentemente la del arma incautada o en poder del sospechoso. Ello ayudará a asegurar la similitud, lo cual es importante dadas las variaciones tanto en la misma marca como en marcas diferentes.

Si no se obtuviesen buenas confrontaciones con el uso de munición similar es, por supuesto, viable experimentar con otras de diferente marca o año de fabricación, para ver si se pueden obtener mejores resultados comparativos. De ser así, son buena evidencia, ya que no podrían ser producidas por ninguna otra arma, sin importar qué munición fue utilizada.

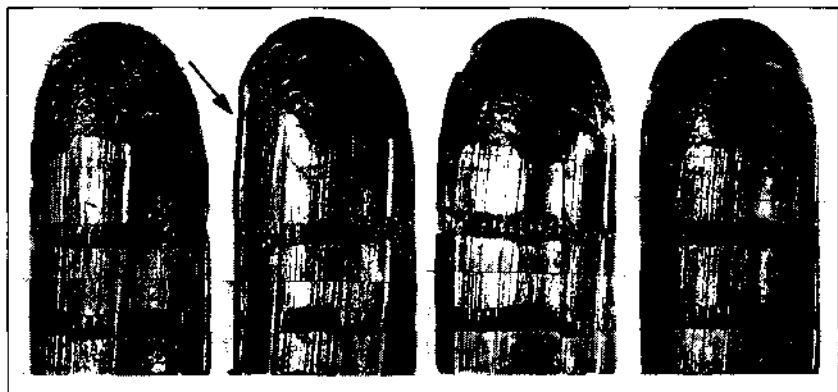


Figura 178

Cuatro yuxtaposiciones sucesivas obtenidas microscópicamente entre un proyectil incriminado y otro testigo, ambos de plomo, donde puede apreciarse el "trefilado" del proyectil por falta de alineación alvéolo-cañón.

Las marcas o características que aparecen en los proyectiles no sólo están influenciadas por la presencia de polvo, partículas de arenisca u otras sustancias ajenas, partículas metálicas de proyectiles anteriormente disparados, etc., sino también por el material de los proyectiles en estudio y/o camisas metálicas cuando fueren blindados o semiblandos.

Las balas construidas con plomo altamente endurecido mostrarán marcas algo diferentes que aquéllas realizadas con plomo blando.

Algunos investigadores recomiendan reducir la carga de proyección cuando se trata de cartuchos de alto poder, indicando que la marcación de huellas no se ve afectada por la fuerza de la carga. En oportunidades hasta han recurrido a pasar el proyectil testigo en forma manual por el ánima del cañón, con ayuda de una baqueta. Otros ven el tema de manera muy diferente.

Sea como fuere, lo aconsejable es no reducir la carga y disparar el cartucho tal como es, pues la carga reducida sólo debería utilizarse en los casos que resultare imposible recuperarlo u obtenerlo satisfactoriamente de otra manera, y nunca recurrir a la obtención manual del mismo, tal como se expresara.

c) *Procedimientos para la obtención de proyectiles testigos.*— Lógicamente es importante coleccionar u obtener proyectiles testigos útiles para cotejo con similares incriminados, de tal manera que no posean características o huellas adicionales a las que le pueda imprimir el ánima del cañón utilizado, con posterioridad a su salida de la boca de aquél. El procedimiento más común es el de disparar sobre algodón limpio. Para las armas de alto poder, como los fusiles o carabinas, un mejor procedimiento consiste en utilizar aserrín aceitado. También ha dado muy buenos resultados el empleo de estopa, la cual, al igual que el algodón y la lana, envuelve al proyectil en forma de capullo y disminuye la longitud del desplazamiento.

La recuperación de proyectiles en medio líquido brinda excelentes resultados, específicamente en agua. Para ello pueden emplearse dispositivos verticales u horizontales, siendo preferible en el primer caso que su base sea de forma cónica y la extracción del proyectil se lleve a cabo mediante una canasta de algún material que no se oxide. La opción dependerá de los espacios físicos con que se cuente, especialmente en el de forma horizontal, que necesita una longitud considerable. En ambos casos el crecimiento de organismos en el agua puede prevenirse con el agregado de dicloruro de mercurio o tolueno.

Otra forma de reducir el espacio a emplear para los dispositivos de mención es aumentando el peso específico del agua mediante el agregado de alguna sustancia apropiada. Es de hacer notar además que cuando se trata de balas de punta perforada, según sean sus características, la recuperación del elemento intacto no resulta factible, dado que se expanden y fragmentan a escasos centímetros de penetración en el medio.

Un procedimiento inusual que también se ha empleado para la recuperación es el del empleo de un bloque de hielo. Experiencias concretadas en Estados Unidos hace ya bastante tiempo, demostraron que los proyectiles de plomo calibre .22 conservan luego de la penetración todas las características estriales y no exhiben deformaciones perceptibles. El calor y la presión del elemento derriten el hielo, produciéndose una desaceleración sin daños en la forma o en el tatuaje. No es un método práctico para el trabajo de rutina, pero podría ser útil en situaciones especiales.

d) *Métodos de comparación.*— Antes del advenimiento del microscopio de comparación en la década del 20, destinado a las identificaciones balísticas, y durante algún tiempo después, la confrontación entre proyectiles y vainas se concretaba por otros métodos rara vez empleados en la actualidad. De tal manera se podía a veces llevar a cabo una identificación convincente midiendo en secuencia los anchos de los macizos de proyectiles incriminados y testigos, para luego compararlos.

Las mediciones se concretaban con un micrómetro filiforme. Se trata de un dispositivo especial ubicado en la parte superior de un microscopio compuesto, que cuenta con una escala y un hilo o cabello cruzado que se mueve a lo largo de la escala (o, como en el microscopio Spencer, una escala que se mueve) a medida que se gira un tambor o cilindro calibrado. El proyectil se observa a través de la escala, haciendo rotar el tambor hasta que el hilo o cabello se alinea con un borde del macizo, dándose lectura a la posición tomada. Igual procedimiento se concreta con el lado opuesto de dicho campo. La diferencia equivale al ancho del campo, y cualquier cambio en la distancia existente entre el objetivo y el ocular destruirá la calibración, dado que cambia el aumento. Cuando se lo utiliza apropiadamente es muy preciso. Sin embargo, sabemos que en la actualidad existen técnicas mejores de medición, tal como veremos más adelante.

Por supuesto que hoy en día este método no tiene mayor sentido, dado que la forma en que se fabrican los estriados de los cañones no permiten diferenciar unos de otros sólo por el ancho y distribución de macizos, cuando se trata de armas de igual marca, modelo y calibre. Asimismo, cualquier deformación del proyectil secuestrado puede desvirtuar los resultados o las mediciones.

Otro sistema de identificación empleado en los días anteriores al del microscopio de comparación fue conocido como el método de la correspondencia alternada, aparentemente originado en Francia, el cual requería mucha habilidad, paciencia y tiempo.

Se colocaba el proyectil secuestrado frente a una cámara de distancia focal larga, provista de una lente de distancia focal corta, con el propósito de obtener un buen aumento. La iluminación se ajustaba de manera tal de obtener la mejor ventaja de las huellas que exhibía el proyectil. Si el mismo poseía seis macizos se tomaba

igual cantidad de fotografías, en forma consecutiva, mediante la rotación del elemento, cuidando que se posicionara siempre de la misma manera en el plano focal. De igual modo se procedía con el proyectil testigo. Obtenidas las copias fotográficas respectivas se buscaban las yuxtaposiciones que permitirían expedirse técnicamente sobre la identificación o no del elemento ofrecido con el arma secuestrada, sobre la base de la existencia de una cantidad suficiente de concordancias.

Este sistema es mucho más fácil de aplicar en la identificación de vainas servidas, dado que no se necesita una cantidad tan grande de fotografías.

En el año 1913 un distinguido médico legista de origen francés, el doctor Víctor Balthazard, ideó un sistema para la identificación del proyectil incriminado con el arma que lo disparó mediante el cotejo de aquél con el elemento testigo o de experiencia. El procedimiento consistía en hacer rodar ambos proyectiles sobre una hoja o lámina delgada de estaño colocada sobre un tablero, apoyando cada uno sobre una guía constituida por una regla plana. De tal manera se los impulsaba con el apoyo de una madera de cara plana, hasta dar una vuelta completa. Los resultados se fotografiaban y ampliaban para la confrontación respectiva.

El sistema *Balthazard* fue muy bueno en su época y en nuestro país comenzó a aplicárselo por los años 1922/23, pero presentaba los siguientes inconvenientes:

—no podía aplicarse cuando el proyectil secuestrado estaba deformado o aplastado, por la imposibilidad de rodarlo;

—el rodado del elemento debía concretarse con especial cuidado para evitar su arrastre, porque de lo contrario podían malograrse sus características;

—al intervenir la mano del hombre en la confección del rodado, el mismo podía desnaturalizarse voluntariamente bajo el imperio de la mala fe, o bien involuntariamente las presiones desparejas del movimiento no arrojaban resultados satisfactorios;

—porque este sistema limitaba su cotejo a las características que presentaban las rayas o campos del cañón impresos en los proyectiles, dejando de lado las que presentan los macizos que, por su especial relieve, se graban más fielmente en su superficie cilíndrica, especialmente en aquéllos blindados.

Resultaría sumamente tedioso continuar describiendo los diferentes sistemas que fueron creándose con el transcurso del tiempo

para facilitar la identificación de proyectiles; es por ello que, refiriéndonos a la época actual, sintetizaremos a continuación los métodos en uso en el orden mundial, incluyendo obviamente a nuestro país.

El fotomacrocomparador sistema argentino *Belaúnde*, que como es bien sabido lleva el nombre de su inventor, el ya fallecido comisario Ernesto M. Belaúnde, perteneciente a la entonces policía de la Capital, continúa brindando en versiones más modernas con película de 35 mm óptimos resultados, ya que mediante su empleo el perito tiene frente a sí en un solo plano las vistas fotográficas completas de los tatuajes estriales existentes en ambos proyectiles: *in-criminado y testigo*, situación ésta que le permite, con una buena capacitación, demostrar acabada y comprensivamente los resultados que obtenga. Cada documentación fotográfica, denominada *rodado*, se obtiene mediante el giro simultáneo de la película y el proyectil en forma sincronizada.



Figura 179

Detalle fotográfico de un instrumento moderno basado en el sistema *Belaúnde*.

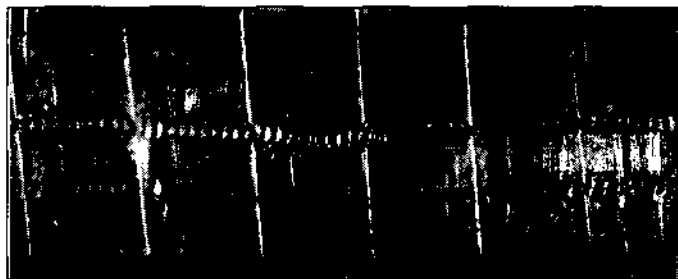
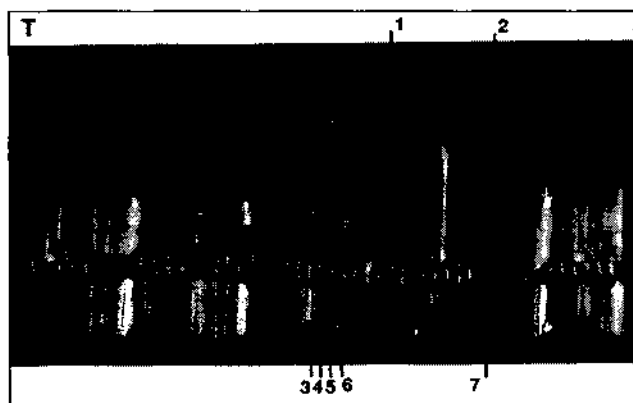
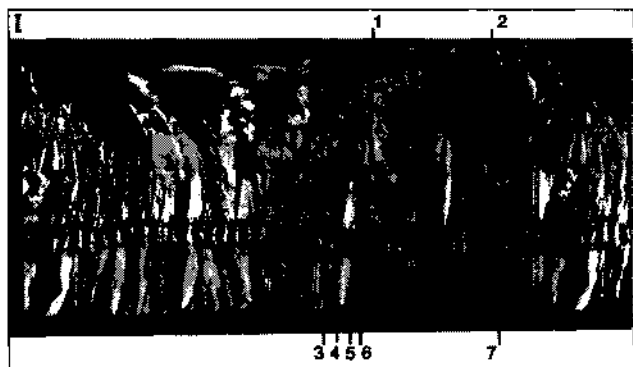


Figura 180

Vista de un
rodado de
proyectil de
plomo.



Figuras 181 y 182

Forma en que se llevan a cabo los cotejos entre proyectiles: "incriminado" (deformado) y "testigo", ambos de plomo, con marcación de las coincidencias detectadas.

El microscopio de comparación: Sin lugar a dudas es la herramienta actual por excelencia para el perito balístico cuya tarea, entre otras, es la identificación de proyectiles y vainas servidas. Muchos fueron los que colaboraron con sus ideas en la creación y el desarrollo actualizado del instrumento. Desde la fundamentación de la exacta identificación criminalística de proyectiles por el norteamericano Charles E. Waite, en el año 1920, fue evidente que rastros iguales en proyectiles disparados sólo eran comparables científicamente cuando las imágenes de los objetos eran aumentadas en forma simultánea.

En el año 1925 el doctor Otto Mezger, director del Instituto de Investigación Química de Stuttgart, se dirigió a la empresa Ernst Leitz Wetzlar con el pedido de que se le suministrara un instrumento óptico con el cual fuera posible observar simultáneamente dos proyectiles bajo idénticas condiciones de aumento e iluminación. Mediante dos microscopios biológicos, munidos de un puente de comparación ya existente en el mercado, se efectuaron por primera vez en Alemania observaciones de comparación en proyectiles en el laboratorio de aplicación técnica de Leitz, juntamente con el doctor Mezger y su colaborador, el doctor ingeniero Walter Hess, posterior director del Instituto Criminológico de la policía estatal de Berlín.

Las experiencias ganadas se vieron reflejadas en el instrumento especial creado por Leitz, el *gran microscopio de comparación para fines forenses*. Este instrumento, aparecido en el año 1931 en Wetzlar a raíz de las sugerencias del doctor Mezger, fue aceptado mundialmente por los expertos para la comprobación exacta en todas las gamas de la técnica criminalística de comparación. Pese a que la técnica de aplicación del instrumento especial Leitz sugerido por Mezger y Hess fue ampliada y sensiblemente simplificada con el correr de los años, las ideas básicas de estos dos prácticos permanecieron fijando el rumbo de todas las evoluciones.

Así también, entre otros, son dignas de mención las apreciaciones del problema que efectuara Alexander von Inostranzeff, profesor de geología en la Universidad Imperial de San Petersburgo.

Como se expresa, este tipo de microscopio está indicado en aquellos casos en los que deben cotejarse con luz incidente y fotografiarse, dos objetos. Su principal campo de aplicación es la criminalística (examen de proyectiles, vainas, huellas de herramientas, documentos, etcétera).

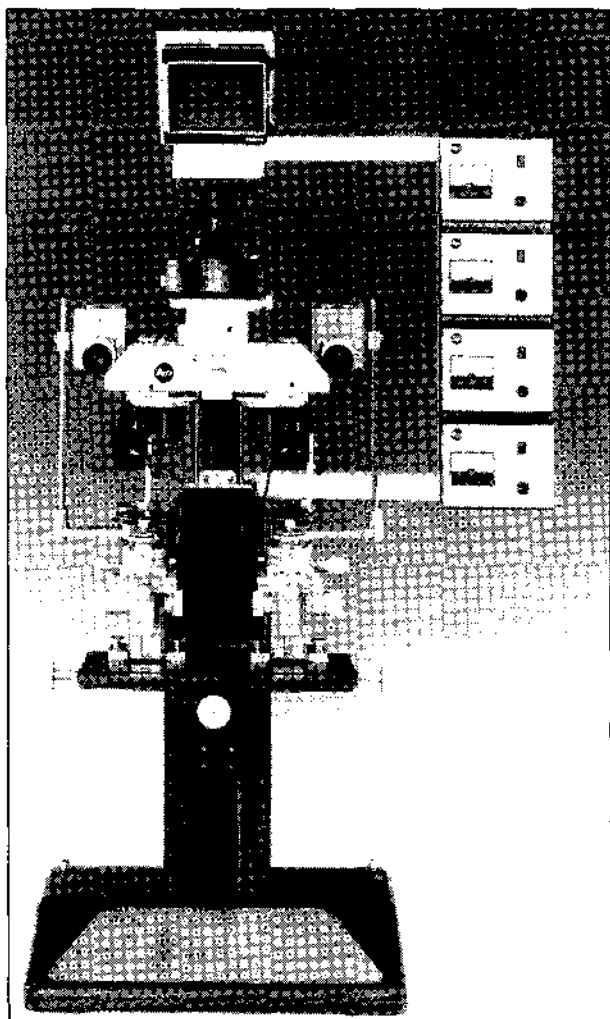
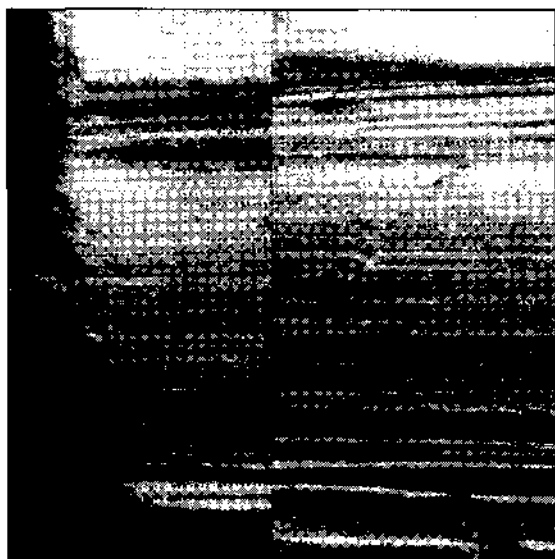


Figura 183

Microscopio moderno de comparación.



Figuras 184 y 185

Reproducciones fotográficas de correspondencias estriales obtenidas entre proyectiles "incriminados" y "testigos", mediante el empleo del microscopio de comparación.

Con los mismos pueden ser observadas porciones de dos elementos en forma simultánea y luego yuxtaponerse a los fines demostrativos que se persigan. Los microscopios modernos vienen equipados con sistemas automáticos (computados) de documentación fotográfica y adaptadores para la aplicación de videocámaras que posibilitan el estudio indirecto a través de monitores en color. También existen procesadores de imágenes para la videomicroscopía digital. En todos estos casos resulta factible asimismo el archivo en memoria de imágenes, de todas las identificaciones que se concreten. Esta última circunstancia es sumamente útil para integrar una base de datos con características identificativas de proyectiles y/o vainas, disparados y percutidos, respectivamente, por armas que aun no han sido secuestradas en un hecho delictuoso, por no haber sido habidas.

En los comienzos y a nivel mundial, el examen de las armas de fuego y de todo lo concerniente a las mismas en hechos delictuosos, estaba en manos de policías, armeros o entusiastas por las armas, pero muy pocos de ellos tenían preparación académica. En algunos casos, los juzgados parecían tomar por válida la posición de experto que asumía cualquiera que aparecía proponiéndose para alguna de las partes. Hoy en día, sin embargo, debe haber pocos que no hayan sido interrogados en juicio respecto de su experiencia, título/s académicos y la validez de los métodos y técnicas que han utilizado.

En este último sentido, mucho trabajo se ha realizado durante el transcurso de los años para colocar la labor comparativa en un pie abiertamente objetivo. En 1985 la Asociación de examinadores de huellas de armas de fuego y herramientas (AFTE), con asiento en los Estados Unidos de América, formó el comité de criterio para la identificación. Su objetivo era alcanzar un consenso sobre la teoría y práctica del examen, identificación y comparación de huellas de herramientas. Lo lograron en 1989 y lo reportaron en 1990 a través de la revista de la "AFTE", nº 22, ps. 275-279, en un artículo titulado *Theory of identification, range of striae comparison reports and modified glossary definitions*. Una de las conclusiones del comité fue que, generalmente, la interpretación de una comparación permanece subjetiva en naturaleza y recae en el entrenamiento y experiencia del perito. Aunque así parezca ser el caso, hay continua investigación de la aplicación de tecnologías que ayuden a mejorar el grado de objetividad.

Quizás el proyecto más ambicioso y lejano de alcanzar sea el que ha encarado el Departamento Federal de Investigación (FBI) en Estados Unidos. El mismo utilizará computadoras, imágenes digitales y tecnologías relacionadas para mejorar y acrecentar las posibilidades de los expertos, especialmente en el mantenimiento y la búsqueda de grandes archivos de vainas y proyectiles secuestrados en hechos delictuosos no resueltos.

El proyecto tiende a aliviar las hasta ahora limitadas posibilidades manuales de capturar y analizar la muy detallada información científica y la de investigaciones asociadas, como para interrelacionar sucesos o descubrirlos. Esta información también contendrá datos sobre proyectiles y vainas testigos de armas secuestradas. El sistema proveerá la forma de capturar, almacenar y diseminar imágenes digitalizadas de características identificativas existentes en cápsulas y proyectiles, pudiéndoselas intercambiar entre laboratorios ubicados en diferentes sitios.

En general, puede aseverarse que en distintas partes del mundo, especialmente en los Estados Unidos de América, se realizan y continúan realizando experiencias y estudios para adaptar los diferentes avances de la técnica a la labor específica del perito balístico. De tal manera podemos encontrar información referida a la incorporación de ficheros computados que contienen características estriales y otros datos de interés vinculados con armas de fuego y su munición; sistemas de videomicroscopía, videoimpresoras, etcétera.

e) *Marcas adicionales y objetos adheridos o pegados a proyectiles.*— Otras cosas que ocurren a los proyectiles pueden resultar de utilidad en circunstancias especiales. Con frecuencia, cuando un proyectil atraviesa alguna prenda queda en su punta u ojiva el tatuaje de la trama de la tela, lo cual hace que pueda compararse con otros obtenidos experimentalmente mediante el empleo del arma sospechada y las prendas secuestradas, en condiciones simuladas.

Ello puede indicar cuál de dos o más proyectiles fue el que atravesó completamente el cuerpo de la víctima o dañado, según el caso —punto éste muy importante cuando dos o más armas se encuentran involucradas en un tiroteo. Las balas también suelen ser disparadas a través de protectores de alambre ubicados en ventanas o puertas, lo cual indica que pueden llevarse a cabo estudios similares al antes referido.

Los objetos, generalmente diminutos, adheridos o incrustados en la superficie de un proyectil pueden agregar información útil. Éstos pueden ser restos de yeso, madera, partículas de vidrio, cabello, fibras de distinto tipo y muchos otros. Los encargados del secuestro de proyectiles disparados en el lugar del hecho, deben estar alertas respecto del adecuado manipuleo de tan importante evidencia.

f) *Características de clase.*— Son todas aquellas características distintivas que, dadas las diferencias formuladas en las especificaciones de los diferentes fabricantes, darán a menudo una clave prometedora de la marca y modelo de arma con la cual se disparó el proyectil.

Estas características son:

- 1) los diámetros del ánima y de los campos o estrías del cañón;
- 2) la inclinación o dirección del estriado;
- 3) el número de campos y macizos;
- 4) el ancho de campos y macizos;
- 5) el ángulo de inclinación del rayado;
- 6) la profundidad de las estrías.

g) *Observaciones generales relativas a los proyectiles (balas disparadas).*— Antes del advenimiento de la pólvora sin humo, se empleaba para la fabricación de balas el plomo endurecido por el aditamento de pequeñas cantidades de antimonio o estaño (o ambos). Pero con las velocidades superiores o más altas alcanzables con esta nueva pólvora, la fusión de metales con tal propósito se convirtió en un serio problema, lo que condujo a la cobertura de balas de plomo con algún metal más duro. Las balas para armas largas calibre .22 de baja potencia, todavía se fabrican con aleaciones de plomo o pueden tener una muy delgada capa protectora de cobre (o aleación del mismo), que no sólo endurece sino que también lubrica la bala y reduce el *ensuciamiento* del metal. Esta capa delgada (o cobreado) no debe ser confundida con el encamisado.

Las balas encamisadas son ahora de uso estándar en fusiles o carabinas de alto poder y en pistolas y pistolas ametralladoras, siendo también ampliamente utilizadas en revólveres. Se han desarrollado muchas variedades y una colección de todos los tipos se hace

necesaria como parte del equipo de un laboratorio. A diferencia de las balas cobreadas, cuyo espesor no supera los 0,000508 cm (nos referimos a la pequeña película que recubre), las encamisadas oscilan entre 0,0508 y 0,0762 cm de espesor.

Para su uso en armas automáticas el encamisado cubre toda la superficie de la bala, excepto el centro de la base. Con fines de caza el encamisado puede ser total, a excepción de la punta; esta *punta blanda* se expande al hacer impacto en la carne y provoca mayor destrucción de los tejidos, incrementando su efectividad. Las balas de punta perforada (*hollow point*) son completamente encamisadas, con excepción de un pequeño orificio en la ojiva. Se abren al chocar contra la carne y son muy destructivas de los tejidos. Todas las balas para fines militares están completamente cubiertas en la ojiva, la que puede ser redondeada o muy puntiaguda; deben llevar una punta de acero (o cualquier otro metal duro) para incrementar la penetración.

En los casos de balas con punta perforada o blanda, nos encontraremos frecuentemente con la circunstancia de que sólo una porción del proyectil recibido por el perito estará encamisada o que, por el contrario, carece totalmente de camisa metálica por haber sido completamente expulsada. Dado que el tatuaje estrial sólo se asienta en el encamisado, la pérdida del núcleo de plomo carece de importancia a los fines identificativos.

Para algunos fusiles o carabinas de alto poder, la velocidad del proyectil puede ser tan grande que prácticamente explota cuando choca contra un animal (u otro objeto), resultando difícil encontrar fragmentos grandes. En tales casos, los pequeños fragmentos de encamisado deben ser microscópicamente observados en busca de marcas que permitan conducir a una identificación.

Finalmente, diremos que la identificación de proyectiles cobreados suele ser dificultosa, dado que su pasaje por el ánima del arma no sólo la ensucia, dificultando la obtención de proyectiles testigos apropiados a los fines identificativos, sino que también se forman *escamas* en su superficie, las cuales desvirtúan microscópicamente la posibilidad de detectar complejos estriales técnicamente apropiados para estudio (no en todos los casos); ello es debido a que al presentar una superficie de forzamiento más dura, no llenan con su diámetro toda la sección transversal del cañón (al menos con la presión adecuada), resultando consecuentemente un tatuaje menos marcado y definido.

3. IDENTIFICACIÓN DE VAINAS SERVIDAS Y CARTUCHOS PERCUTIDOS SIN ESTALLAR

Las vainas, cápsulas o casquillos servidos (según quiera llamárselos), especialmente los que proceden del disparo de armas automáticas, semiautomáticas y de repetición, a menudo evidencian huellas que se repiten y son útiles para la identificación del tipo (y a veces del fabricante) del arma empleada así como del arma en particular, cuando se concretan disparos experimentales (*testigos*) para ser comparadas tales cápsulas con las *incriminadas*.

Las impresiones o marcas realizadas por limas, herramientas o cualquier otro tipo de desigualdad, rugosidad o aspereza en la superficie del espaldón, cuando la vaina retrocede contra ésta bajo la presión, son probablemente más reproducibles que las huellas que se originan por el deslizamiento de un proyectil sobre una superficie ligeramente áspera, tal como un ánima rayada. El primero se asemeja al proceso de impresión por cuño, mientras que en los proyectiles las huellas se transmiten por un proceso más parecido al que dejan las herramientas cuando se deslizan mientras están en contacto con la superficie.

El tamaño, la forma y la ubicación de las huellas de extractor y botador (eyector), la marca del espaldón, la presencia de rasguños producidos por el cargador, etc., son todos elementos importantes para determinar el tipo y la marca (y posiblemente el modelo) de un arma utilizada. En el caso de la munición de fuego anular, el tamaño, la forma y la localización de la huella de percusión, reúnen valor para determinar la marca del arma empleada.

La identificación de una determinada arma con una vaina servida puede realizarse a menudo por comparación de las marcas existentes en la cápsula incriminada con las producidas por el arma sospechada en elementos testigos. Aquí otra vez es importante que se utilice la misma marca de munición a la que pertenece el material ofrecido para estudio. En realidad, es más importante aquí que en el caso de los proyectiles, dado que la existencia de disimilitudes en el espesor o composición de la cápsula fulminante, o en el metal del culote del casquillo, producirá marcadas diferencias en la distinción de las huellas producidas.

En muchos casos, la munición de la misma marca que la o las vainas secuestradas, puede encontrarse en posesión del sospechoso; ésa es la que preferiblemente debe ser empleada para la obtención de material testigo, ya que es más probable que posea las características físicas de aquéllas. No obstante, no toda la munición de una misma marca estará hecha con el mismo grado de dureza de material y no se puede afirmar definitivamente que los cartuchos secuestrados estén hechos con metales del mismo lote o partida, aunque la probabilidad siempre es mayor.

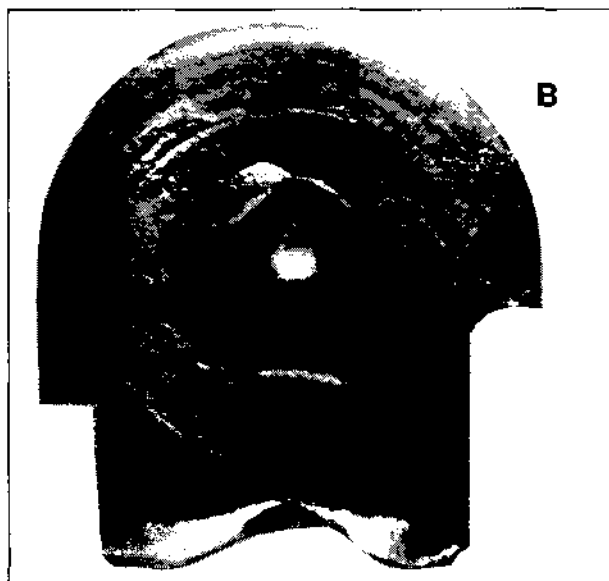
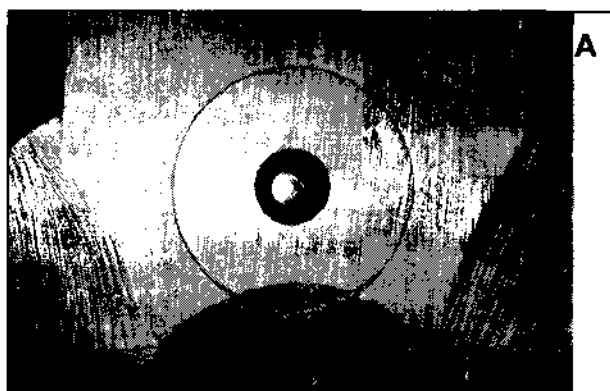
Si las características identificativas que se buscan en las cápsulas indubitadas no aparecieren adecuadamente con la munición secuestrada, es completamente apropiado recurrir a otros cartuchos de la misma marca o de marcas diferentes.

A veces, las cápsulas fulminantes vienen recubiertas con capas protectoras para evitar la penetración de humedad. Si las vainas servidas que servirán de evidencia la poseen, deberían utilizarse cartuchos de prueba con coberturas similares.

(ver figuras 186 y 187 en p. 534)

Frecuentemente, las marcas o huellas buenas y bien definidas, presentes en una vaina ofrecida, no estarán en las testigos o, si lo están, pueden ser pobremente definidas cuando se emplea una munición de marca diferente. Ello puede deberse a diferencias en la cápsula fulminante, o también a variantes en las presiones de la pólvora. Cuanto más alta sea la presión más distintivas parecerán ser las marcas. Dado que muchos de los cartuchos empleados en hechos de sangre reúnen considerable antigüedad, es imperativo que el perito posea una colección adecuada, tanto de munición antigua como de producción actualizada.

a) *Huellas de percusión en cartuchos de fuego anular.*— La huella más notable que se va a encontrar en una cápsula de fuego anular es la dejada por el percutor. Las huellas de espaldón por lo general no están presentes, excepto en algunos tipos de armas y en cartuchos con carga *magnum*. Las huellas de extractor pueden estar presentes en cápsulas que han sido eyectadas en el proceso de disparo; como son las que más seguramente se van a encontrar en la escena del hecho, naturalmente en ellas estamos más interesados.



Figuras 186 y 187

A - Espaldón terminado a mano de un revólver.

B - Espaldón de una pistola semiautomática, terminado a máquina.

Ocasionalmente las huellas de extractor son suficientemente repartidas y distintivas como para permitir su identificación bajo la comparación microscópica; consecuentemente, siempre habrá de buscárselas.

Las marcas de botador aparecen con mayor dificultad y cuanto existieran no siempre ofrecen posibilidades de cotejo que permitan detectar complejos lineales de yuxtaposición convincente, no obstante poder guardar similitud morfológica.

Frecuentemente los detalles de la impresión del percutor sobre la cápsula ofrecen rasgos característicos y repetitivos que posibilitan su identificación. Obviamente cuando hablamos de percutor nos referimos o incluimos los diferentes dispositivos que producen el estallido de la cápsula fulminante.

Afortunadamente para el experto, los fabricantes poseen diferentes ideas referidas a la forma y el tamaño del extremo anterior del percutor. Cuanto más tiempo cada fabricante mantenga tales características en sus distintos modelos, mayor será la importancia que tendrán aquéllas. En la medida que no se produzcan cambios el perito podrá dar alguna referencia sobre los tipos de armas (marcas y modelos) que han intervenido en el hecho. En los casos donde se remitan armas para examen, puede ayudar a eliminar algunas de ellas.

(ver figuras 188 y 189 en ps. 536 y 537)

Sabemos que las huellas de percusión pueden clasificarse y archivarse de acuerdo con su forma; ahora bien, si todas las marcas dejadas por el percutor fuesen siempre similares en forma y dimensiones, la situación sería de lo más simple; desafortunadamente esta situación ideal no existe. Si se emplea un arma nueva y limpia, con la misma munición, y si la vaina está adecuadamente asentada dentro de la recámara, las huellas deberían ser totalmente reiteradas o repetidas en forma, ubicación y dimensiones. En un arma con mucho uso o en una de pobre calidad, el percutor puede que no golpee exactamente en el mismo lugar. La longitud de una huella rectangular se verá así afectada y un percutor cuyo extremo fuese redondeado podría producir impresiones redondas o semicirculares de distintas medidas.

La medida y, en alguna manera considerable, la forma de una huella de percusión, dependerá de la profundidad de penetración del percutor. Frecuentemente, en el momento del disparo el cartucho no

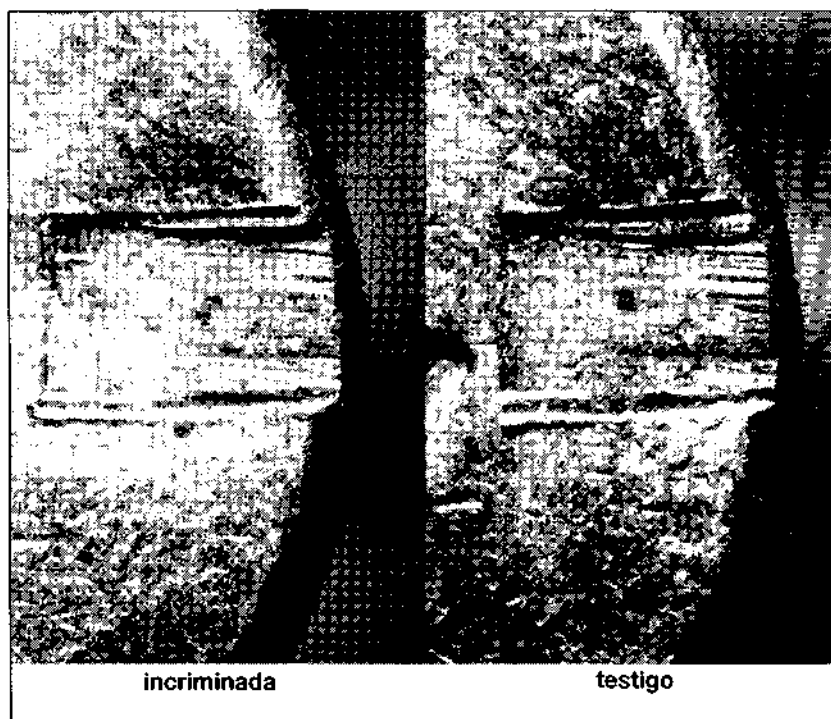


Figura 188

Microfotografías comparativas de una percusión incriminada y otra testigo, en vainas calibre .22.



Figura 189

Yuxtaposición de características lineales encontradas en las mismas.

se encuentra firmemente asentado contra el extremo posterior de la recámara, impidiendo la profundidad *normal* de penetración; ello afectará las dimensiones de la impresión, sea el extremo del percutor redondo o rectangular. Estos últimos usualmente son de forma prismática o en cuña (para agregar fuerza o poder), consecuentemente, una impresión más profunda será más ancha y más larga.

Los percutores con extremos redondos o circulares planos, son frecuentemente ahusados y aquí otra vez la medida de la huella de-

penderá de la profundidad de penetración. Si el cartucho no se aloja ajustada y apropiadamente en la recámara, el punto de impacto del percutor en sucesivos disparos, no necesariamente será el mismo, y la medida (particularmente la dimensión vertical) de la huella no será uniforme.

Un extremo de percutor con forma redondeada (circular) puede producir huellas circulares o semicirculares, lo cual dependerá de cuán cerca golpee el borde de la cápsula. La mayoría de las huellas semicirculares son hechas por percutores con extremos redondeados o circulares planos.

Otro factor de importancia es la munición utilizada; percusiones en cápsulas de distintos fabricantes pueden mostrar diferencias distintivas. Es bien sabido que aun el cobre puro no tiene siempre el mismo grado de dureza, debido a los diferentes tratamientos a los que pudo haber sido sometido. La profundidad de penetración dependerá del espesor del metal en el culote de la vaina, pudiendo variar de fabricante en fabricante.

Se recomienda pues, para la obtención de vainas testigos en las que haya que estudiar las huellas de percusión, que se utilice la misma munición que la incriminada (de ser posible) y, si es factible, del mismo lote. Es recomendable disparar por lo menos tres cartuchos de experiencia y comparar las percusiones obtenidas entre sí. Si las huellas son todas similares, puede asumirse que la incriminada mostrará las mismas características si es que se identifica con el arma en cuestión. Si aparecieran variantes significativas en las tres cápsulas de mención, debería entonces obtener más material testigo. Si después de comparar un número considerable de cápsulas ninguna posee huellas o características que concuerden adecuadamente con las de la vaina servida incriminada, se puede concluir con certeza que no estamos frente al arma correcta.

Como se ha dicho anteriormente, las ubicaciones de las huellas de extractor y botador pueden ser de considerable importancia. Para dar un ejemplo, supongamos que tuviésemos que distinguir entre dos armas, una carabina *Winchester* modelo 74 de carga automática y un *Winchester* modelo 75 de acción a palanca. La información dada por las huellas de percusión únicamente no es concluyente, pero hay diferencias respecto de las marcas del extractor y del botador (eyector). Si la vaina testigo del modelo 74 se orienta de manera tal que la huella de percusión se localice a las 12 horas (considerando las agujas del reloj como referencia), la huella de extractor se encon-

trará a las 3 y la del botador a las 9. Si la cápsula testigo del modelo 75 está similarmente orientada, con la huella de percusión a las 12 horas, aparecerán dos marcas de extractor, una a las 3 y otra a las 9, y la del botador aproximadamente a las 6. La comparación apropiada con la vaina incriminada, nos permitirá determinar cuál de las dos armas pudo haberla percutido para provocar el disparo. Si esta última vaina exhibiera dos huellas de extractor y una de botador a las 6 horas, con seguridad podremos eliminar el modelo 74, si ninguno de los disparos de experiencia muestra estas marcas. Por supuesto, ello no prueba que esta arma en particular, modelo 75, fue la utilizada.

De más está decir que todo el tema referido a la identificación de vainas servidas, tiene igual aplicación en la identificación de cartuchos percutidos y sin estallar (cuando el disparo no se produjo), con la aclaración lógica de que todas las huellas susceptibles de estudio aparecerán mucho menos marcadas o, dicho de otra manera, serán menos evidentes.

b) *Huellas de percusión en cartuchos de fuego central.*— Los percutores para armas de fuego central tienen también frecuentemente un grado considerable de identidad. El extremo anterior a menudo posee anillos concéntricos hechos por la herramienta de corte que les dio origen y se imprimen en la cápsula fulminante, en el fondo de percusión. Puesto que estos anillos son diferentes para todos los percutores, desde el momento en que pueden ser a menudo confrontados en la búsqueda comparativa microscópica, siempre son buscados.

Algunos percutores poseen extremos planos, otros romos y redondeados, otros extremadamente ahusados y algunos hasta puntiagudos. Por lo tanto, estos percutores desarrollan identidad debido al uso, el desgaste y las roturas. Las marcas ocurridas por estas causas son identificables y se encuentran frecuentemente. La posibilidad de que dos percutores se rompan, fragmenten o astillen en la misma forma, es muy remota por cierto.

El ángulo bajo el cual un percutor golpea a la cápsula fulminante debería ser señalado. El percutor de un revólver, usualmente, aunque no siempre, golpea en un ángulo determinado, dado que el martillo con el cual es solidario o al cual está sujeto, se mueve en forma de arco. En algunos revólveres existe una aguja percutora in-

dependiente (armas actuales de buena calidad) que se desplaza hacia adelante cuando el martillo las golpea en su parte trasera o posterior. Esta acción produce el golpe con incidencia vertical sobre la superficie del fulminante.

1. *Huellas de espaldón.* Surgen como producto del impacto del culote de la vaina (en su desplazamiento hacia atrás), provocado por la fuerza de la explosión en el cartucho. Dado que esta presión es considerable y se expande igualmente en todas las direcciones, resulta obvio que la cápsula (en el momento que la bala abandona el cartucho) golpeará o será empujada hacia atrás, contra el espaldón, con considerable fuerza.

Ocurre frecuentemente que las huellas son tan bien definidas y distintivas, que una simple ampliación fotográfica tomada con iluminación adecuada, es suficiente para mostrar que tanto la cápsula inculminada como la testigo han sido percutidas por una misma arma.

Las características de las marcas dejadas por el espaldón dependen del proceso de fabricación, las particularidades o peculiaridades de construcción, y lo que ocurra con su superficie después de su manufactura.

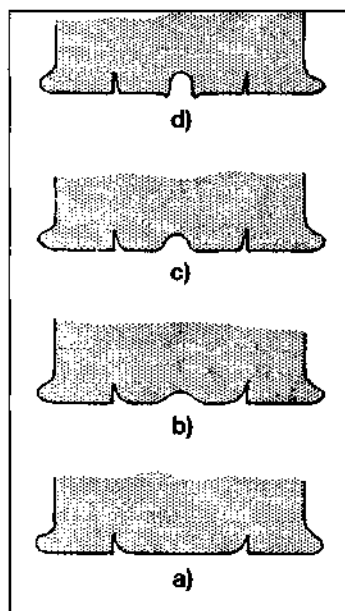


Figura 190

Vista en corte de vainas servidas que muestran el efecto de la presión sobre la indentación de la cápsula fulminante. a) Una cápsula sin percutir. b) Una presión débil. c) Una presión normal. d) Una alta presión.

Afortunadamente para el perito las posibilidades de variación son casi infinitas.

Dado que cada fabricante tiene un procedimiento determinado para la producción de un cierto modelo de arma, que puede diferir del utilizado por algunos o todos los otros fabricantes y porque sigue este procedimiento en forma bastante consistente, posiblemente en sus diferentes modelos, debería ser posible clasificar las superficies de los espaldones por las especiales características que posean.

A pesar de ser interesante esta clasificación, su uso no se ha generalizado, probablemente por varias razones, tales como la inaccesibilidad del artículo, carencia de comprensión del sistema y de definición en la predicción y, quizá lo más importante de todo, por la dificultad en reconocer con certeza las marcas que hay que buscar.

En los cartuchos de fuego central la claridad de la impresión del espaldón depende no sólo del espesor de la cápsula fulminante, su composición, la fuerza de la carga de la pólvora y de que dicha cápsula esté correctamente ubicada, sino también de la presencia de aceite, grasa, suciedad o polvo en su superficie. Las inscripciones de fábrica en el culote a menudo interfieren con la obtención de buenas huellas de espaldón. También hubo fabricantes que identificaban con una letra el centro de la cápsula fulminante (simbolizando su marca), pero esta tendencia ha ido desapareciendo.

2. *Huellas de extractor.* Las huellas de extractor hechas por armas automáticas, semiautomáticas y de repetición, pueden con frecuencia yuxtaponerse o identificarse mediante señalización de puntos o líneas característicos, para su identificación. En las armas de repetición la profundidad de las impresiones variará considerablemente, dependiendo del vigor del operador. Algunas armas darán excelentes huellas repetitivas, mientras que otras no. Un extractor flojo dará problemas. Algunas armas producirán marcas de botador bien definidas pero no serán, usualmente, tan útiles como las de extractor. El desarrollo de las mismas depende más aun del vigor con que se accione la palanca. En las automáticas la fuerza de la acción es naturalmente más uniforme, al igual que los resultados.

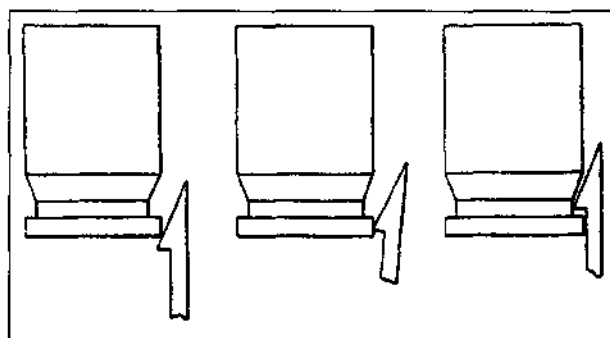


Figura 191

Forma en que actúa la uña extractora sobre la cápsula.

Figura 192
Marcas o huellas que la uña extractora deja en la cápsula.

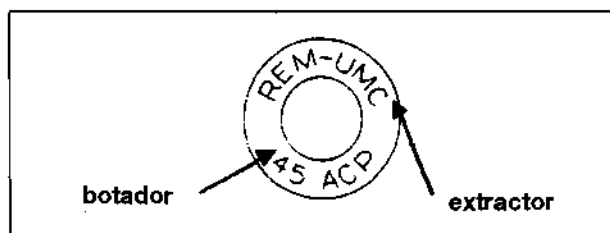
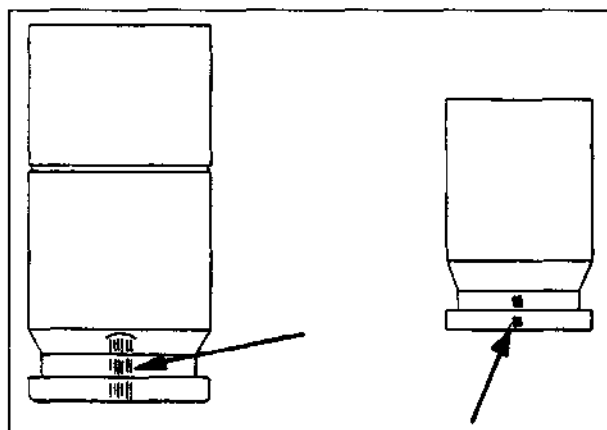


Figura 193

Huellas de extractor y botador en el culote de la vaina.

Dada la recomendable costumbre de descargar fusiles y escopetas de caza a la finalización de la tarea diaria, es frecuente en la práctica encontrar varias marcas de extractor y botador en una misma vaina. Las marcas del extractor pueden ser importantes en los casos donde no es habida el arma sospechosa, o en los que el inculgado niegue la propiedad o cualquier conocimiento sobre un arma, de la cual los experimentos de laboratorio han demostrado que es la utilizada en la comisión de un hecho.

Si se encuentran huellas de extractor y/o botador en una misma cápsula, que difieren notoriamente entre sí, indicaría que ha sido previamente accionada en armas diferentes. Debe recordarse además, que muchos casquillos pueden provenir de recarga y las huellas que ostenten son posibles de multiplicarse. En los casos de revólveres, pistolas no automáticas y armas que no sean de repetición en general, difícilmente se localicen huellas de extractor y botador.

3. *Huellas de botador.* A veces estas marcas pueden ser confrontadas e identificadas convenientemente, pero con menos frecuencia que las de extractor. De cualquier manera su existencia debe ser investigada, ya que caso contrario indicarán que el arma no tenía botador (de las cuales existen algunas), aunque éste no sería necesariamente el caso. Como ya se expresara, su posición en relación con las otras marcas, particularmente la de extractor, es importante para identificar la marca o tipo de arma.

4. *Otras marcas o huellas.* Siempre deben buscarse otras marcas. Defectos en la recámara donde el cartucho yace en el momento de la explosión, producirán a veces huellas que se repiten en la cara cilíndrica externa de la cápsula servida. En oportunidades sólo son combas más que marcas con características distintivas, no obstante ello habrá que tratar de detectarlas. Por otro lado, ocurre que se encuentran huellas que sí tienen características distintivas. Las impresiones dejadas por los labios del estuche cargador en armas de carga automática, a veces resultan de utilidad. Sin embargo, usualmente el resultado del examen de las marcas del estuche cargador es la confusión. Ocasionalmente un defecto en el mecanismo de alimentación producirá una marca repetitiva útil para la identificación.

Suele ocurrir también que aparezcan *arañazos* en las cápsulas

fulminantes debidos al rozamiento con rebabas en el espaldón (próximas al orificio del percutor), que se producen en el momento de la eyección de la vaina o del giro del cilindro en los revólveres. De la misma manera, generalmente por motivos mecánicos anormales, el percutor suele dejar una huella de deslizamiento sobre la cápsula fulminante, por desplazamiento de ésta sobre aquél. Esto último es fácil de observar en escopetas, cuando el percutor queda desplazado hacia adelante luego del disparo (adherido por suciedad, o cualquier otro defecto mecánico), produciéndose la huella por rozamiento en el momento de abrir la escopeta para la extracción manual o mecánica de vainas servidas, hecho que no se da en las escopetas semiautomáticas.

Algunas combas o marcas en el culote se producen a veces donde el *block* de cierre o la corredera han sido seccionados para dar cabida al extractor. Otras veces se forman combas o ranuras en el cuerpo cilíndrico de la cápsula, provocadas por la porción de recámara que ha debido eliminarse para dar origen a la rampa por la que habrá de deslizarse el cartucho desde el cargador hacia aquélla. Esto último ayuda a determinar la orientación de la vaina tal como se encontraba colocada en el arma; ello junto con las huellas de extractor y botador (cuando las hubiere), puede dar alguna información sobre el tipo de arma automática o semiautomática buscada. Aunque la comba de mención no permite identificar un espécimen en particular, dará una importante clave para determinar el tipo de arma utilizada.

CAPÍTULO XVI

HUELLAS DE EFRACCIÓN O DE HERRAMIENTAS

EXAMEN DE LAS HUELLAS

Año tras año los robos en inmuebles (con o sin escalamiento y con violencia en las cosas) ocupan un lugar muy elevado en la estadística criminal de nuestro país. Sus perpetradores a menudo se desvanecen en el aire. Muchas veces el investigador no puede localizar testigos oculares a quienes interrogar para poder auxiliarse en la resolución del caso. Sin embargo, el delincuente puede llegar a dejar un indicio importante que, quien investiga, no puede dejar pasar por alto. El destornillador utilizado para forzar y abrir un cajón o el elemento de corte empleado para extraer un candado o inutilizar y abrir una cerradura, pueden finalmente conducir a la captura y procesamiento del sospechoso.

a) *El examen.*— Hablando en forma general, el examen de las huellas de herramientas se divide en dos grupos. El primero conlleva al conjunto de exámenes de diferentes herramientas, con el propósito de determinar cuál fue el tipo utilizado; en este caso el investigador no tiene sospechosos. Los estudios de este tipo están basados en el hecho de que una herramienta puede dejar características de impresión en el objeto sobre el cual fue empleada. Midiendo el tamaño y anotando la forma característica de la impresión, así como también la naturaleza del material afectado, puede establecerse la identidad del tipo de herramienta involucrado.

Por ejemplo, un examen puede revelar que se aplicó una maniobra de corte, serrado, deformación o golpe; tales herramientas incluyen cuchillos, hojas de afeitar, tijeras, sierras eléctricas, cortafíos, martillos, etcétera.

Este tipo de información permite al investigador reducir su búsqueda, eliminando cierta clase de herramientas y, en algunos casos, demostrar que el daño fue accidental antes que intencional. Por ejemplo, el estudio microscópico de un par de alambres que se sospecha han sido cortados, puede demostrar que en realidad se rompieron por fatiga o tensión.

El segundo grupo de exámenes contempla la remisión conjunta de herramientas y huellas para estudio comparativo y posible identificación. En tal sentido, diremos que la identificación de huellas de herramientas es similar a la que se concreta con vainas y proyectiles percutidas y disparados, respectivamente, por armas de fuego.

Así como las armas dejan sus improntas características, también lo hacen las herramientas con respecto a los objetos de diferente naturaleza. Las identificaciones de este último tipo se basan en los defectos accidentales (adquiridos o de fabricación) que pueden aparecer en las superficies que se emplean para golpear, cortar, serrar, raspar, morder, etc., insertas en cada herramienta en particular.

(ver figura 194 en p. 547)

Una de las variantes que pueden llegar a presentarse, vamos a ejemplificarla de la siguiente manera: supongamos que una persona ha sustraído un dispositivo electrónico de sumo valor, existente en una empresa, y que para ello haya tenido que proceder al corte del alambre o cable conductor que lo unía a la pieza principal. El delincuente es luego detenido pero la herramienta no puede ser habida.

La falta o inexistencia de la herramienta de corte, no impide en este caso iniciar una tarea de confrontación entre el extremo seccionado de cada cable perteneciente a la pieza o máquina principal depositada en la empresa, y los pertinentes pertenecientes al dispositivo sustraído. La labor microscópica puede, por lo general, indicar si tales cortes fueron el producto de una misma herramienta, hecho éste que demostraría la autoría.

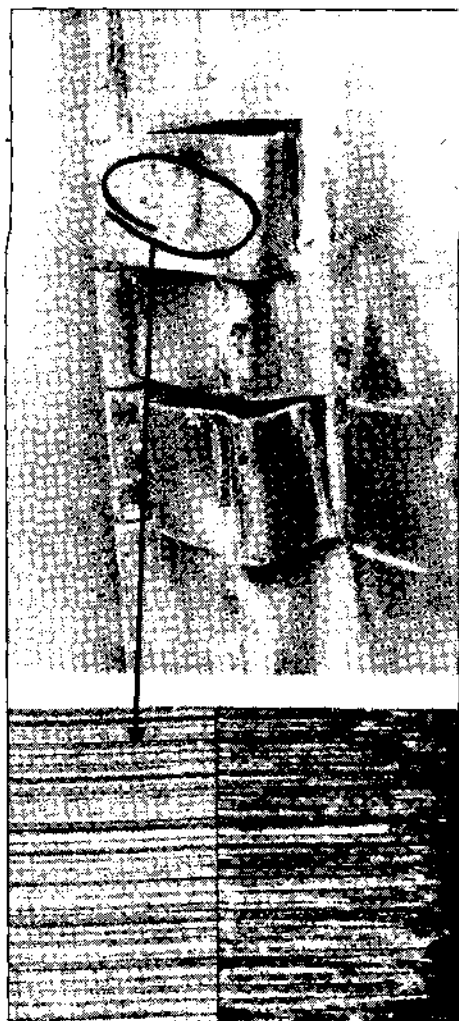


Figura 194

Vistas fotográficas de una porción de puerta metálica, con señalamiento y microfotografía de las huellas dejadas por el empleo de un cortafrios, para violentarla. El sector derecho de la microfotografía corresponde a la huella testigo obtenida con la herramienta incautada.

Las huellas transferidas por un elemento de golpe como el martillo, el hacha, etc., consisten esencialmente en impresiones o endentaciones que son réplica de las características de la superficie de choque de la herramienta.



Figura 195

Microfotografía comparativa entre la huella "testigo" e "incriminada", dejada por un martillo.

Aunque no pertenezca al área de las huellas de herramientas, existe una tarea comparativa-identificativa similar a la hasta aquí expuesta, en todos aquellos casos donde se pretenda demostrar que las piezas procedentes de una fractura, rotura o corte, provienen de un mismo elemento original. En tales casos, habrá generalmente complejos estriales o lineales y demás marcas características que concurrirán a demostrar una misma procedencia.

Muchas veces, el objeto golpeado puede ser de material más duro que el de la herramienta empleada. Consecuentemente, las marcas características que pueden conformar la base de una identificación, podrán ser encontradas en la herramienta antes que en el objeto.

Cuando se investiga un disparo de arma de fuego, que dio origen a un supuesto suicidio, es responsabilidad del investigador y del

técnico especializado acumular y preservar la evidencia que será esencial para establecer la causa de la muerte.

Al examinar el lugar del hecho, los investigadores buscan la evidencia física usual asociada con los disparos de arma presentes en el cadáver, tal como un orificio de entrada que evidencie el apoyo del arma en la superficie de impacto; la sangre presente en la o las manos, y residuos de pólvora en la mano que sostuvo el arma. Un detalle de evidencia física que normalmente se pasa por alto es *la presencia de la huella o impresión dejada por la cresta del martillo del arma sobre el o los dedos del occiso*, lo cual realza la probabilidad de que la muerte haya sido el producto de un disparo autoinfligido. Estas huellas a menudo están obliteradas y, subsecuentemente, son pasadas por alto cuando se toman las impresiones digitales del cadáver para posterior comparación e identificación.

La impresión del martillo en el dedo se produce cuando aquél se monta en la fase de acción simple (obviamente si el disparo se concreta en doble acción, no quedará marca alguna). De tal manera aparecerán en mayor o menor medida, las características *topográficas* de la cresta del martillo, su forma y tamaño, y los daños que pudiera contener.

Si la circulación sanguínea se detiene inmediatamente después de la producción de la herida fatal, algunas o todas las características que aparezcan en la impresión pueden permanecer en el dedo que montó el martillo, varias horas después de la muerte.

Previo a toda tarea de levantamiento de estas huellas, es regla básica la obtención de vistas fotográficas con *referencias métricas* y con diferentes ángulos y fuentes de iluminación, amén de la conservación del *paralelismo* entre película y superficie de la huella.

Una forma de realizar estas impresiones es espolvoreándolas con polvo negro para levantamiento de huellas dactilares. Sin embargo, debe tenerse cuidado de no rellenar con aquél los pequeños detalles. De tal manera, a continuación la impresión puede también *levantarse* con cinta adhesiva transparente.

b) *La madera como evidencia.*— En la reconstrucción de un hecho delictuoso, el valor probatorio de la madera suele ser pasado por alto. El amplio empleo de la misma en la construcción, muebles, embalajes, postes, herramientas, juguetes y utensilios, la encierra en la esfera de casi todo tipo de delito.

1. *Identificación de la madera.* En la mayoría de los casos, la variedad de la estructura de la madera entre especies, es suficiente como para proporcionar un medio confiable de identificación de ellas. En algunas ocasiones puede ser hecha sobre la base del grosor de las capas; en otros casos, el examen de la estructura microscópica es esencial.

A veces, la identificación positiva es posible solamente por medio de las características botánicas del árbol mismo, por ejemplo: las partes florecientes de las hojas. Cabe aquí hacer notar que la corteza no es madera y no es específicamente identificable. En muchos casos, sin embargo, la madera puede estar adherida a la cara interna de la corteza y revestir valor a los fines identificativos.

2. *Características individualizadoras.* Las diferentes especies de madera pueden variar notoriamente en apariencia y en las propiedades físicas y químicas. Las propiedades más obvias y prontamente reconocibles son las características de apariencia, tales como el color, textura, veta o forma.

Un considerable número de otras variedades puede ser introducido a través de la presencia de pintura o barniz, agentes de unión o cola, tal como sucede en la madera terciada, o bien por exposición a elementos naturales.

Las variaciones naturales y las introducidas pueden servir para individualizar un espécimen particular y permitir al perito asociarlo con un origen sospechoso. Las distintas estructuras y apariencias, debidas a patrones de crecimiento individual y las condiciones ambientales, tales como el clima, suelo, humedad y espacio de cultivo, pueden permitir al examinador distinguir entre árboles de la misma especie.

3. *Posibilidades investigativas.* Cuando se trata de madera, la comparación de marcas o huellas, tales como las producidas por taladros, martillos, hachas, cuchillos, etc., es el primer objetivo del investigador en la escena del hecho. Frecuentemente, estas marcas pueden ser identificadas como producidas por un tipo y tamaño de herramientas en particular; sin embargo, debido a la textura y compresibilidad de la madera, la o las marcas son generalmente de valor limitado como para asociarlas con una herramienta en particular y excluir otras similares.

En estas situaciones donde las marcas dejadas por las herramientas no son de aparente significación, se debe considerar la posibilidad de cotejar los bordes fracturados de la madera secuestrada en el lugar del hecho y la procedente de una fuente sospechada. Es factible incluso, llevar a cabo comparaciones entre trozos de astilla; para ello, es menester tener cuidado en la recolección y preservación de las partículas, para no perturbar los contornos y bordes fracturados.

El significado de partículas diminutas no debe ser pasado por alto, tanto es así que, a través de un minucioso examen microscópico puede llegar a identificarse el tipo de madera al que pertenecen restos de aserrín o viruta.

Cuando este tipo de evidencia es acompañada de otra que pudiera estar presente, tal como tierra, pintura, vidrio, etc., se robustece la prueba.

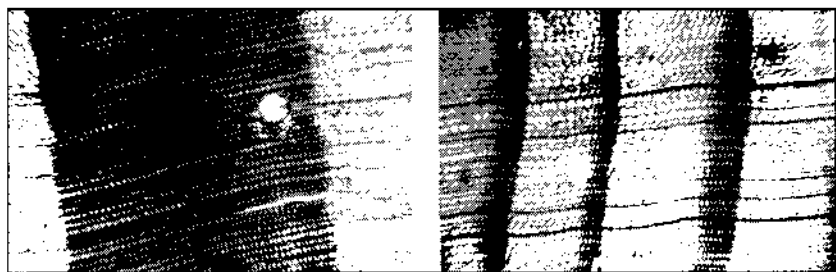
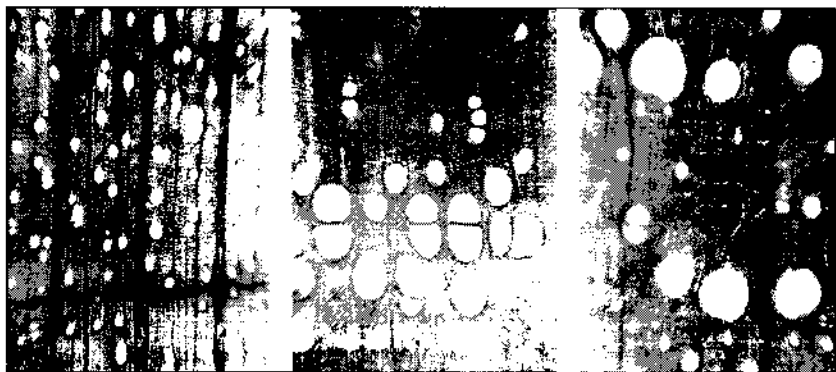
(ver figuras 196 a 199 en ps. 552 y 553)

4. *Examen de laboratorio.* Cuando deba examinarse un espécimen de madera, es fundamental hacerlo en el estado en que se encuentra, dado que pueden existir restos de pelos, fibras, sangre u otra evidencia.

Se observa entonces la muestra para determinar si puede estar asociada con el elemento incriminado, a través de una confrontación con instrumental óptico y de medición. También se establecen otras características, tales como los anillos de crecimiento, grosor de la fibra, color, etcétera. Se los identifica luego con su origen específico, por ejemplo: roble blanco, pino, fresno blanco, etcétera. Esta determinación generalmente puede llevarse a cabo con pequeños trozos.

Dependiendo de la orientación y tipo de las celdillas que componen las cubiertas del espécimen, la determinación de este último puede realizarse con muestras de unas pocas celdillas, tal como aparecen en partículas comprimidas de aserrín.

Finalmente, cabe recordar que en todos los casos en que el examen presente alguna posibilidad de conducir a la identificación de la herramienta, el especialista tiene que hacer una marca o huella de comparación igual a la efectuada por el acusado. Esto se aplica especialmente en aquellas herramientas que muestran marcas de raspaduras, deterioros u otras irregularidades.



Figuras 196 y 197

Las características de los poros y vasos de la madera, constituyen la identificación específica. Estas vistas microfotográficas han sido obtenidas con notorio aumento y pertenecen a muestras de madera blanda y madera dura.

Figura 198

Cotejo
microscópico de poros
y demás características
de crecimiento, entre
dos porciones de
madera.

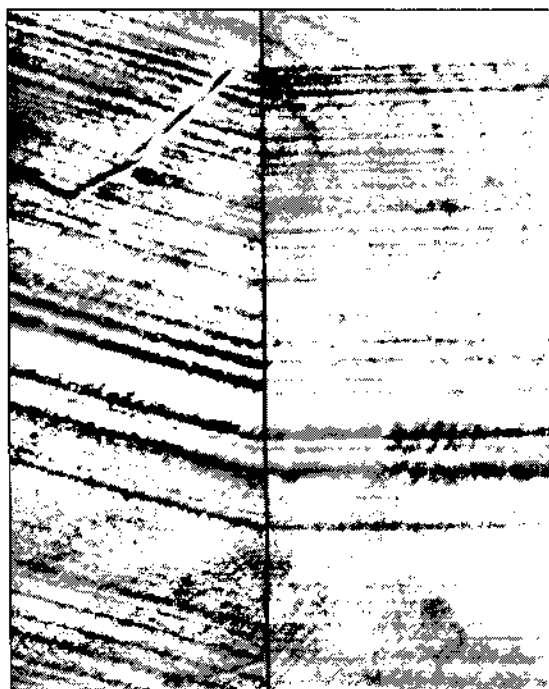


Figura 199

Comparación entre las
marcas dejadas en
madera en el lugar del
hecho y las obtenidas
con un cuchillo en
poder del sospechoso.

La distancia entre las raspaduras varía según las condiciones en que es asida, por ejemplo, una navaja o un cuchillo, según se sostenga en ángulo recto a la dirección del movimiento, o se sostenga la deado. El aspecto de las raspaduras dependerá del ángulo que forme el cuchillo en relación con el plano de corte. Lo mejor para determinar la posición de una marca y las condiciones del lugar, es mostrar al especialista un bosquejo o una fotografía; también conviene determinar si el delincuente empleó la mano derecha o la izquierda.

Es esencial, sin embargo, que la marca de comparación sea concretada sobre la misma materia (con la misma pintura o tratamiento superficial y el mismo grado de humedad) del escenario del crimen, ya que, microscópicamente se aprecian grandes variaciones con los diferentes materiales. Por eso, se enviará cierta cantidad de materiales para usarlos en las tareas comparativas con la herramienta y su marca original, dado que puede ser necesario el hacer diez o más marcas con la herramienta incriminada.

c) *Síntesis del tema tratado.*— Los exámenes de huellas de herramientas incluyen (pero no están limitados a ello) estudios microscópicos para determinar si una huella determinada fue producida por una herramienta específica. En un sentido más amplio, también incluyen la identificación de objetos que se encontraban forzosamente contactados entre sí, o bajo presión, y la de aquellos que originariamente formaban parte de una sola pieza que fue rota o cortada. La inclusión de lo señalado en último término tiene origen en el concepto de que, cuando dos objetos entran en contacto, cuanto más dura es la herramienta, más blanda será la marca. Las sierras, limas y ruedas moladoras, generalmente no pueden identificarse con las huellas que producen.

—*Conclusiones*

- a) Que la herramienta produjo la huella.
- b) Que la herramienta no produjo la huella.
- c) Que no hay suficientes características individualizadoras dentro de la huella, como para determinar si la herramienta produjo o no tal marca.

—*Tipos de exámenes de huellas de herramienta*

- *Huella con herramienta:* Pueden realizarse varias comparaciones entre la herramienta y su marca:

a) examen de la herramienta para determinar la existencia de depósitos extraños, tales como pintura o metales, para ser comparados con un objeto marcado;

b) establecimiento de la presencia o ausencia de características de clase consistentes;

c) comparación microscópica de un objeto señalado con varias marcas o cortes testigos, hechos con la herramienta.

• *Huella sin herramienta*: El examen de la huella puede determinar:

a) tipo de herramienta empleada (características de clase);

b) medidas de la herramienta utilizada (características de clase);

c) rasgos distintivos de la herramienta (características individualizadoras o de clase);

d) acción empleada por la herramienta en su operación, y

e) lo más importante, si la huella tiene valor a los fines identificatorios.

—Fracturas de metal

Los exámenes de fracturas tienen por finalidad averiguar si un trozo de metal, de un determinado elemento tal como un pestillo, el ornamento de un automóvil, un cuchillo, un destornillador, etc., proviene o no de la rotura de un elemento dañado, disponible para comparación.

—Huellas o marcas en madera

Este examen tiende a averiguar si las marcas dejadas en un espécimen de madera pueden ser asociadas con la herramienta utilizada para cortarlo o dañarlo.

—Presión/contacto

Este tipo de exámenes tiene por finalidad determinar si dos objetos cualesquiera estuvieron o no en contacto (uno con otro), ya sea momentáneamente o durante un lapso prolongado.

CAPÍTULO XVII

REVENIDOS

Conforme a su acepción, la palabra *revenir* significa tornar una cosa a su estado propio. Tecnológicamente se denomina *revenido* a la operación metalúrgica consistente en el calentamiento, por debajo de cierta temperatura crítica, de un acero templado, para disminuir las tensiones internas y su fragilidad.

Ahora bien, desde el punto de vista estrictamente pericial criminalístico, es obviamente la primera acepción la que se ha tomado en cuenta, ya que se denomina *revenido* al procedimiento usualmente utilizado para regenerar las marcas seriales eliminadas de diferentes elementos, mediante operaciones físicas y químicas.

Estas operaciones variarán de acuerdo con tres factores:

- la naturaleza o constitución del material sobre el cual se asentaba la marca borrada;
- el sistema empleado originariamente para asentarla;
- el procedimiento o técnica empleados para eliminarla.

Todos los elementos de valor que puedan ser transportados o con movilidad mecánica propia, son susceptibles de ser hurtados o robados, por ejemplo: televisores, videocaseteras, automóviles, relojes, armas, motos, etcétera. Ello hace que los fabricantes les otorguen identidad mediante el empleo de numeraciones, letras y signos, o combinación de ellos, posibilitando su reconocimiento en caso de sustracciones indebidas.

El adquirente legal del objeto podrá entonces demostrar su pertenencia mediante la *marca serial* inserta, además, en la documentación que lo acredite.

El delincuente, lógicamente, conoce tal circunstancia y, en la medida en que el tiempo se lo permita, tratará de eliminar tales marcas, reemplazándolas en muchos casos por otras, o bien adulterando parcialmente las originales.

Infelizmente, no todas las empresas dan al tema la importancia que se merece, y emplean métodos de marcación o individualización muy burdos que dificultan o impiden la identificación del objeto en casos delictivos. Tal es el caso de los aparatos electrónicos, automóviles, etc., que en lugar de llevar grabada la marca serial en el propio cuerpo, la poseen sujeta a éste mediante tornillos o remaches, a través de placas metálicas fácilmente removibles.

Lógicamente, en la actualidad tal técnica no es frecuente y cuando se fabrican objetos en serie, las marcas seriales aparecen en el propio cuerpo en zonas de difícil reemplazo.

En su gran mayoría los objetos que frecuentemente se someten a peritación son de naturaleza metálica; no obstante ello, suele ocurrir que el material sea plástico, cuero, madera, etcétera.

Toda fuerza ejercida sobre un material metálico produce una deformación. Si la misma es de poco valor, una vez que cesa su aplicación, el material recupera su forma original. Estamos hablando de una *deformación elástica*.

Cuando la o las fuerzas ejercidas son de mayor intensidad, el material no recupera su forma primitiva y, en tal caso, estamos en presencia de una *deformación plástica* que origina tensiones residuales. El proceso en cuestión conduce a cambios en las propiedades físicas y químicas de la estructura afectada, provocando a su vez alteraciones en, por ejemplo, la dureza, propiedades magnéticas, resistencia mecánica, conductividad eléctrica, resistencia a la corrosión, etcétera. Esta última propiedad es la que da origen al proceso de revenido químico.

El tratamiento de revenido químico está inspirado en el método conocido como *técnica macrográfica*, que consiste en la observación de una pieza metálica o sección de la misma, debidamente pulida y atacada con un reactivo químico apropiado. La observación de la macroestructura así obtenida brinda información sobre fisuras, rajaduras, soldaduras, cementado, procesos de fabricación, homogeneidad del material, existencia de impurezas, etcétera.

La adopción de esta técnica tiene por fundamento la diferente velocidad de ataque del reactivo químico empleado sobre los diferentes constituyentes metalográficos del elemento tratado, incluyendo

entre ellos a los que han sufrido una alteración de su estructura cristalográfica normal, como consecuencia de la fuerza impuesta al punzón en el acto del grabado del número o signo original. Esta alteración canaliza el estudio para una clara diferenciación cualitativa de las propiedades físicas y químicas de las zonas no afectadas por la acción. En tal sentido, al aplicarse un reactivo químico corrosivo adecuado sobre el sector donde se ha concretado el borrado del número por pulido, limado, etc., el área tensionada por la grabación se disuelve a mayor velocidad que el metal inalterado, lo que produce la regeneración de la inscripción original. Cuanto más drástico haya sido el medio empleado para la marcación original, mayores posibilidades habrá de regenerarla; en caso contrario la posibilidad de un resultado satisfactorio será mínima.

1. **MÉTODOS FRECUENTES PARA REALIZAR MARCACIONES SERIALES**

a) *Por vaciado*.— Es propia de grandes motores. El molde que va a dar origen a la pieza posee en el lugar adecuado y en bajo relieve, la marca correspondiente, que quedará asentada en sobre relieve en la pieza terminada. Cualquier eliminación de limado, corte, etc., no permitirá su restitución por revenido en virtud de que la estructura cristalográfica no ha sufrido distorsión alguna.

b) *Por pintado*.— Pueden ser removidas fácilmente por medios mecánicos o químicos. En estos casos sólo resulta viable una observación óptica directa y la ayuda de radiaciones de frecuencia apropiadas (rayos X, ultravioleta, convertidor infrarrojo, etcétera).

c) *Por grabado mecánico*.— Son las que normalmente se realizan mediante el empleo de un cincel (anillos, monogramas, dedicatorias, relojes, medallas, etcétera). Si bien la alteración de la estructura es mínima, debe intentarse la restauración por revenido químico.

d) *Por escritura con metal fundido*.— Son marcas generalmente de gran tamaño que se emplean para identificar la fábrica del

objeto marcado y algún otro dato genérico. Aparece aquí una importante modificación de la estructura que permite la restauración por revenido químico.

e) *Por grabado eléctrico.*— Se emplean aquí lápices eléctricos o vibratorios que originan en la superficie metálica puntos o pequeños cráteres por fusión del metal, que dan origen a números y letras. Aquí la técnica aconseja, en caso de erradicación de este tipo de marcaciones, el pulido a espejo de la superficie (lija al agua, grado extra fino) y luego el examen visual y óptico con luz a diferentes ángulos.

f) *Por grabado químico.*— Es poco frecuente y consiste en atacar químicamente la superficie mediante reactivos cuya composición es acorde con dicha superficie. Puede apreciarse esta técnica en dibujos de armas de colección. La erradicación de tal grabado difícilmente pueda ser determinada por revenido químico, ya que la alteración cristalográfica es mínima.

g) *Por estampado en láminas metálicas que se adosan al objeto mediante tornillos o remaches.*— Como ya se dijera, es una forma de marcación precaria. Las chapas se graban (generalmente de aluminio) ya sea en el anverso (bajo relieve) o bien en el reverso (alto relieve), por medio de punzones. En estos casos se debe observar si los guarismos son originales o apócrifos, procediéndose a efectuar revenido en el segundo caso, haciéndose constar si los tornillos o remaches son originales o han sido removidos y/o reemplazados.

h) *Por estampado mediante cuños metálicos aplicados por percusión.*— Los punzones son de acero duro y poseen en su extremo la marca deseada en sobre relieve. El grabado se concreta por golpe fuerte y seco que provoca la introducción del punzón a una profundidad determinada. El número, letra o signo queda así marcado en bajo relieve.

Las grandes empresas poseen para ello equipos o dispositivos

que brindan al estampado características prolijas y constantes (igualdad de profundidad, equidistancia entre números, etc.), detalle que debe ser tenido en cuenta para determinar si la numeración sometida a examen es original o falsa.

Este método de grabado en frío es el que más se utiliza para la marcación de aparatos fabricados en serie, en particular armas y automotores (chasis y motores) y es, además, el que más se presta al revenido químico en caso de supresión ilegal de las marcas seriales por limado, pulido, etcétera.

2. MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA ELIMINACIÓN DE MARCAS SERIALES

a) *Pulido*.— Se producen estrías que siguen direcciones paralelas si se ha usado lima (con pulidora son concéntricas). La parte central de la zona afectada aparece más deprimida que la periférica.

b) *Lijado*.— Aparecen estrías con direcciones aproximadamente paralelas, de escasa profundidad; suele disimulárselas con pintura o pavonado.

c) *Punteado eléctrico*.— Está basado en la realización de una serie de concavidades sobre la zona afectada por la marcación, mediante una punta metálica, calentada eléctricamente al rojo. El acabado es burdo y grosero.

d) *Soldadura*.— Se rellenan las marcas con metal fundido.

e) *Corrección por adición*.— Consiste en el agregado de trazos sobre uno o dos números que integran la identificación a fin de transformarlos en otros. Aquí es muy importante el estudio de los dígitos que integran la numeración sospechosa, con auxilio de medios ópticos y lumínicos apropiados.

3. **MÉTODOS DE REVENIDO**

Existen reactivos y métodos de revenido para hierro y acero dulce, acero duro, aluminio, cobre, zinc, plomo, estaño, metales preciosos (plata, platino, oro).

Además del revenido químico, se utilizan otros métodos para regenerar inscripciones erradicadas en superficies metálicas. Algunos de ellos requieren instrumental complejo y costoso; otros no ofrecen la suficiente garantía del control permanente de la marcha del proceso de reaparición de las marcas eliminadas, con el riesgo de la pérdida de la prueba. Ellos son:

- a) método electrolítico;
- b) método electrolítico sin inmersión;
- c) método magnético;
- d) método por cavitación inducida en agua.

4. **REVENIDO DE INSCRIPCIONES EN MATERIALES NO METÁLICOS**

a) *Sobre elementos de material plástico.*— Las resinas plásticas artificiales (comúnmente denominadas materiales plásticos) conforman productos absolutamente amorfos, es decir sin la organización interna de los metales. Este carácter amorfo sugiere que no debería esperarse de los mismos la posibilidad del revenido de marcas seriales limadas. No obstante ello, se puede tratar la zona borrada con un solvente plástico, con lo que se podrá lograr el revenido, ya que la parte del material afectado por el grabado es más resistente a la acción disolvente que el resto. También da buenos resultados el procedimiento físico explicado en el caso de grabado eléctrico, es decir la observación con luz incidente en variadas direcciones.

b) *Sobre madera.*— La madera esta conformada por fibras celulósicas, unidas entre sí por sustancias incrustantes.

Los métodos de grabado sobre objetos de madera normalmente son los siguientes:

—Por corte con un instrumento afilado.

—Por carbonización de las fibras superficiales mediante un molde de hierro calentado al rojo.

—Mediante matrices, a percusión, en forma similar a la marcación de metales.

Ante una maniobra de eliminación por pulido o limado, resulta factible la regeneración de las inscripciones insertas originalmente, dado que con los tres métodos antes mencionados se produce una franca alteración de las fibras vecinas a las directamente afectadas por la acción del instrumento grabador.

c) *Sobre objetos de cuero.*— El revenido sobre artículos de cuero es requerido en casos de delitos contra las personas, identificación de cadáveres, homicidios, en los cuales se hace necesario identificar una marcación de calzado, guantes, tapados de piel y ropas de dicho material. Esos elementos suelen llevar impreso, grabado, pintado, etc., detalles sobre su origen, procedencia y talle, que pueden resultar de gran interés para la investigación y que intencionalmente o por desgaste, no son detectables a simple vista.

En la mayoría de los casos, la marcación de dichos elementos se realiza mediante aplicación de inscripciones coloreadas, con sellos metálicos, lo que implica un presionado más o menos intenso de la superficie. También pueden usarse pinturas al aceite para tapar las inscripciones. En tal caso es útil el empleo inicial del convertidor o la fotografía infrarrojos. Si la tinta utilizada en la marcación original era del tipo carbonoso, es muy probable que este recurso analítico permita la regeneración de la misma, atento la impermeabilidad del carbón a dichos rayos.

La superficie puede tratarse con solventes de sustancias grasas que eliminarán cualquier cubierta de esta naturaleza, aplicada adrede para ocultar una escritura o producida naturalmente por el uso. Luego de ello se debe observar con luz natural y ultravioleta, en busca de la marcación investigada.

De agotarse las instancias físicas se pueden realizar procedimientos químicos, con observación directa permanente de sus efectos.

CAPÍTULO XIX

EXAMEN DE PINTURAS

En innumerables casos, este tipo de evidencia correctamente examinada y evaluada, puede suministrar datos que sirvan, por ejemplo, para demostrar la presencia de un automóvil sospechoso en el lugar en que ocurrió un accidente, para relacionar un robo con un homicidio, o bien para consolidar y sustanciar otros tipos de evidencias en casos diversos.

Durante el curso de distintas investigaciones pueden encontrarse pruebas importantes. Aun una pequeña mancha sobre la ropa o las herramientas de un sospechoso, puede presentar las suficientes características identificatorias que permitan un buen examen o comparación.

1. COMPONENTES

La pintura es un líquido que luego de ser aplicado con pincel, *spray* o rodillo, se endurece por evaporación de disolventes, por oxidación, o por una combinación de éstos, para formar una capa protectora y decorativa. Comúnmente está formada por los siguientes componentes:

- a) *Excipientes*.— Este término incluye aceites, resinas o ele-

mentos plásticos que forman la película que une los pigmentos y se adhiere a la superficie.

b) *Pigmentos y sustancias colorantes.*— La pintura se colorea con pigmentos y/o tinturas que pueden combinarse o ser disueltos con el excipiente. Los pigmentos son finísimas partículas sólidas que dan el color deseado y consistencia a la pintura; pueden incluir sustancias que aumentan el volumen de ellas o mejoran sus propiedades.

c) *Tinturas.*— Son necesarias en todas las pinturas que contienen aceites. Habitualmente son compuestos orgánicos que contienen cobalto, plomo o manganeso. La existencia de uno de estos elementos implica la utilización de un aceite en la preparación.

d) *Disolventes.*— Se emplean para regular la consistencia de la pintura, de tal manera que pueda ser convenientemente aplicada como un líquido. Se evaporan con facilidad y no están presentes en las pinturas acrílicas.

Las pruebas de laboratorio generalmente consistirán en la determinación y el cotejo de las características individuales, tales como color, tipo, textura, disposición y composición. El objeto del examen será, la mayoría de las veces, comparar pequeñas partículas o manchas de pintura de origen desconocido, con una muestra de la que sí se conoce su procedencia.

El propósito podría ser también determinar la marca y el modelo del auto del cual se extrajeron las pruebas, establecer si la pintura es de aquellas que se usan sobre objetos metálicos, cajas de seguridad, etc., o verificar si puede estar asociada con alguna ocupación en especial.

2. PRUEBAS MICROSCÓPICAS

Un examen de comparación comienza con observaciones generales mediante el auxilio de un microscopio con la finalidad de: de-

terminar color, textura, estructura y cualquier característica que pudiera servir como punto de referencia. Si la muestra de la que se conoce su procedencia fue tomada de un lugar cercano al área desde donde proviene la de origen desconocido, el microscopio le permitirá al observador no dejarle ninguna duda de que partieron de una superficie en común.

Para observar mejor el color en las tareas de comparación, las pruebas se sumergen en aceite mineral y se miran a través del microscopio. Las partículas pueden superponerse para que las diferencias, si las hubiere, resulten evidentes. La luz que se emplea es variada en intensidad.

El resultado de las pruebas, especialmente en muestras muy pequeñas, dependerá de la habilidad y experiencia del examinador.

El término *textura* incluye características tales como brillo, aspecto granuloso, dureza, formación de ampollas o burbujas, etcétera. Muchas veces las muestras de pintura examinada pueden tener dos o más capas, las que habitualmente serán distinguidas microscópicamente. Al respecto, el examinador observará y registrará la estructura de las capas, anotando el espesor, la posición y textura de cada una de ellas. A menudo se llega a las capas inferiores raspando la pintura o mediante el uso de disolventes, para mejor observación.

Como en el caso ya citado, el propósito de una investigación es determinar la marca y el modelo de un vehículo involucrado en un accidente, contándose para ello solamente con pequeñas partículas de pintura extraídas de las ropas de la víctima. En estos casos es fundamental contar con un archivo o banco de datos apropiado y actualizado, el que, de ser posible, contendrá una colección de paneles suministrados por los fabricantes de automóviles.

3. *INSTRUMENTAL*

a) *El espectrofotómetro*.— Es un instrumento utilizado para determinar el color y hacer comparaciones.

Muchas pinturas contienen un producto orgánico para colorear, además de un pigmento, o en lugar del mismo. Este producto puede removerse con un disolvente para facilitar el estudio del color. La cantidad de absorción de cada onda es registrada en un dia-

grama, que luego queda como una constante permanente. Los componentes de una determinada pintura pueden establecerse comparando los diagramas de tinturas cuya fórmula química se conoce. Una muestra de pintura sometida a comparación, a menudo es suficiente para un examen espectrofotométrico.

b) *El espectrógrafo*.— Se emplea para analizar variados elementos de composición, entre ellos, la pintura. Una de sus ventajas es que, a veces, basta con una pequeña muestra. Por ende, además de los diversos componentes, algunos rastros de impurezas son las características distintivas de una muestra. Otra de las ventajas es que el espectro resultante de quemar una pequeña partícula entre electrodos de carbón, se registra en una placa fotográfica.

Este instrumento ofrece una apreciable ventaja cuando se estudian mezclas compuestas.

c) *Rayos X*.— Su uso es muy variable e indispensable en los trabajos de laboratorio. Son por demás útiles en la identificación de compuestos cristalinos.

Las pinturas actuales contienen una inmensa variedad de resinas, plásticos y aceites para unir los pigmentos. Éstas son materias orgánicas con fórmulas compuestas y propiedades diversas. La identificación de dichos componentes resulta difícil si la muestra a ser examinada es de cantidad reducida.