

Maestría en

Criminalística

**Trabajo de Investigación previo a la obtención del título de Magíster
en Criminalística**

Integrantes

Merino Caiza Sharon Nicole

Garcia Moreira Ivanna Geanella

Rohoden Condoy Shaden de Fátima

Pucachaqui Manguia Jessenia Elizabeth

Montesdeoca García Miguel Ángel

TUTORES:

Eliza Ruiz- Tagle

Fernández Sergio A. Fernández Moreno

Francisco Javier Gavilán Román

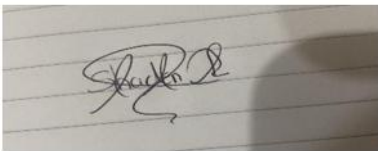
Periodolectivo

2024-2025

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

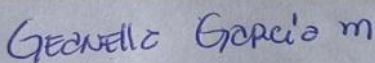
Nosotros, Merino Caiza Sharon Nicole, Garcia Moreira Ivanna Geanella, Rohoden Condoy Shaden de Fátima, Pucachaqui Manguia Jessenia Elizabeth, Montesdeoca García Miguel Ángel, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



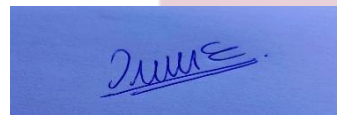
Shaden de Fatima Rohoden Condoy

1106012733



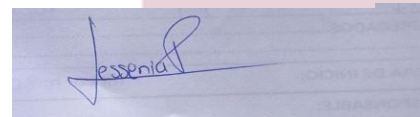
Garcia Moreira Ivanna Geanella

0950066258



Sharon Nicole Merino Caiza

1726455395



Pucachaqui Manguia Jessenia

Elizabeth

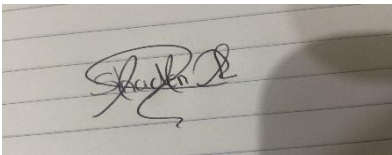
1752617843



Montesdeoca García Miguel Ángel
1719775312

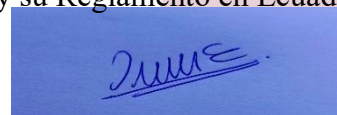
AUTORIZACIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Nosotros, Merino Caiza Sharon Nicole, Garcia Moreira Ivanna Geanella, Rohoden Condoy Shaden de Fátima, Pucachaqui Manguia Jessenia Elizabeth, Montesdeoca García Miguel Ángel en calidad de autores del trabajo de investigación titulado Caso hipotetico sobre un asesinato vinculado al analisis forense, autorizamos a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) para hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o de parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autores nos corresponden, lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento en Ecuador.



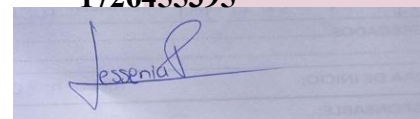
Shaden de Fatima Rohoden Condoy

1106012733



Sharon Nicole Merino Caiza

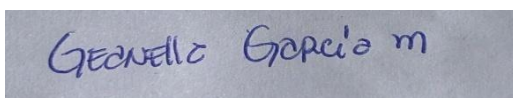
1726455395



Pucachaqui Manguia Jessenia

Elizabeth

1752617843



Garcia Moreira Ivanna Geanella

0950066258



Montesdeoca García Miguel Ángel
1719775312

APROBACIÓN DE DIRECCIÓN Y COORDINACIÓN DEL PROGRAMA

Nosotros, Sergio Fernández y Martín Domínguez, declaramos que los graduandos: Lizbeth Stefany Mafla Valle, Kevin Xavier Boada Cerón, Pamela Abigail Tiban Chano, María del Cisne Alvarez Sánchez, Dayana Sofia Ortiz Guerra son los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal de ellos.

FERNANDEZ
MORENO SERGIO
ANTONIO -
24237806S

Firmado digitalmente
por FERNANDEZ
MORENO SERGIO
ANTONIO - 24237806S
Fecha: 2026.04.02
20:19:28 +02'00'

Sergio Fernández
Director/a de la
Maestría en Criminalística



Firmado electrónicamente por:
JORGE MARTIN
DOMINGUEZ JARAMILLO
Validar únicamente con 

Martín Domínguez Coordinador/a
de la Maestría en Criminalística

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo, en primer lugar, a nuestras familias, por su amor incondicional, paciencia infinita y constante apoyo a lo largo de todo este proceso académico. Su comprensión ante cada sacrificio, su aliento en los momentos de cansancio y su confianza permanente fueron la fuerza que nos impulsó a seguir adelante y no desistir ante los desafíos presentados.

Este logro también está dedicado a quienes creyeron en nuestras capacidades y nos motivaron a superarnos día a día, recordándonos el valor del esfuerzo, la disciplina y la perseverancia. A nuestros compañeros de estudio, por el aprendizaje compartido, el trabajo en equipo y el apoyo mutuo que hicieron de este camino una experiencia enriquecedora tanto a nivel académico como humano.

Finalmente, dedicamos este trabajo a nosotros mismos, por la constancia, el compromiso y la determinación demostrados durante esta etapa de formación, que hoy se ve reflejada en la culminación de un objetivo académico y profesional que representa el inicio de nuevos retos y oportunidades.

Agradecimientos

Expresamos nuestro más profundo y sincero agradecimiento a nuestros familiares y compañeros, quienes con paciencia, comprensión y apoyo incondicional estuvieron presentes a lo largo de todo este exigente proceso académico. Su acompañamiento constante, palabras de aliento y confianza depositada en nosotros fueron fundamentales para superar cada reto, sacrificio y momento de dificultad que se presentó durante el desarrollo de esta maestría.

A nuestros familiares, por ser el principal sostén emocional y una fuente permanente de fortaleza, motivación y estabilidad, permitiéndonos mantener el enfoque y la perseverancia necesarios para alcanzar nuestras metas académicas y profesionales. A nuestros compañeros, por el trabajo colaborativo, el intercambio de conocimientos y el apoyo mutuo, que enriquecieron de manera significativa nuestra experiencia de aprendizaje.

Gracias a todos ellos, fue posible culminar con éxito esta etapa de formación académica, consolidando los conocimientos y competencias adquiridos durante la maestría, los cuales contribuirán de manera significativa a nuestro desarrollo profesional y personal.

Resumen

En el presente proyecto de titulación se va a desarrollar mediante el estudio de un caso hipotético de carácter práctico, con la finalidad de aplicar y proyectar los conocimientos adquiridos durante la Maestría en Criminalística, mediante el análisis integral de un hecho violento desde una visión del campo de la Balística, Medicina Legal y Audio y Video Forense. El presente estudio se centra en un homicidio ocurrido en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, producto de una balacera. Dentro del ámbito de la balística forense se van analizar los indicios relacionados con el arma de fuego como son vainas percutidas, proyectiles y el arma incautada, mediante procedimientos técnicos que van a permitir vincular materialmente el instrumento con el evento investigado.

Desde el análisis de la Medicina Legal, haremos el estudio tanatológico, con la finalidad de determinar la causa, el mecanismo y las circunstancias de la muerte, considerando elementos como la trayectoria de los proyectiles, la distancia de disparo y la estimación del tiempo de muerte. En cuanto al análisis de Audio y Video Forense, el mismo contribuirá a la reconstrucción temporal y secuencial de los hechos, mediante el estudio de grabaciones provenientes del sistema de videovigilancia ECU 911 y de cámaras aledañas al lugar del suceso.

Palabras Claves: Criminalística; balística; medicina legal; audio y video forense; homicidio; caso hipotético.

Abstract

The present graduation project is developed through the study of a hypothetical case of a practical nature, with the purpose of applying and demonstrating the knowledge acquired during the Master's Degree in Criminalistics, through the comprehensive analysis of a violent act from the perspective of forensic ballistics, legal medicine, and forensic audio and video analysis. The study focuses on a homicide that occurred in the city of Guayaquil, Ecuador, as a result of a shooting.

Within the field of forensic ballistics, evidence related to the firearm—such as spent cartridge cases, projectiles, and the seized weapon—is analyzed through technical procedures that allow for the material linkage of the weapon to the investigated event.

From the perspective of legal medicine, a thanatological examination is conducted in order to determine the cause, mechanism, and circumstances of death, considering factors such as projectile trajectory, firing distance, and estimation of the time of death.

Regarding forensic audio and video analysis, this discipline contributes to the temporal and sequential reconstruction of the events through the examination of recordings obtained from the ECU 911 video surveillance system and cameras located near the scene.

Keywords: Criminalistics; forensic ballistics; legal medicine; forensic audio and video; homicide; hypothetical case.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	13
Objetivo general.....	14
Objetivo específico.....	14
CAPITULO I: BALISTICA	16
1. Balística Interna.....	17
1.2 Balística Externa	17
1.3 Balística final o de Efectos.....	18
1.1.1 Balística comparativa o identificativa	19
1.2 Dactiloscopia.....	19
1.3 Método de análisis del caso	20
1.4 Homicidio en las inmediaciones del Parque Lineal del Sur del Guayaquil.....	20
1.4.1 Levantamiento del hecho	20
1.5 Inspección técnica del área de los hechos	21
1.5.1 Peritaje balístico forense.....	21
1.5.2 Caso.....	23
1.6 Análisis Balístico.....	24
1.6.1 Análisis del Casquillo	24
1.6.2 Análisis del proyectil	24

1.7	Análisis dactiloscópico	26
1.8	Análisis Pericial	27
	Conclusiones	29
	CAPÍTULO II: AUDIO Y VIDEO FORENSE	30
2.	Desarrollo	31
2.1	Extracción de metadatos, descarga de los videos y generación de Hash y Fotogramas.31	
2.1.1	Extracción de metadatos online.....	31
2.1.2.1	Video ECU 911	32
2.1.3	Descarga del video de YouTube	34
2.1.4	Generación de la huella Hash o Digital.....	35
2.1.5.	División del video en Fotogramas.....	36
a)	Metadatos	37
b)	Comparación de los hashes	38
c)	Fotogramas.....	38
d)	Resultados	39
2.1.6.	Análisis forense de los fotogramas.....	40
a)	Detección de clones	41
b)	Análisis del nivel de error	42
c)	Análisis de ruido.....	44

d)	Barrido de nivel.....	45
e)	Gradiente de luminancia	46
f)	Análisis de componentes principales	48
2.2.	Análisis y extracción de audio forense.....	50
2.2.1.	Extracción de audio del video de YouTube	50
2.2.2.	Análisis de audio descargado.....	51
a)	Formato de ondas.....	51
b)	Formato del espectrograma.....	52
	CONCLUSIÓN.....	54
	Conclusión General.....	54
	Conclusiones Específicas	55
	CAPÍTULO III. MEDICINA LEGAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	57
3.1	Introducción	57
3.2	Fundamentos de la Medicina Legal	58
3.2.1	Definición y ámbito de actuación	58
3.2.2	Historia y desarrollo de la disciplina.....	59
3.2.3	Subdisciplinas y campos de aplicación	60
3.3	Fenómenos cadavéricos y determinación del tiempo de muerte.....	61
3.3.1	Fenómenos abióticos inmediatos	62
3.3.2	Fenómenos abióticos tempranos	62

3.3.3 Fenómenos transformativos.....	63
3.3.4 Variables que influyen en la cronotanatodiagnosis.....	64
3.3.5 Clasificación médico-legal de las muertes	64
3.3.6 Asfixias mecánicas y síndrome asfíctico.....	65
3.4 Procedimientos periciales en medicina legal.....	66
3.4.1 Inspección del lugar de los hechos y levantamiento del cadáver	66
3.4.2 Autopsia judicial: etapas y protocolo	67
3.4.3 Estudio externo: identificación de lesiones y signos	68
3.4.4 Estudio interno: necropsia de cavidades	68
3.4.5 Elaboración del dictamen y cadena de custodia	69
3.4.6 Normativa y protocolos en autopsias judiciales.....	69
3.5 Aspectos específicos de la lesionología forense.....	71
3.5.1 Clasificación de lesiones	71
3.5.2 Balística forense y lesión por arma de fuego.....	73
3.5.3 Violencia sexual y lesiones asociadas.....	75
3.5.4 Lesiones en niños y personas vulnerables	75
3.6 Introducción al análisis del caso estadístico en medicina legal	76
3.6.1 Importancia de la estadística en medicina forense.....	76
3.6.2 Fuentes de datos en medicina legal	76
3.6.3 Estadística descriptiva aplicada a autopsias y lesiones	77

3.6.4 Medidas de asociación e inferencia estadística.....	78
3.6.5 Ejemplos de estudios estadísticos	79
3.6.6 Limitaciones y consideraciones éticas.....	80
3.6.7 Modelos multivariantes y análisis de supervivencia.....	80
3.6.8 Diseño de estudios y muestreo.....	81
3.7 Herramientas y tecnologías para el análisis estadístico	82
3.7.1 Software estadístico	82
3.7.2 Bases de datos forenses y big data.....	82
3.7.3 Métodos avanzados: minería de datos y aprendizaje automático.....	83
3.7.4 Autopsias virtuales y virtopsia	83
3.7.5 Imágenes forenses y fotogrametría 3D.....	84
3.8 Integración multidisciplinaria y perspectivas futuras	85
3.8.1 Relación con la criminalística integral	85
3.8.2 Ética y derechos humanos	85
3.8.3 Retos y oportunidades en Ecuador y el mundo	86
3.8.4 Cadena de custodia y preservación de la evidencia.....	86
3.9 Estudio de caso: integración de medicina legal, balística y análisis estadístico	87
Referencias bibliográficas	90

Índice Figuras

Figura 1 <i>Balística externa</i>	18
Figura 2 <i>Balística final o de efecto</i>	19
Figura 3 <i>Consecución de proyectiles o vainas de un arma</i>	22
Figura 4 <i>Posible arma homicida</i>	23
Figura 5 <i>Presuntas balas de arma de fuego</i>	24
Figura 6 <i>Análisis binocular macroscópico y microscópico de los casquetes encontrados</i>	25
Figura 7 <i>Análisis Dactiloscópico</i>	26
Figura 8 <i>Subdisciplinas y campos de aplicación</i>	60
Figura 9 <i>Fenómenos antibióticos</i>	62
Figura 10 <i>Clasificación de lesiones</i>	71

INTRODUCCIÓN

Los análisis de percusiones con armas de fuego han crecido históricamente en el ámbito de la criminalística, debido a que han ocurrido de forma circunstancial el uso de estas, en procesos cotidianos de la vida por personas que no saben manipular esta herramienta, generando consecuencias catastróficas en la vida de otros ciudadanos. Esto se debe al mal proceso de las entidades que se encargan de vender este tipo de productos a nivel legal e ilegal, por lo que la oficina de las Naciones Unidas contra la droga y el delito han clasificado a las armas de fuego en función a la letalidad, estructura, forma de porte, mecanismo de acción o características técnicas. Sin embargo, estas se crearon para una función en específico a nivel jurídico, judicial o técnico (Naciones Unidas, 2020).

Aunque, en la actualidad las armas de fuego presentan un riesgo social cuando son empleadas por personas que no presentan la pericia adecuada, o la usan de forma indebida a nivel social, generando un impacto negativo en la seguridad pública y jurídica promoviendo la violencia y la pérdida de vida humanas. Debido a que son herramientas que se inventaron para causar daño. No obstante, su abordaje original se ha desproporcionado porque muchos ciudadanos portan armas de fuego para hacer procesos ilegales como delinquir, generar tiroteos en zonas públicas, accidentes domésticos entre otras consecuencias. Lo que fomenta la escala de criminalidad, tasa de asesinatos suicidios y homicidios.

Por lo que las legislaciones de cada país generan estatutos legales para su porte e implementación, la cual genera castigos preventivos como procesos judiciales por su mal uso, donde el Ecuador en el Código Orgánico Integral Penal COIP, la cual establece las normativas y procedimientos legales para el manejo y control de armas de fuego.

A pesar de que este elemento es un problema jurídico nacional el proceso que se presenta a continuación es un análisis detallado de investigación científica a nivel de balística sobre un delito ocurrido el 18 de mayo de 2024, aproximadamente a las 21h45, donde el personal policial acudió a la zona del Parque Lineal del Sur, en la ciudad de Guayaquil, por unas detonaciones por un arma de fuego en las inmediaciones. Donde al arribar al lugar, se localizó un ciudadano fallecido por impactos de bala producidas por un arma de fuego localizada en la misma zona. Sin embargo, el objetivo de dicho proceso es describir de forma detallada los protocolos de ejecución, custodia y procesamiento correcto de la prueba balística con la finalidad de conocer los procedimientos, técnicas y métodos que deben realizar cada uno de los agentes participantes en el proceso judicial y se explicará el proceso cognitivo de la valoración de la prueba pericial que debe realizar el juez para llegar a una sentencia correctamente.

Objetivo general

Explicar los procedimientos teóricos y conceptuales en el proceso de investigación de los delitos en armas de fuego o se sospecha de su uso en el parque lineal del Sur de Guayaquil en 2024.

Objetivo específico

- Analizar los principios teóricos y conceptuales de la balística forense que facilitan la comprensión del caso del parque lineal del Sur de Guayaquil 2024.
- Describir los procedimientos técnico-científicos se aplican en los indicios de balística dentro del caso parque lineal del Sur de Guayaquil 2024.

□ Emplear los conocimientos del peritaje balístico como herramienta fundamental para la reconstrucción de los hechos y la vinculación del arma de fuego con la escena del delito y las personas involucradas.

CAPITULO I: BALISTICA

Una de las fases de la criminalística es el análisis de balística forense, porque ha resultado ser un elemento relevante para la restauración de los hechos criminales y la determinación de los posibles involucrados en los hechos, sobre todo en aquellos sucesos en la que ha habido un homicidio por este artefacto o hay posibles heridos (Cabrera & Orellana, 2024). Sin embargo, en los supuestos de hecho en los que se haya empleado un arma de fuego, el equipo de la balística se encarga de investigar, fijar, levantar, embalar y descubrir los indicios, huellas y pruebas materiales, así como la valoración operativa por separado y en su conjunto, dando a comprender como ocurrieron las circunstancias del hecho y poder así generar interpretaciones validas sobre el sujeto que ejecuta la acción de disparar sobre la víctima, animal o cosa.

Si bien, para ejecutar este procedimiento de balística tiene que analizar una serie de procedimientos basados en el hecho un arma de arma de fuego, puesto que en el lugar de los sucesos se tiene que conseguir los proyectiles, vainas, municiones o evidencias físicas derivadas del uso de un arma, ya que estos elementos serán el indicio para generar las hipótesis que se suscitan en estos casos, como es el tipo de alcance, la dirección, trayectoria, el recorrido del proyectil, las posiciones en que se efectuó las percusiones del arma, las zonas de origen del impacto y demás elementos que ayuden a esclarecer los hechos y establecer las decisiones de lo ocurrido (Araúz, 2019).

De acuerdo con Sosa (2019), la balística es el procedimiento en el cual se parte de los efectos producidos en un blanco, donde se tiene que determinar “el tipo de arma, cartucho o munición utilizada, la distancia y el ángulo de tiro, el número de disparos efectuados en su

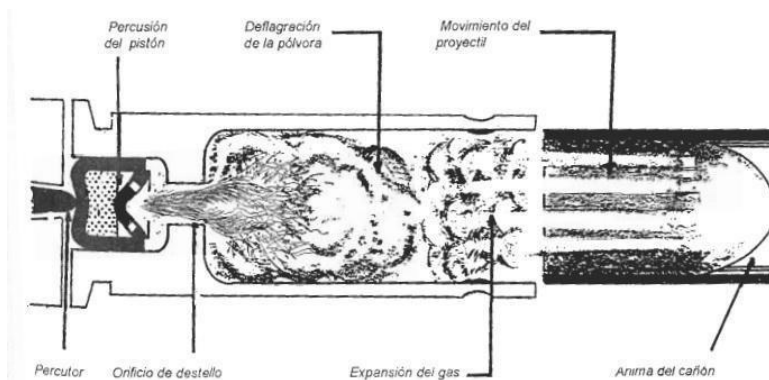
caso, si el proyectil recogido ha sido o no disparado por el arma sospechosa” (p.37). Aunque es importante destacar que la balística presenta cuatro ramas fundamentales en las que se clasifica la ciencia balística:

1. Balística Interna

De acuerdo con Sosa (2019), este procedimiento es análisis termodinámico que ayuda a los fenómenos que ocurren en el interior del arma, donde el cartucho que se aloja en la recámara antes del disparo hasta que la presión de gases, el proyectil abandona el interior del arma por el cañón y efectúa su recorrido.

Figura

Balística interna



1.2 Balística Externa

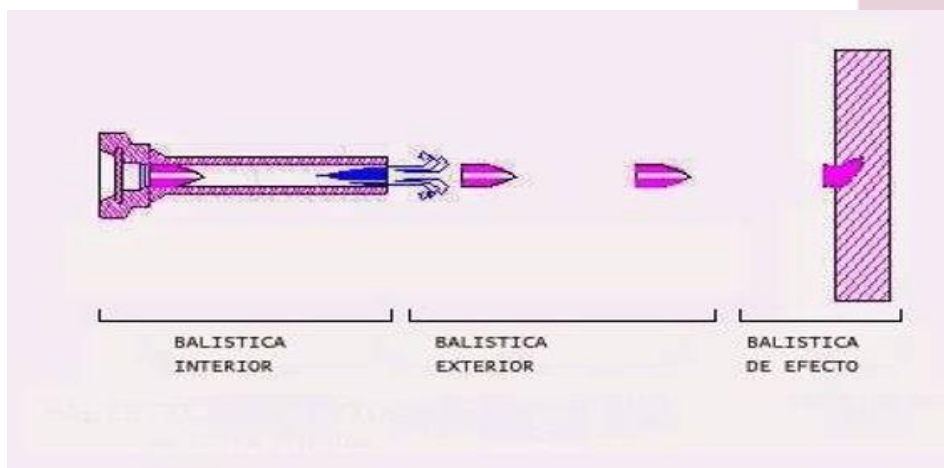
Este procedimiento estudia el efecto que genera el proyectil y las causas que afectan su trayectoria, si bien este elemento analiza el espacio recorrido, el estiramiento de la bala y el impacto que genera al llegar al objetivo. Sin embargo, la finalidad de este procedimiento es conocer la fuerza, trayectoria, rotación y conductas del proyectil al salir del cañón del arma. Sin embargo, este elemento ayuda a conocer tres aspectos fundamentales que son el estudio de

la trayectoria de disparo la cual indica la posición del tirador nos permite identificar la posición del tirador al momento de realizar el disparo, el método químico el cual se emplea para conocer los elementos inorgánicos que están asociados a las cápsulas iniciadoras de la munición, la cual ayudan a determinar la distancia de disparo, y se observa los impacto realizados para así recoger los residuos de los orificios en las que encuentra la bala y someterlas a pruebas colorimétricas, para así comparar el tamaño y color, de la muestra recogida y la del impacto, lo que ayuda a determinar la distancia de disparo y el tipo de pólvora usada y el ultimo método que es el trigonométrico la cual se emplea cuando se ha detonado el arma con una distancia superior a los cuatro metros y ver la dirección y trayectoria del impacto del proyectil (Ortíz, 2020).

Figura

1

Balística externa



1.3 Balística final o de Efectos

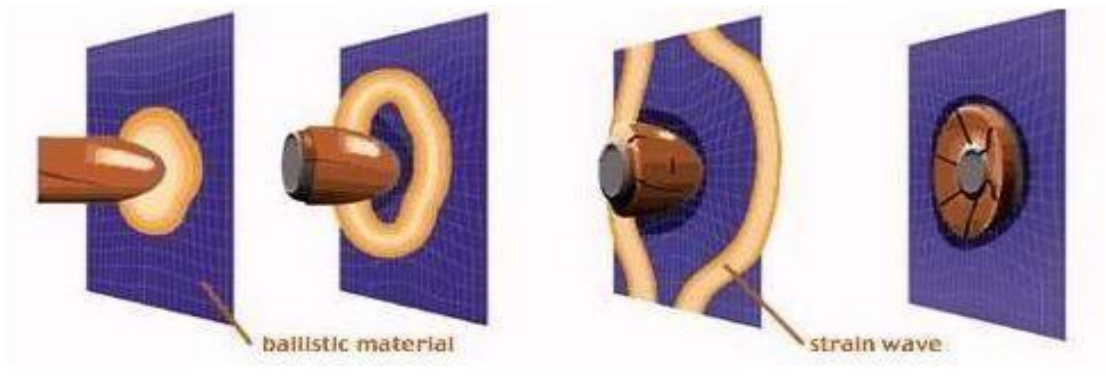
De acuerdo con Sosa (2019) este elemento analiza la forma en la que el proyectil transfiere la energía cinética al impactar en el objeto sobre el cual ha sido trazada su trayectoria.

Es decir, estudia los posibles efectos producidos sobre el lugar de impacto y como estos deformaron o atravesaron al mismo.

Figura

2

Balística final o de efecto



1.1.1 Balística comparativa o identificativa

De acuerdo con Policía Nacional (2013) este elemento se emplea para analizar las marcas únicas (huellas), que están como evidencia en el arma de fuego, en los proyectiles y casquillos, las cuales ayudan a determinar si fueron disparados por esa arma específica, y por la persona que cargo el arma de fuego.

1.2 Dactiloscopia

De acuerdo con Solana (2024), define al procesamiento de huellas como el método que ha ayudado obtener de mejor forma los posibles indicios de un suceso, por medio de la búsqueda y obtención de procedimientos no invasivos que distorsionen el elemento a analizar. Esto se debe a que, en muchos sucesos las huellas generan una estructura de crestas de fricción

de la piel cuando esta entra en contacto con una superficie adecuada. esto se debe a que las huellas dejan residuos ecruino o sebáceo.

1.3 Método de análisis del caso

Para el análisis de este caso se realizó un levantamiento de los hechos ocurridos en el parque lineal del Sur de Guayaquil, donde se empearán todos los protocolos de criminalística que están relacionados al análisis de balística para aclarar la ocurrencia del hecho y determinar cómo fue el posible suceso

1.4 Homicidio en las inmediaciones del Parque Lineal del Sur del Guayaquil

1.4.1 Levantamiento del hecho

El día 18 de mayo de 2024, en las inmediaciones del parque lineal del Sur de Guayaquil a las 21h45, el personal de la personal policial se le notifico por medio una llamada al ecu911 una alerta por presuntas detonaciones similares a la de un arma de fuego en la zona. Al arribar, se denoto un cuerpo sin vida de un ciudadano de sexo masculino, de 32 años de edad, con una altura promedio de 1.75 cm y un peso de 85 kg aproximadamente tendido en el suelo con aparentes heridas producidas por proyectil de arma de fuego.

La víctima vestía ropa casual y no presentaba documentación visible, además no hay signos de lucha en la zona de los acontecimientos, ni presencia de testigos presenciales al acontecer los hechos, solo los testigos de las zonas cercanas al parque indican que la víctima presentaba una discusión con otro individuo, seguidamente se escucharon tres disparos donde la víctima cae desplomada al suelo de cubito dorsal. Vecinos cercanos a la zona procedieron a llamar a emergencias para brindar los primeros auxilios a la víctima. Cabe señalar que el parque

presenta cámaras de video vigilancia públicas y privadas, la cual captaron el audio y las imágenes de lo ocurrido.

El personal policial procedió a acordonar el área para preservar la escena y permitir el inicio del proceso investigativo conforme a los protocolos de criminalística y balística forense.

1.5 Inspección técnica del área de los hechos

1.5.1 Peritaje balístico forense

De acuerdo con el personal de criminalística la escena se clasifica como escena abierta, por lo que representa un sitio público de alto tránsito. Durante la inspección ocular técnica se establecieron las siguientes características:

- Superficie de suelo pavimentada con adoquín
- Iluminación artificial deficiente
- Clima seco, sin precipitaciones previas o posteriores al arribar el cuerpo policial.
- No se observan indicios de alteraciones de los hechos en el entorno.

Sin embargo, para empezar el proceso de investigación del suceso se debe tomar fotografías que recuperen de forma exhaustiva todos los detalles de la escena del crimen, para así realizar un cálculo de los disparos realizados a través de la interrogación de testigos, búsqueda y marcado de vainas y proyectiles y, en el caso de hallar armas, verificando los proyectiles sin disparar.

En cuanto a la consecución de proyectiles y vainas, se tiene que fijar fotográficamente de estos por medio de un croquis, la cual se fotografía cada uno con su respectivo número de hallazgo y con el testigo métrico ya que este recopila los datos de ubicación para determinar el ángulo de posición del tirador. Es importante destacar que estas vainas al ser enumeradas se

tienen que describir su morfología, materia y tamaño en el caso de que los proyectiles tengan la marca y el calibre de cada una de las estas. Es importante destacar que estos proyectiles no se deben manipular de tal forma, porque si no se altera o elimina la evidencia que se pueda recolectar (Sosa, 2019).

Cuando se hallen proyectiles y vainas, también se debe fijar fotográficamente su ubicación anexando un croquis y cada uno con su fotografía individualizada con la aparición del testigo métrico ya que estos datos de ubicación son determinantes para hallar la posición del tirador. Se deben numerar y describir su morfología, materia y tamaño en el caso de los proyectiles y se debe determinar la marca y el calibre de cada una de las vainas. No se deben manipular de tal forma que se puedan alterar o eliminar señales o lesiones debido a su fabricación o uso.

Figura

3

Consecución de proyectiles o vainas de un arma



1.5.2 Caso

El cadáver presenta tres impactos de bala 9mm probablemente de un arma denominada *Thunder bersa*, los impactos fueron a una distancia corto no superior al metro de distancia en la zona del torácica anterior en la parte derecha. No se evidencia orificios de salida a simple vista, se localizaron tres casquillos metálicos cerca del cuerpo, la cual fueron identificados por fotografías, rotulados y embalados para su posterior análisis balístico.

Figura

4

Possible arma homicida



Nota. Tomado de (Policia Nacional , 2013)

Figura

5

Presuntas balas de arma de fuego



Nota. Tomado de (Policia Nacional , 2013)

1.6 Análisis Balístico

1.6.1 Análisis del Casquillo

Los casquillos recolectados serán sometidos a exámenes macroscópico y microscopia, para determinar, el calibre del arma, material, tipo de percutor, extractor y eyector

1.6.2 Análisis del Proyectoil

Los proyectiles recuperados presentan deformaciones en el extremo anterior, lo que indican que sus impactos están en contra del tejido blando y probable contacto con estructura ósea. Porque se observa en el análisis microscópico estrías helicoidales bien definidas, giros con dirección hacia la derecha, un numero de campos y estrías compatibles con cañones de armas cortas calibre 9 mm.

Figura

6

Análisis binocular macroscópico y microscópico de los casquetes encontrados



Nota. Tomado de Skopein (Skopein, 2018)

Tras efectuar los disparos de la posible arma de fuego recolectada del victimario se puede denotar que las vainas servidas se aplicó el análisis scopométrico. La cual consiste en realizar un análisis físico y detallado del material encontrado, por medio de un instrumental óptico adecuado donde se observa a simple vista una característica similar, en los hoyos de percusión generados, la cual presentan una forma circular. Dando a comprender que el arma homicida es una *Thunder bersa*, porque las vainas presentan una percusión similar, dando a comprender que la aguja de percusión posee una forma rectangular que al incidir en la cápsula fulminante genera tal forma

1.7 Análisis dactiloscópico

Es importante destacar que la culpabilidad dactiloscópica, se aplica cuando se realiza un análisis científico de las huellas dactilares del victimario con relación a la presunta arma homicida logrando vincular de forma directa a la persona con el arma. Sin embargo, es importante resaltar que la persona al presentar evidencias físicas relacionadas con el hecho delictivo no determina la culpabilidad penal por sí sola, sino que ayuda a probar a nivel técnico que está involucrado en los acontecimientos.

Localización de las huellas en el escenario del suceso

- Arma de fuego, empuñadura, corredera y cargador
- Casquillos percutidos
- Superficies aledañas a la zona de contacto
- Municiones sin disparar

Figura

Análisis Dactiloscópico



7

Para este caso se aplicó la dactiloscopia como elemento clave para que ayude a orientar la investigación puesto que el posible autor, durante la inspección técnica del lugar de los hechos el victimario no presentaba indicios de culpa, pero el personal especializado procedió efectuar el proceso de análisis dactilar en las superficies potencialmente manipuladas por el agresor, como el casquillo percutido, la empuñadura, la corredera y el cargador. Para este procedimiento se aplicaron polvos dactiloscópicos de color negro y magnético, lo que ayudo a visualizar crestas papilares con adecuada nitidez; al igual que para los objetos de textura irregular se empleó luz forense alternativa, ayudando a detectar sin contacto directo.

Después, de obtener el arma de fuego incautada se realizó el método de vaporización con Ciano acrilato, ayudando a fijar de forma permanente las huellas latentes en la empuñadura y el cargador. Estas técnicas accedieron a fijar y preservar las huellas dactilares relevantes, para así garantizar su adecuado registro escrito, levantamiento y posterior análisis comparativo, respetando la cadena de custodia y los principios científicos de la criminalística.

1.8 Análisis Pericial

Después de examinar los procesos de balística se estableció que el arma es compatible con el homicidio doloso con arma de fuego, evidenciado por:

- Uso intencional de un arma letal.
- Dirección de los disparos hacia las zonas vitales del cuerpo.
- No presenta indicios de disparo accidental.

Asimismo, el análisis balístico demuestra de forma directa que los proyectiles encontrados y el casquillo pertenecen al arma que está en la figura 5 y que además constituye una prueba material determinante que involucra al victimario de haber usado el arma de fuego.

Al igual al analizar los proyectiles extraídos del cuerpo son compatibles con el arma de fuego *thunder bersa*, debido a que los casquillos y proyectiles incautados en el arma presentaba estriado compatible con el cañón del arma.

Conclusiones

□ Después de realizar el peritaje balístico en el caso el parque lineal del Sur de Guayaquil en 2024, se determinó que el tipo de arma utilizada, *Thunder Bersa* calibre 9 mm, y los impactos que recibió la víctima son a distancias cercanas al cuerpo por lo que la trayectoria de los disparos y la distancia aproximada de tiro no requirió el uso de análisis trigonométricos. Pero al analizar los casquillos y proyectiles, por medio de estudios macroscópicos, microscópicos y scopométricos, se demostró de forma técnica que esa era el tipo de arma que desvivió a la víctima lo que fortalece la hipótesis investigativa del homicidio doloso.

□ Asimismo, el uso correcto de los procedimientos de balística conllevó a una eficiente prueba pericial, puesto que el levantamiento de los hechos por medio de estudios fotográficos, el embalaje adecuado de los indicios balísticos y la preservación de las huellas dactilares facilitaron el análisis de cada uno de los elementos que están implicados en el hecho.

□ Al final se aplicó un análisis dactiloscópico como herramienta probatoria que ayudó a vincular al victimario con el arma homicida, porque al examinar la presencia de huellas dactilares en los casquillos, empuñadura, proyectiles y cargador se evidenció su correlación con las pruebas balísticas y el contexto del hecho, lo que conforma un soporte científico viable para la valoración judicial, contribuyendo a una adecuada administración de justicia conforme a los principios del debido proceso.

CAPÍTULO II: AUDIO Y VIDEO FORENSE

En el presente capítulo se aborda el estudio del audio y video forense como una herramienta fundamental dentro de la criminalística moderna, enfocándose en la aplicación de metodologías técnico-científicas y en el uso de programas y software especializados para el análisis de material audiovisual. En particular, se examinan los registros de videovigilancia obtenidos del sistema de seguridad integrado ECU 911, así como de cámaras de seguridad públicas y privadas ubicadas en las inmediaciones del lugar de los hechos, con el propósito de contribuir a la reconstrucción objetiva y cronológica del evento investigado.

El análisis de video forense se orienta a la revisión detallada de las grabaciones mediante técnicas de mejora de imagen, análisis fotograma a fotograma y verificación de integridad de los archivos digitales, lo que permite identificar conductas previas, concomitantes y posteriores al hecho delictivo, así como establecer la secuencia temporal de los acontecimientos. Estas técnicas resultan esenciales para la identificación de personas, objetos y acciones relevantes dentro del contexto investigativo.

De manera complementaria, el análisis de audio forense se centra en el examen de los registros sonoros asociados a las grabaciones de videovigilancia y a otros audios obtenidos durante la investigación, aplicando procedimientos de análisis acústico que permiten identificar sonidos compatibles con detonaciones de arma de fuego. Asimismo, se evalúa la sincronía temporal entre los eventos acústicos y visuales, con la finalidad de correlacionar las detonaciones registradas con las imágenes captadas por las cámaras, fortaleciendo así la reconstrucción integral de los hechos.

2. Desarrollo

Dentro del perímetro en el cual se suscitó la balacera se identificó la presencia de diversos dispositivos de videovigilancia, tanto de carácter público como privado. Entre estos se encontraban cámaras pertenecientes al sistema integrado de seguridad ECU 911, así como dispositivos de videovigilancia instalados en un establecimiento comercial ubicado en las inmediaciones del lugar de los hechos.

La existencia de estos sistemas de captación audiovisual resulta de especial relevancia para la investigación criminal, ya que constituyen una fuente objetiva de información que permite documentar el desarrollo temporal y espacial del evento delictivo. Los registros obtenidos de dichas cámaras aportan elementos visuales fundamentales para el análisis forense, tales como la identificación de personas, la observación de desplazamientos, conductas previas y posteriores al hecho, así como la posible identificación de objetos compatibles con armas de fuego. Asimismo, estos dispositivos permiten establecer una línea temporal precisa de los acontecimientos, facilitando la correlación entre los eventos visuales y los registros acústicos asociados, lo que fortalece la reconstrucción técnica y científica del suceso investigado. En este sentido, el adecuado tratamiento, preservación y análisis de los archivos audiovisuales constituye un elemento clave para garantizar su valor probatorio dentro del proceso judicial.

2.1 Extracción de metadatos, descarga de los videos y generación de Hash y Fotogramas.

2.1.1 Extracción de metadatos online.

Para el presente caso de estudio se realizará la extracción y análisis de metadatos de los registros audiovisuales provenientes del sistema de videovigilancia del ECU 911, así como de un video difundido en la plataforma YouTube, con el objetivo de obtener información técnica interna del archivo. Dicho análisis permitirá examinar datos como la fecha de creación, características del dispositivo de captura, códec, resolución y otros parámetros relevantes, a fin de evaluar la autenticidad e integridad del material audiovisual. Para la obtención de los metadatos del video alojado en YouTube se utilizará la herramienta digital [MTTW.IO](https://www.mttw.io/).

2.1.2.1 Video ECU 911

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=pDluJgriUdc>

En el presente video se puede observar cómo las cámaras del ECU 911 captan en el Barrio Centenario de la ciudad de Guayaquil, un auto color plomo del cual proceden a bajarse cuatro personas y realizar detonaciones de arma de fuego hacia una persona de sexo masculino, los metadatos del video son:

```
"publishedAt": "2024-07-08T19:51:07Z",  
"channelId": "UCyro_pKDUIIScm7lnwpBamog",  
"title": "Cámara grabo el momento del sicariato en el Barrio Centenario en Guayaquil",  
"description": "Un hombre de 45 años fue asesinado este domingo 8 de julio en el Barrio del Centenario, en el sur de Guayaquil. La víctima fue identificada como Rodolfo Moreira Loor. Su cuerpo quedó sobre la acera junto a una camioneta de alta gama, con vidrios polarizados y sin placas.\n\nSegún información proporcionada por la policía, Moreira llegó en ese vehículo. Estaba esperando en la acera cuando fue atacado por los sicarios. El crimen ocurrió entre las calles Nicolás Augusto González y 6 de Marzo. El sujeto habría recibido más de 20 tiros.",  
"thumbnails": {  
"default": {
```

```
██████████ "url": "https://i.ytimg.com/vi/pDluJgriUdc/default.jpg",  
  
██████████ "width": 120,  
  
██████████ "height": 90  
  
██████████ },  
  
██████████ "medium": {  
  
██████████ "url": "https://i.ytimg.com/vi/pDluJgriUdc/mqdefault.jpg",  
  
██████████ "width": 320,  
  
██████████ "height": 180  
  
██████████ },  
  
██████████ "high": {  
  
██████████ "url": "https://i.ytimg.com/vi/pDluJgriUdc/hqdefault.jpg",  
  
██████████ "width": 480,  
  
██████████ "height": 360  
  
██████████ }  
  
██████████ },  
  
██████████ "channelTitle": "Dmv Digital_Tv",  
  
██████████ "categoryId": "22",  
  
██████████ "liveBroadcastContent": "none",  
  
██████████ "defaultLanguage": "es",  
  
██████████ "localized": {  
  
██████████ "title": "Cámara grabo el momento del sicariat0 en el Barrio Centenario en Guayaquil",  
  
██████████ "description": "Un hombre de 45 años fue asesinado este domingo 8 de julio en el Barrio del Centenario, en el sur de Guayaquil. La víctima fue identificada como Rodolfo Moreira Loor. Su cuerpo quedó sobre la acera junto a una camioneta de alta gama, con vidrios polarizados y sin placas. \nsegún información proporcionada
```

por la policía, Moreira llegó en ese vehículo. Estaba esperando en la acera cuando fue atacado por los sicarios. El crimen ocurrió entre las calles Nicolás Augusto González y 6 de marzo. El sujeto habría recibido más de 20 tiros."

█ },

█ "defaultAudioLanguage": "es"



2.1.3 Descarga del video de YouTube

Para la descarga del video de YouTube, utilizaremos la plataforma online “[Savefrom.net](https://www.savefrom.net)” y copiamos en link del video de YouTube y lo descargamos.


Link: <https://www.youtube.com/watch?v=pDluJgriUdc>

¿Qué es SaveFrom?

X Descargar

Al utilizar nuestro servicio, acepta nuestros [Términos de servicio](#) y nuestra [Política de privacidad](#)

▶ [¿Cómo descargar?](#) Mira el tutorial



Cámara grabo el momento del sicariat0 en el Barrio Centenario en Guayaquil

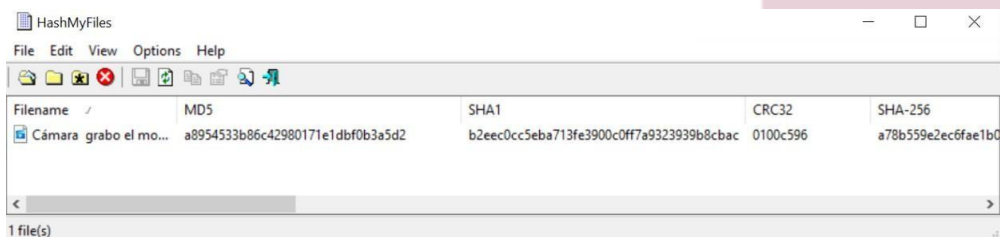
1:33

Formato		Descargar
Mejorar para una mejor calidad		
MP4	240	Descargar video
MP4	◀ 240	Descargar video
MP4	◀ 144	Descargar video
MP3	320	Descargar audio
Mostrar más		

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
Hoy (1)			
📁 Cámara grabo el momento del sicariat0 en el Barrio Centenario en Guayaquil	28/12/2025 18:07	Archivo MP4	2,121 KB
Ayer (6)			

2.1.4 Generación de la huella Hash o Digital.

El presente paso, aportará al video descargado una operación criptográfica que generará identificadores únicos e irrepetibles, lo que servirá para asegurar la autenticidad de los datos. Para eso, utilizaremos el software “HashMyFiles” en el cual agregaremos el video descargado anteriormente de Youtube y lo guardaremos.



Los hashes dados son:

MD5: a8954533b86c42980171e1dbf0b3a5d2

SHA1: b2eec0cc5eba713fe3900c0ff7a9323939b8cbac

CRC32: 0100c596

SHA-256:

a78b559e2ec6fae1b04422e81b4731340b1d30375dd65bc3eb2ac51f2d459799

SHA-512:

05dcf76902e2ef37d613aa2cb34d5c682d059324299b7919cce812b99983da90336d375994267

5ae6851c4f959642f3c42e0f0ce2d65a9f2cfad9e90526c1729

SHA-384:

cd0f8fe5daa159a1281901f3b1ae1738fcb287a68ff9d0adc437c132a2b9610aaa9f76976fc91a7

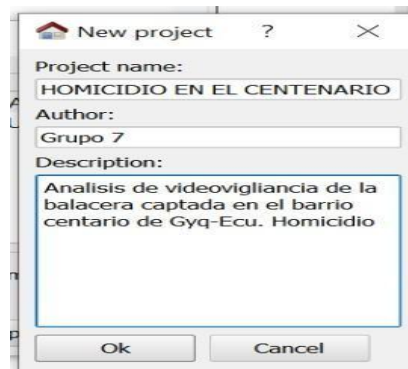
4286ef0860b24cf0c

2.1.5. División del video en Fotogramas

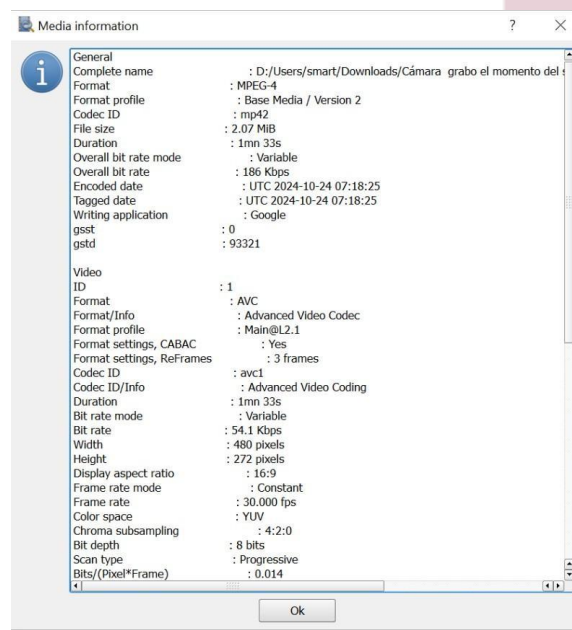
Los fotogramas constituyen la unidad mínima de análisis del video y permiten examinar de manera detallada cada instante registrado en una grabación de video vigilancia. El análisis fotograma a fotograma facilitará en nuestra investigación la identificación de acciones, personas y objetos relevantes, así como la reconstrucción temporal precisa de los hechos investigados. Asimismo, este procedimiento permite detectar posibles alteraciones o

inconsistencias en el material audiovisual, fortaleciendo la evaluación de su autenticidad e integridad (Farid, 2009).

Para este procedimiento utilizaremos el software de “FOREVID” el mismo que ayudará a captar fotograma por fotograma, poder identificar si los hashes han sido manipulados; y observar los metadatos.

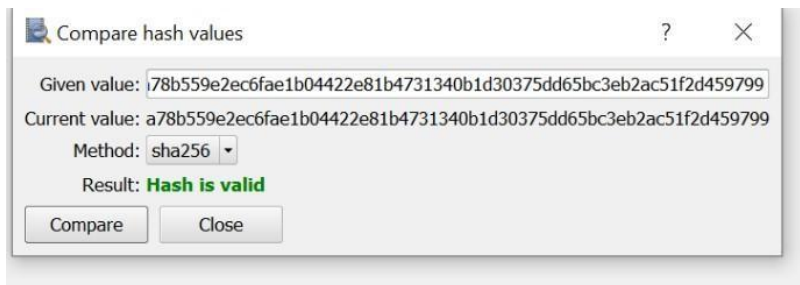


a) Metadatos



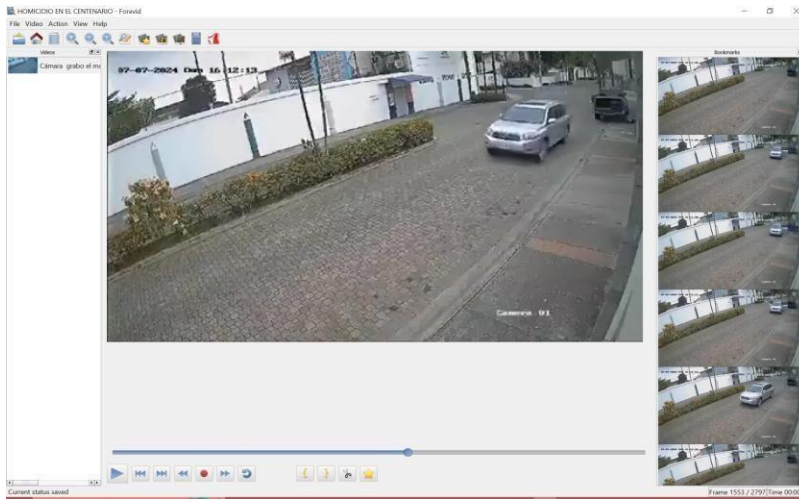
b) Comparación de los hashes

Vamos a proceder a comparar si los mismos siguen siendo iguales o han existido indicios de manipulación. Lo haremos con el hash SHA256. Nos refleja que ambos hashes coinciden evidenciando que el fichero no ha sido manipulado.



c) Fotogramas

Se procederá al análisis de los principales fotogramas correspondientes al hecho delictivo, en los cuales se observa un vehículo tipo Toyota Highlander, color plomo, del que descienden cuatro individuos. De acuerdo con la secuencia visual registrada, dichos sujetos efectúan múltiples disparos con arma de fuego contra la víctima, quien posteriormente queda tendida sobre la vereda, evidenciando la consumación del acto violento. Este análisis fotograma a fotograma permitirá establecer la secuencia de acciones, identificar conductas relevantes y aportar elementos técnicos para la reconstrucción del evento investigado. Se obtuvieron 35 fotogramas.



d) Resultados





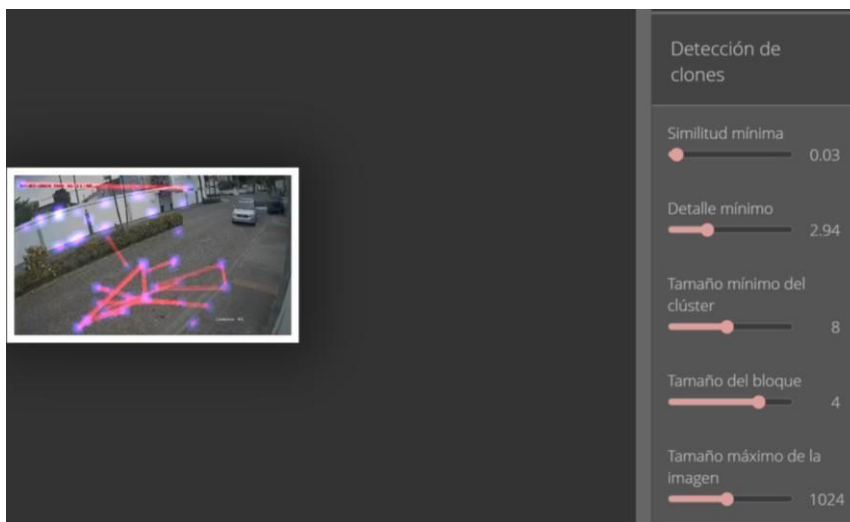
2.1.6. Análisis forense de los fotogramas.

Del total de 35 fotogramas obtenidos, se ha realizado una selección de aquellos considerados más idóneos para el análisis forense, en función de su calidad visual y relevancia probatoria. Dicho proceso se llevará a cabo mediante el uso de las herramientas digitales “Forensically” y “Forense Beta”, las cuales permiten la aplicación de técnicas de mejora y análisis de imagen. El objetivo de este procedimiento es extraer información relevante, como la posible identificación de las placas del vehículo, la determinación de su modelo y

características, así como la identificación de los presuntos perpetradores del hecho delictivo, contribuyendo de esta manera a la reconstrucción técnica del suceso investigado.

a) Detección de clones

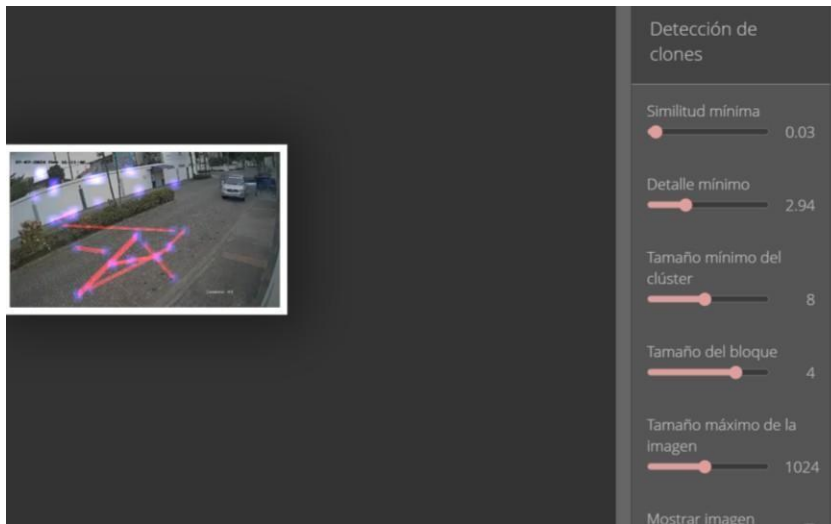
FOTOGRAMA 1



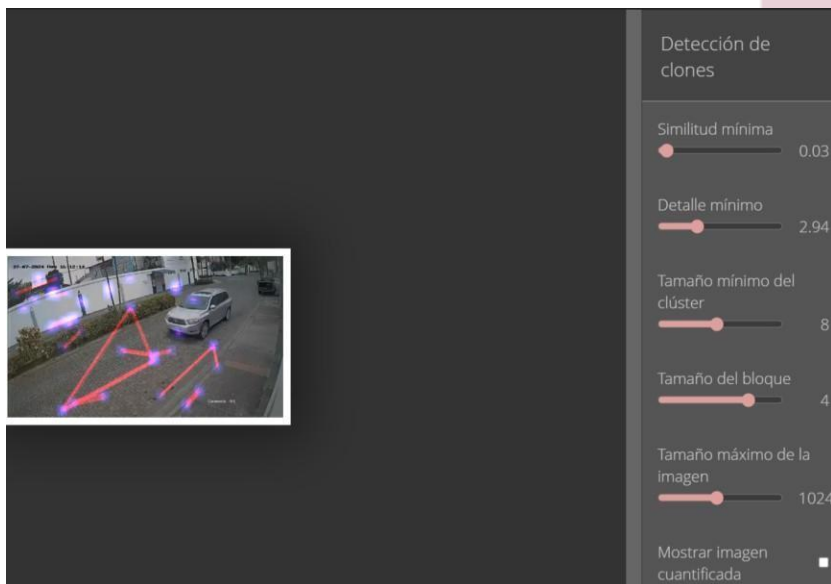
FOTOGRAMA 2



FOTOGRAMA 3

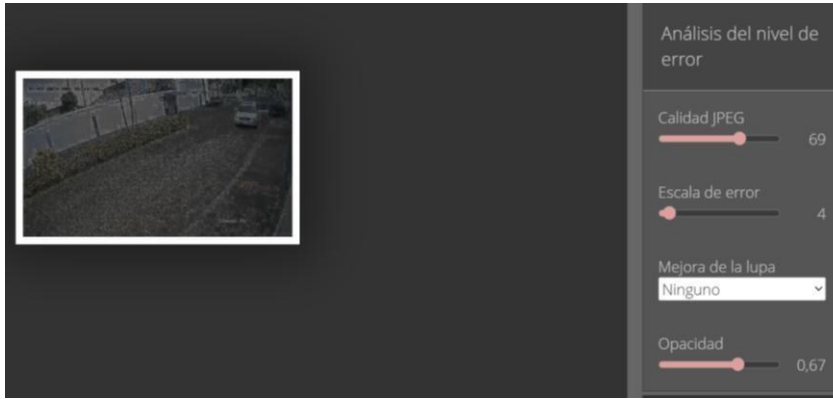


FOTOGRAMA 4

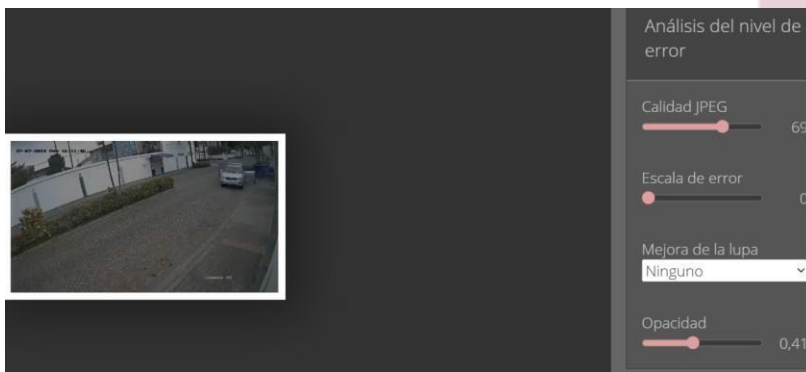


b) Análisis del nivel de error

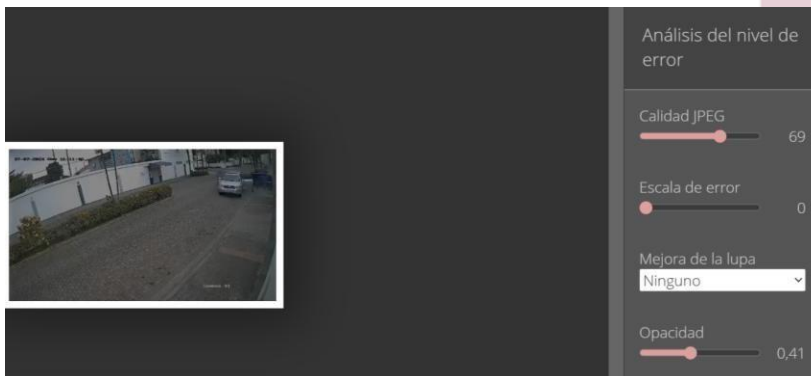
FOTOGRAMA 1



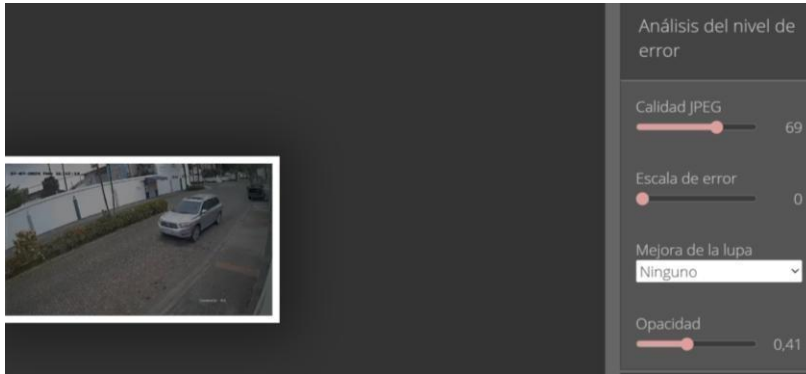
FOTOGRAMA 2



FOTOGRAMA 3

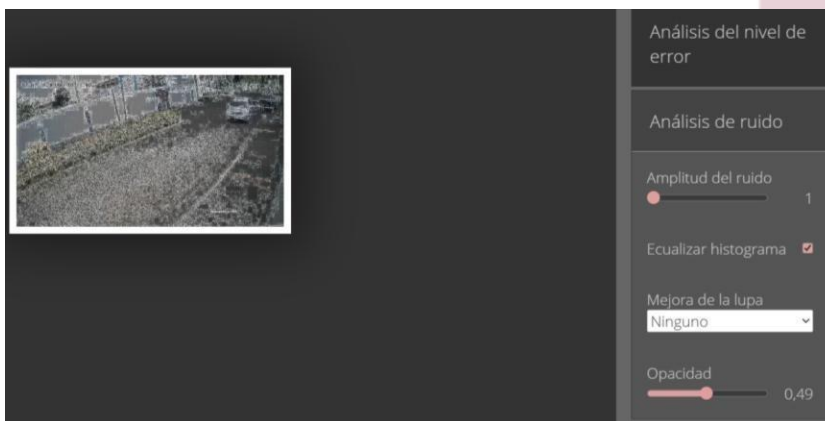


FOTOGRAMA 4

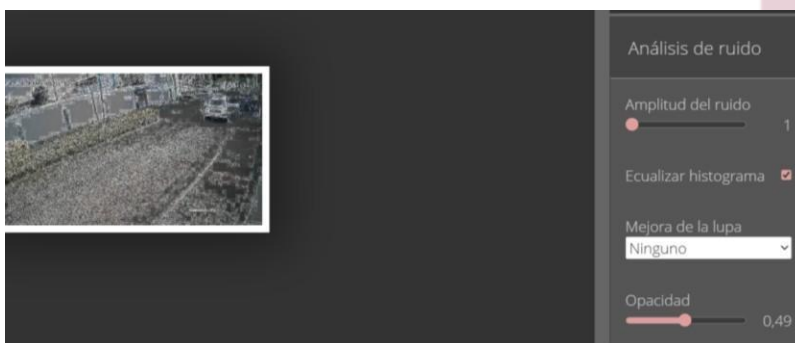


c) Análisis de ruido

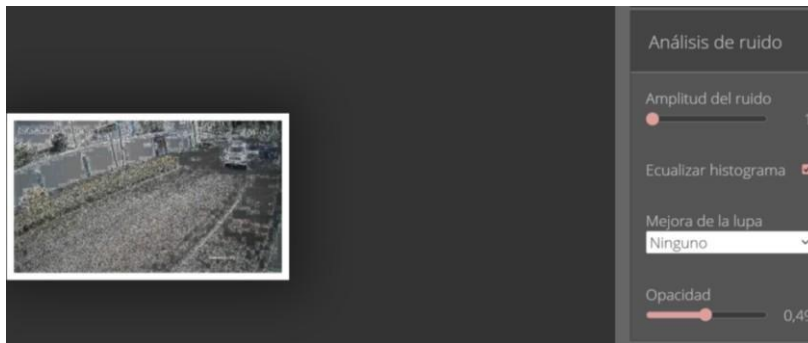
FOTOGRAMA 1



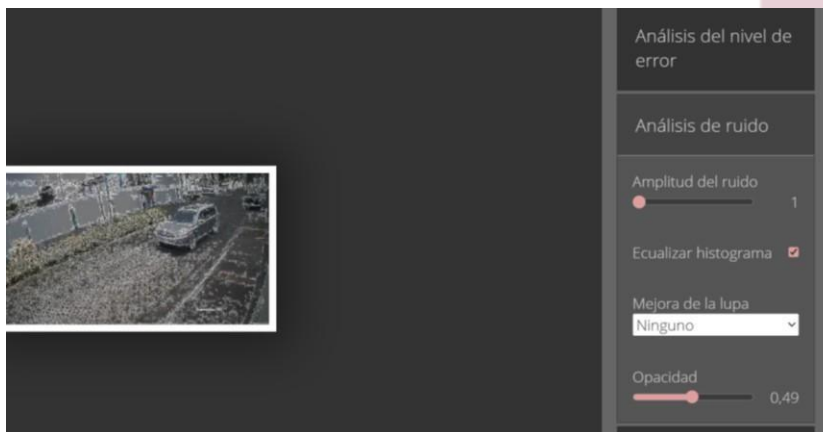
FOTOGRAMA 2



FOTOGRAMA 3

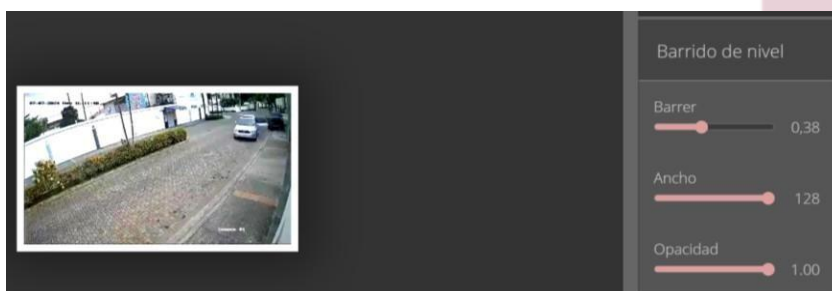


FOTOGRAMA 4



d) Barrido de nivel

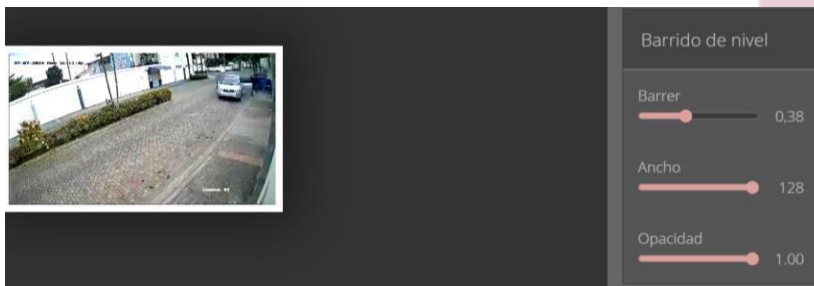
FOTOGRAMA 1



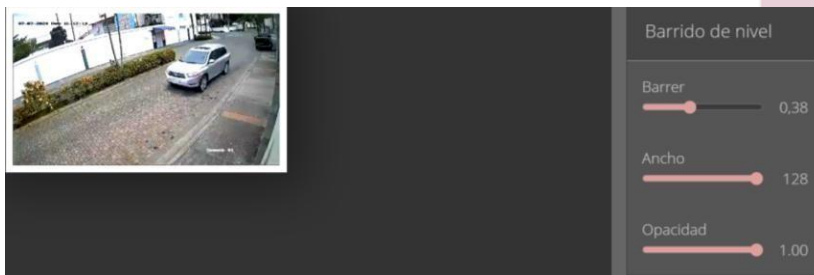
FOTOGRAMA 2



FOTOGRAMA 3

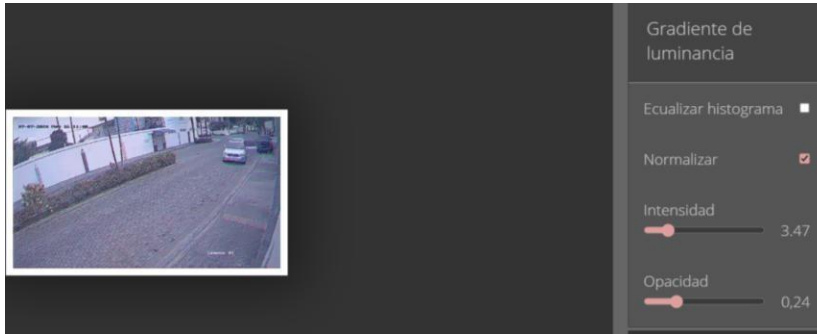


FOTOGRAMA 4

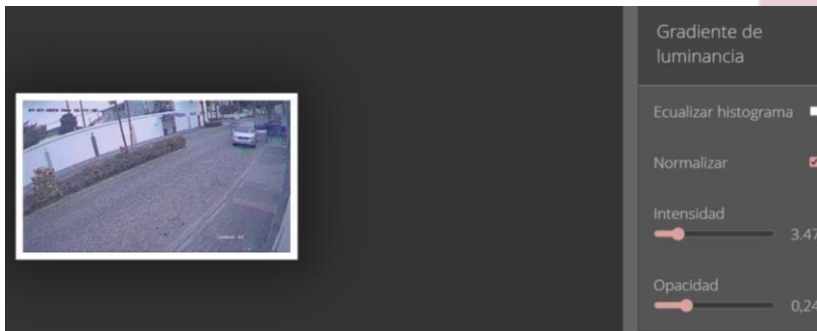


e) Gradiente de luminancia

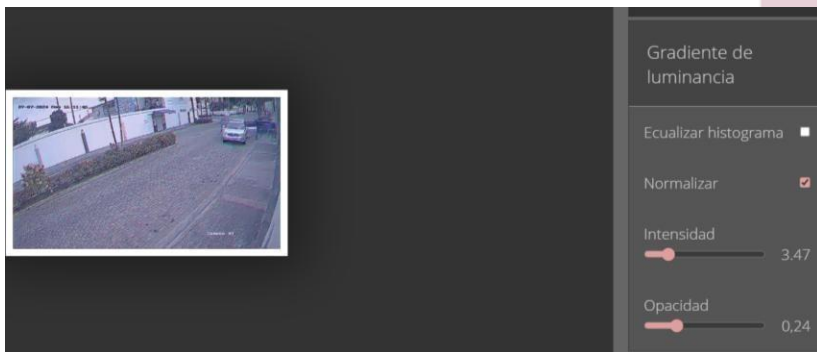
FOTOGRAMA 1



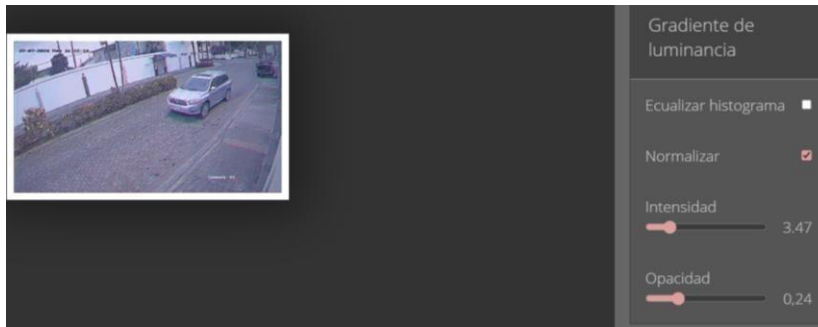
FOTOGRAMA 2



FOTOGRAMA 3

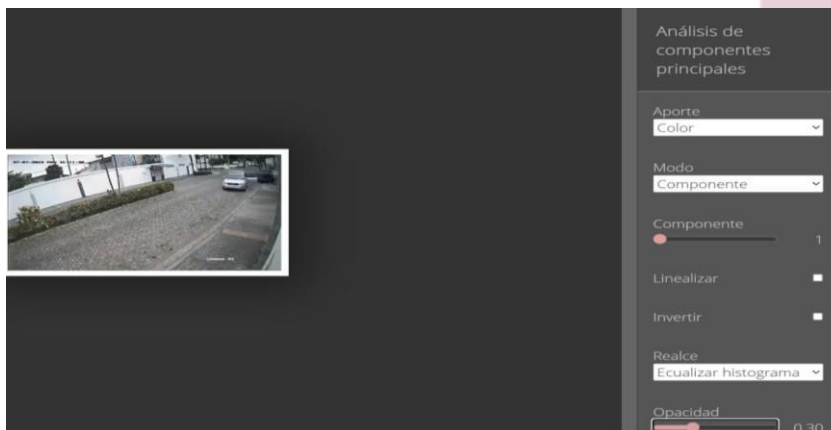


FOTOGRAMA 4

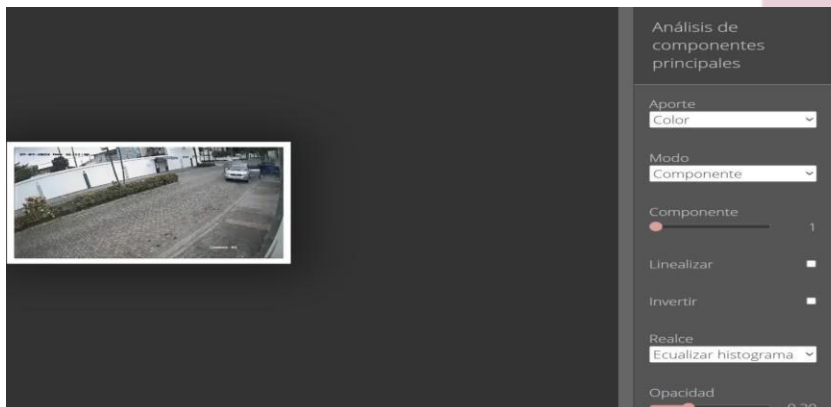


f) Análisis de componentes principales

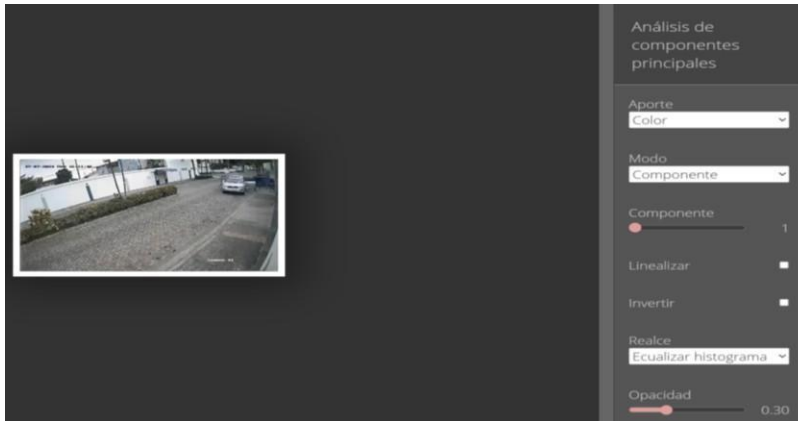
FOTOGRAMA 1



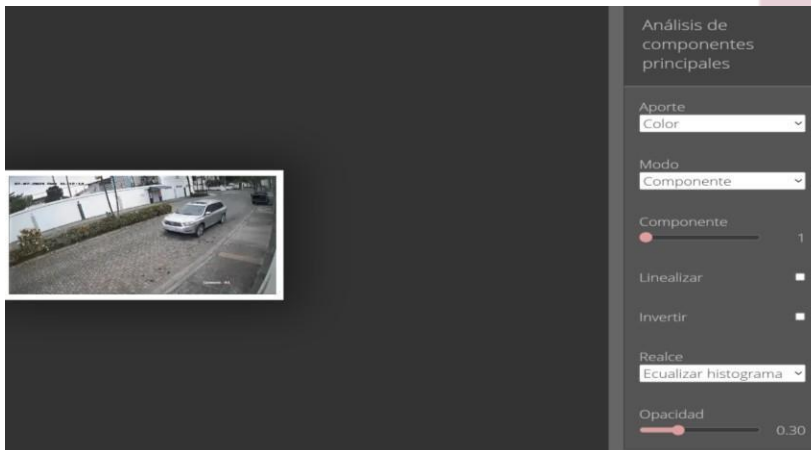
FOTOGRAMA 2



FOTOGRAMA 3



FOTOGRAMA 4

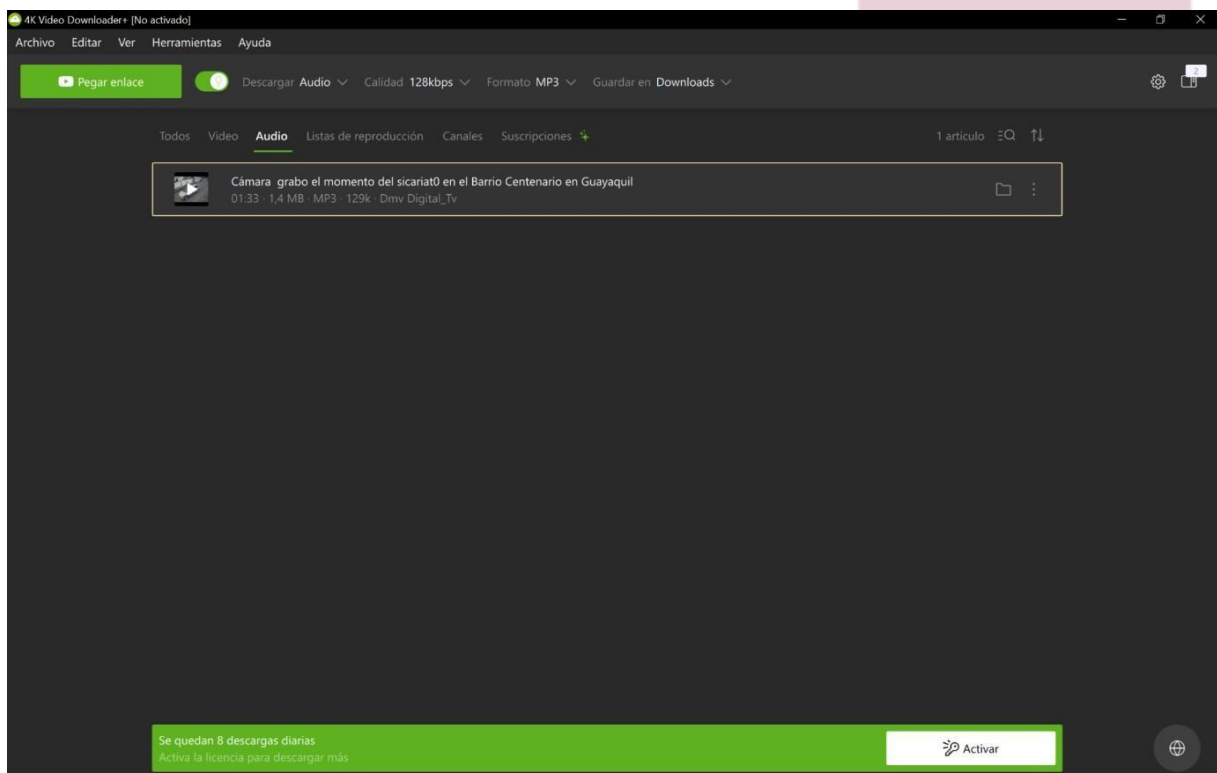


2.2. Análisis y extracción de audio forense

2.2.1. Extracción de audio del video de YouTube

En el presente estudio realizamos la extracción del audio forense a partir de un video alojado en la plataforma YouTube, con el objetivo de analizar de manera independiente los eventos acústicos de interés, tales como detonaciones de arma de fuego y voces. Para este procedimiento empleamos la herramienta 4K Video Downloader, la cual permitió obtener y aislar la pista de audio en un formato compatible con el análisis forense, facilitando su posterior examen técnico y la correlación con los eventos visuales registrados.

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=pDluJgriUdc>



2.2.2. Análisis de audio descargado

El análisis del audio forense dentro del presente caso es esencial para la teoría del caso, el mismo lo realizaremos con el software “Audacity”, ya que esta herramienta permite examinar de manera clara y ordenada los eventos acústicos presentes en la grabación. Su uso facilita la identificación de detonaciones, la medición de los intervalos entre disparos y la visualización espectral del sonido, lo que aporta elementos objetivos para la reconstrucción temporal del hecho.

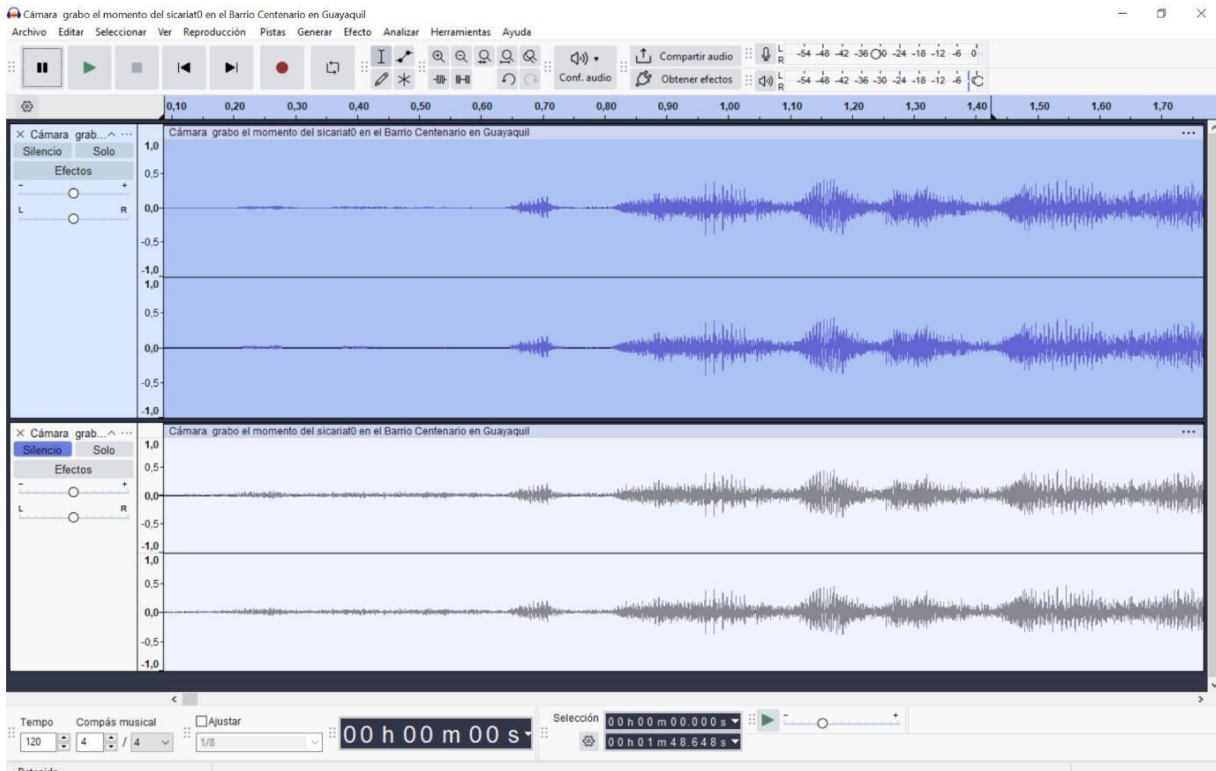
Para esto realizaremos el análisis del formato de ondas y del espectrograma para encontrar indicios de manipulación.

a) Formato de ondas

En el presente caso de homicidio producido por una balacera, el análisis se ha sustentado en un registro audiovisual recopilado el día de los hechos y posteriormente difundido a través de la plataforma YouTube. Dicho material corresponde a una grabación de carácter referencial, por lo que no se dispone del archivo original o video dubitado que permita realizar un examen exhaustivo orientado a la detección de posibles indicios de manipulación o alteración digital.

No obstante, el análisis forense del componente sonoro del video ha resultado útil para los fines del presente estudio, ya que permitió la reducción del ruido ambiental irrelevante y la identificación de sonidos compatibles con detonaciones de arma de fuego. Este procedimiento contribuyó a una mejor interpretación técnica de los eventos acústicos registrados y apoyó la

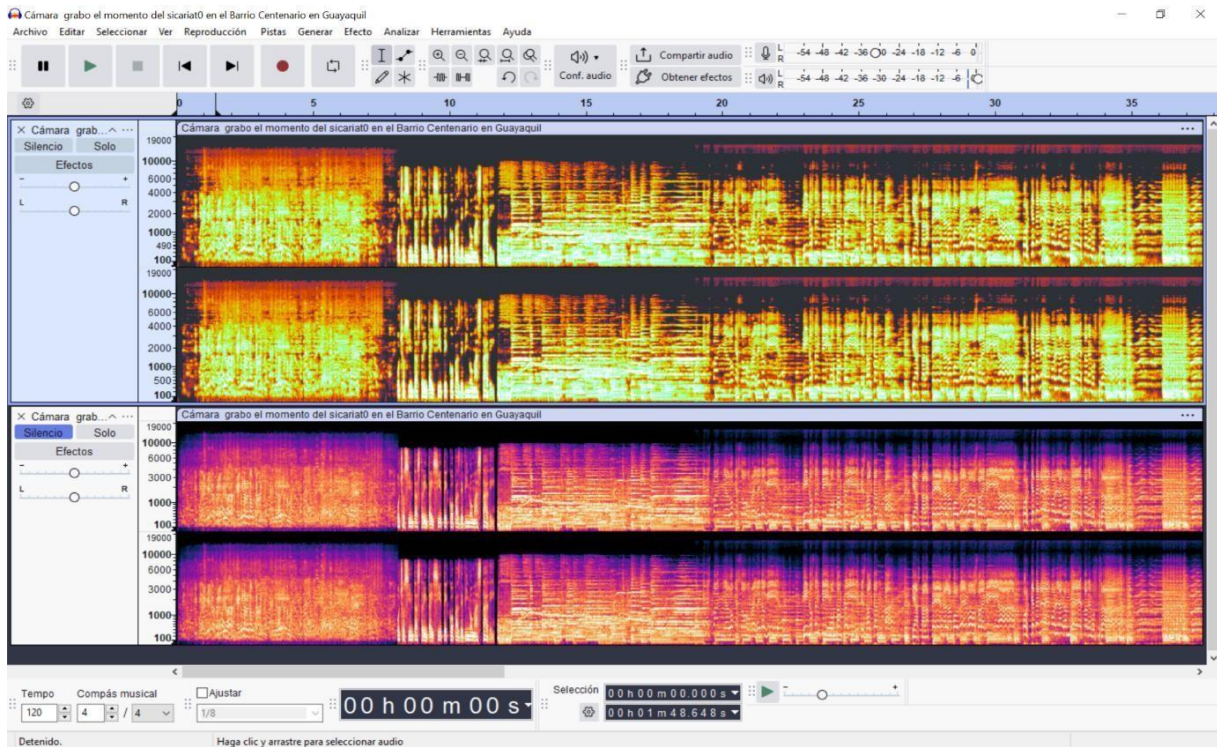
reconstrucción del hecho investigado, dentro de las limitaciones propias del material disponible.



Se puede interpretar que la señal presenta una continuidad temporal coherente, con incrementos de amplitud compatibles con eventos acústicos impulsivos (posibles detonaciones) inmersos en ruido ambiental y no se aprecian indicios evidentes de manipulación tales como cortes abruptos, discontinuidades anómalas, silencios artificiales o empalmes irregulares en la forma de onda.

b) Formato del espectrograma

Al observar el espectrograma, el audio muestra un comportamiento uniforme y continuo a lo largo del tiempo, sin interrupciones evidentes ni cambios bruscos que indiquen cortes o ediciones. Los sonidos de mayor intensidad aparecen de forma natural y corresponden a eventos fuertes, compatibles con detonaciones, integrándose de manera normal con el ruido del entorno. En general, el registro mantiene una coherencia sonora que permite considerarlo como una grabación continua, sin señales claras de manipulación.



CONCLUSIÓN

Conclusión General

La investigación pericial multidisciplinaria realizada en relación con el homicidio perpetrado el 18 de mayo de 2024 en las inmediaciones del Parque Lineal del Sur de Guayaquil revela, de manera contundente y con un alto grado de rigor científico, la comisión de un delito de homicidio intencional mediante el empleo de arma de fuego. La integración armónica de los resultados obtenidos a través de los peritajes de balística forense, medicina legal y audio-video forense no solo permite reconstruir con precisión la dinámica del evento delictivo, sino que también establece una cadena de evidencia técnica sólida e interconectada que vincula directamente el arma incautada con la escena del crimen, determina la causa y mecanismo exactos de la muerte, corrobora la secuencia temporal de los hechos y señala la probable participación activa del sospechoso en los momentos previos y durante la ejecución del acto criminal. Este conjunto probatorio, caracterizado por su objetividad, reproducibilidad y exclusión de hipótesis alternativas razonables, constituye un pilar fundamental para sustentar la acusación fiscal por el delito de homicidio, contribuyendo de forma decisiva al esclarecimiento de la verdad material y al debido proceso penal.

El análisis conjunto de las distintas disciplinas forenses aplicadas al caso converge en una narrativa coherente y científicamente robusta: un hombre de 32 años perdió la vida como consecuencia directa de una agresión armada precedida por una confrontación verbal. Los hallazgos balísticos confirman la identidad del arma utilizada, los estudios de medicina legal precisan la violencia del ataque y sus consecuencias letales inmediatas, mientras que las

pericias audiovisuales aportan evidencia circunstancial clave sobre la presencia de un individuo armado, la discusión previa y la coincidencia exacta de las detonaciones con el momento crítico del suceso. Esta sinergia entre las pruebas técnicas no solo descarta escenarios como accidente o legítima defensa, sino que resalta el valor irremplazable de la aproximación interdisciplinaria en la criminalística moderna, donde la correlación de datos de diversa naturaleza fortalece la certeza de las conclusiones y minimiza el margen de error interpretativo, ofreciendo así una base probatoria de elevada confiabilidad para la administración de justicia.

Conclusiones Específicas

- **Balística forense:** Mediante el examen microscópico comparativo de marcas individuales características, se establecieron coincidencias inequívocas en los impresos de percusión, extractor y eyector entre las tres vainas percutidas calibre 9 mm recolectadas en la escena del crimen y las vainas testigo generadas al disparar el arma de fuego tipo pistola incautada al sospechoso durante el allanamiento. Adicionalmente, el análisis de las estrías presentes en el proyectil deformado extraído del cuerpo de la víctima durante la autopsia resultó compatible con las características macro y microscópicas del cañón de dicha arma. Estos resultados permiten concluir, con un elevado nivel de certeza científica propio de la identificación balística individualizada, que la pistola incautada fue efectivamente la utilizada para disparar los proyectiles que causaron la muerte.

- **Medicina legal:** El examen tanatológico externo e interno determinó que la causa inmediata de muerte fue un shock hipovolémico irreversible secundario a lesiones penetrantes torácicas producidas por proyectiles balísticos. Se identificaron dos heridas de entrada en la región torácica anterior, sin correspondientes heridas de salida, con trayectorias que discurrían de adelante hacia atrás y con una ligera inclinación descendente, lo que sugiere que el victimario se encontraba frente a la víctima y en una posición ligeramente superior al momento de los disparos. La presencia de tatuaje por pólvora incrustada en la piel adyacente a las heridas permitió clasificar la distancia de disparo como corta a media (generalmente inferior a un metro), indicando un ataque ejecutado a quemarropa o muy próxima. Finalmente, la evaluación de signos cadavéricos tempranos y la temperatura corporal fijaron el intervalo postmortem entre las 21:30 y las 22:00 horas del 18 de mayo de 2024, coincidiendo de forma precisa con el horario reportado del incidente y con los registros audiovisuales analizados.

- **Audio y video forense:** El procesamiento técnico de las grabaciones de videovigilancia pública y privada cercanas al lugar permitió, tras aplicar filtros de mejora de imagen y análisis fotograma a fotograma, identificar a un individuo que seguía de cerca a la víctima minutos antes del hecho, portando en su mano derecha un objeto de forma y dimensiones compatibles con un arma de fuego corta. Paralelamente, el peritaje acústico de la llamada de emergencia recibida por el ECU 911 detectó una secuencia clara: voces masculinas en discusión acalorada, seguida inmediatamente por tres detonaciones con perfil espectral y duración característicos de disparos de pistola calibre 9 mm en ambiente abierto. La sincronización temporal entre las detonaciones registradas en el audio y los movimientos

bruscos observados en el video fue exacta, reforzando la correspondencia cronológica del evento. Además, el análisis exhaustivo de metadatos, hash de integridad y espectrogramas detallados confirmó la autenticidad de ambos archivos, excluyendo cualquier indicio de alteración, edición o manipulación posterior.

La confluencia detallada de estos hallazgos periciales específicos no solo reconstruye con fidelidad la mecánica del homicidio, sino que proporciona un cuerpo de prueba técnica de excepcional solidez, capaz de resistir escrutinio adversarial y de contribuir significativamente al establecimiento de la responsabilidad penal en el proceso judicial correspondiente.

CAPÍTULO III. MEDICINA LEGAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.1 Introducción

La medicina legal es una disciplina que opera en la frontera entre la medicina y el derecho. Su función consiste en aplicar conocimientos médicos y biológicos para resolver problemas que plantea la justicia, asistir a los jueces y esclarecer causas de muerte o naturaleza de lesiones. En los sistemas judiciales modernos, la medicina legal tiene un papel central porque permite traducir la evidencia biológica en lenguaje probatorio, asegurando así el respeto a los derechos de las víctimas y de los acusados [1]. El análisis estadístico aporta herramientas para describir la frecuencia de hechos, estimar asociaciones, identificar tendencias y evaluar hipótesis; su uso en medicina data del siglo XVIII y desde entonces ha transformado la forma en que se evalúan intervenciones y se interpretan datos clínicos.

Este capítulo integra ambas vertientes medicina legal y análisis estadístico con el objetivo de brindar un base teórico-práctica que permita comprender los fenómenos cadavéricos, los procedimientos periciales y la aplicación de la estadística en la evaluación e interpretación de los hallazgos forenses. Para ello se revisan definiciones, subdisciplinas, protocolos de autopsia y métodos de análisis, y se incluyen tablas y ejemplos que facilitan la comprensión. Se sigue el modelo metodológico descrito en el trabajo “Implementación de la metodología PBL en ámbitos forenses”, que resalta la necesidad de un enfoque multidisciplinario que combine aspectos biomédicos y herramientas cuantitativas para mejorar la resolución de casos criminales.

3.2 Fundamentos de la Medicina Legal

3.2.1 Definición y ámbito de actuación

La medicina forense, también denominada medicina legal, jurisprudencia médica o medicina judicial, es la rama de la medicina que aplica todos los conocimientos médicos y biológicos necesarios para la resolución de los problemas que plantea el derecho. Los médicos legistas actúan como peritos en los tribunales para determinar el origen de las lesiones sufridas por un herido, establecer la causa y el mecanismo de una muerte o dictaminar sobre la responsabilidad profesional de otros médicos. Este campo se vincula estrechamente con el derecho médico y aporta criterios científicos para valorar la conducta de los profesionales de la salud, evaluar la idoneidad de los tratamientos y proteger los derechos de los pacientes.

Dentro de la investigación criminal, la intervención del médico forense es esencial: acompaña al juez y al fiscal durante el levantamiento del cadáver, examina el lugar de los hechos, estima

la hora probable de la muerte y realiza la necropsia, tomando muestras para su remisión a los laboratorios. Además de las autopsias, sus funciones incluyen la valoración de lesiones en víctimas de violencia, el dictamen de responsabilidad laboral o civil, la evaluación de incapacidad y la emisión de informes periciales en casos de delitos sexuales o violencia intrafamiliar. En muchos países latinoamericanos, la medicina legal se organiza a través de institutos nacionales que centralizan autopsias, laboratorios de toxicología, genética forense y unidades de psicología, permitiendo así la generación de estadísticas sobre mortalidad violenta y lesiones.

3.2.2 Historia y desarrollo de la disciplina

Los orígenes de la medicina legal se remontan a la Antigüedad, cuando sacerdotes y médicos egipcios registraban causas de muerte y elaboraban informes de lesiones para autoridades judiciales. En el período romano se elaboraron normas relativas a las lesiones corporales y las indemnizaciones. Sin embargo, la disciplina se consolidó en Europa en los siglos XVI y XVII con la institucionalización de las autopsias judiciales y la incorporación de médicos como consultores en casos penales. Posteriormente, la ilustración trajo consigo la aplicación del método científico y la estadística al análisis de causas de muerte, y en el siglo XIX se formalizaron los institutos de medicina legal en Francia, Alemania, Italia y España.

En América Latina el desarrollo se vinculó a la reforma de los sistemas judiciales. En Ecuador, el Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, adscrito al Ministerio del Interior, coordina autopsias y peritajes; en Costa Rica, la institucionalización de la medicina legal a través del Organismo de Investigación Judicial fortaleció la calidad de los dictámenes y

permitió la generación de informes periciales que sustentan los procesos judiciales. La creación de maestrías en criminalística y de laboratorios multidisciplinarios, como los descritos en la tesis de González Abad y colaboradores, demuestra la apuesta por una formación especializada y por el uso de métodos cuantitativos en la investigación forense.

3.2.3 Subdisciplinas y campos de aplicación

La medicina legal abarca múltiples subdisciplinas, cada una con funciones específicas. La lista siguiente resume las áreas principales y sus objetos de estudio:

Figura

8

Subdisciplinas y campos de aplicación

Subdisciplina	Objeto de estudio
Tanatología forense	Estudia el proceso de la muerte y los fenómenos cadavéricos para estimar el intervalo post-mortem y la causa de muerte.
Traumatología forense	Analiza lesiones contusas, incisas, punzantes, armas de fuego y explosiones, determinando el mecanismo de producción y la relación con la causa de muerte.
Toxicología forense	Detecta y cuantifica sustancias tóxicas en tejidos y fluidos para establecer intoxicaciones, sobredosis o envenenamientos.
Genética forense	Aplica técnicas de ADN para la identificación de personas, la paternidad y el análisis de huellas genéticas en la escena del crimen.

Psiquiatría forense	Evalúa la capacidad mental de imputados y víctimas, la imputabilidad y la peligrosidad, y asesora sobre medidas de seguridad.
Sexología forense	Investiga delitos sexuales, analiza lesiones genitales y recolecta muestras biológicas para la identificación de agresores.
Criminología y victimología	Estudia los factores sociales y psicológicos del delito y la interacción entre el autor y la víctima.

Cada subdisciplina requiere conocimientos específicos y se apoya en protocolos técnicos para la recolección de evidencia, el manejo de muestras y la elaboración de informes. La diversidad de campos implica que el médico legista se convierta en un puente entre múltiples disciplinas, integrando hallazgos morfológicos, químicos, genéticos y psicológicos en un dictamen coherente.

3.3 Fenómenos cadavéricos y determinación del tiempo de muerte

La tanatología forense estudia los cambios que ocurren en el cuerpo después del fallecimiento y proporciona estimaciones temporales que orientan la investigación. Estos cambios se dividen en fenómenos abióticos (procesos físicos y químicos que aparecen inmediatamente o poco después de la muerte) y fenómenos transformativos (procesos de descomposición o conservación). La identificación y cronotanatodiagnos de estos fenómenos requieren observación meticulosa, mediciones y, en muchos casos, apoyo estadístico para interpretar variaciones poblacionales.

3.3.1 Fenómenos abióticos inmediatos

Los fenómenos inmediatos ocurren en los primeros minutos tras el cese de la circulación y la respiración. Entre los principales se encuentran la pérdida de la sensibilidad y de la conciencia, la detención de la respiración y del pulso y la flaccidez muscular. La ausencia de reflejos corneales, pupilares y osteotendinosos confirma la muerte clínica. Se inicia también la palidez cadavérica, que se manifiesta por la detención de la circulación en la piel y mucosas.

3.3.2 Fenómenos abióticos tempranos

Las manifestaciones tempranas se desarrollan a partir de la primera hora y permiten estimar el intervalo post-mortem. Los principales son:

Figura

9

Fenómenos antibióticos

Fenómeno	Descripción y significado
Lividez cadavérica	Aparece entre 30 min y 2 h después de la muerte como manchas violáceas en zonas declives. La distribución de la lividez permite inferir la posición del cuerpo y un cambio de posición se refleja en la migración de las manchas, lo que ayuda a determinar si hubo movimiento del cadáver.
Rigidez cadavérica (rigor mortis)	Comienza entre 2 y 6 h post-mortem, inicia en los músculos pequeños de la mandíbula y progresa hacia los grandes. Su evolución depende de la temperatura ambiente, de la masa muscular y de la

	causa de muerte. La desaparición de la rigidez (12 – 48 h) coincide con la autólisis.
Enfriamiento cadavérico (algor mortis)	La temperatura corporal desciende progresivamente hasta igualarse con la del ambiente. La tasa de enfriamiento se usa para calcular el tiempo de muerte, aunque depende de factores como la ropa, la masa corporal y la temperatura ambiental.
Deshidratación	Se observa por la retracción de la lengua y los glóbulos oculares (mancha negra escleral). Es útil en cadáveres expuestos al aire.

3.3.3 Fenómenos transformativos

Las transformaciones post-mortem incluyen procesos destructivos, como la autólisis y la putrefacción, y procesos conservadores, como la momificación, la corificación y la adipocira. La autólisis es la digestión de los tejidos por enzimas propias y se observa a nivel histológico pocas horas después de la muerte. La putrefacción implica la acción de bacterias y hongos; se caracteriza por la coloración verdosa de la piel, la emisión de gases y líquidos fétidos y la destrucción progresiva de tejidos blandos. La cronología de estos signos permite estimar el tiempo transcurrido desde la muerte.

Los procesos conservadores se presentan en condiciones ambientales específicas. La momificación ocurre en ambientes secos y calurosos, generando desecación y retracción de tejidos. La corificación o saponificación se produce en cadáveres sumergidos en medios húmedos o pantanosos, donde la grasa se convierte en una masa cerosa. La adipocira consiste en la transformación de las grasas en una sustancia similar a jabón; se observa en cadáveres

enterrados o sumergidos. Estos fenómenos permiten identificar el ambiente en que se encontró el cuerpo y estimar lapsos más amplios de tiempo.

3.3.4 Variables que influyen en la cronotanatodiagnos

El cálculo del tiempo de muerte no es exacto; depende de numerosas variables: temperatura ambiental, humedad, masa corporal, vestimenta, causa de muerte, utilización de drogas, actividad física previa y situación de los tejidos. Por ello, los médicos forenses deben integrar diversas señales (lividez, rigidez, enfriamiento, insectos) y utilizar métodos estadísticos para estimar intervalos y márgenes de error. El análisis de series de casos permite ajustar modelos que relacionan la velocidad de enfriamiento con variables ambientales y calcular intervalos de confianza para la hora de la muerte.

3.3.5 Clasificación médico-legal de las muertes

La manera de muerte es la categoría que describe el contexto en que se produjo el fallecimiento. Según la literatura clásica de tanatología, las muertes pueden ser naturales, violentas o sospechosas de criminalidad. Una lección de la Universidad Complutense de Madrid explica que la muerte natural es aquella que es el resultado final de un proceso morboso sin participación de fuerzas extrañas al organismo. La muerte violenta se debe a un mecanismo exógeno (suicida, homicida o accidental) y conlleva la participación de una fuerza física, química o biológica ajena al sujeto. La muerte sospechosa de criminalidad es aquella que podría ser natural, pero se presenta bajo signos de duda, como en casos de muerte súbita sin diagnóstico claro.

Desde el punto de vista médico-legal, la clasificación de la muerte determina la necesidad de realizar una autopsia judicial. El artículo 343 de la Ley de Enjuiciamiento Criminal española, citado en la misma lección, señala que en muertes violentas o sospechosas debe procederse a la autopsia para informar sobre el origen del fallecimiento y sus circunstancias. En Ecuador, el Código Orgánico Integral Penal y la Ley Orgánica de Servicio Público establecen pautas similares. Las estadísticas de los institutos de medicina legal se organizan a partir de esta clasificación, permitiendo analizar la proporción de homicidios, suicidios, accidentes y muertes naturales.

3.3.6 Asfixias mecánicas y síndrome asfíctico

Las **asfixias** constituyen un tema relevante en la patología forense porque implican la suspensión del intercambio gaseoso y la privación de oxígeno a los tejidos. El artículo “Asfixias mecánicas” de Solano González revisa la literatura clásica y propone una clasificación médica-legal de estas muertes. Se destacan diferentes mecanismos de asfixia: ausencia o reducción de la presión de oxígeno en la atmósfera, obturación de los orificios respiratorios, obstrucción del tracto respiratorio, restricción de los movimientos del tórax, alteraciones cardíacas que impiden la oxigenación sanguínea y condiciones que disminuyen la capacidad de la sangre para transportar oxígeno.

Históricamente se describió el síndrome asfíctico o quinteto de signos clásicos de asfixia, aunque sus componentes no son específicos para todas las formas de asfixia. Estos signos incluyen: 1) hemorragias petequiales en piel, esclera y pleuras (puntos de Tardieu) causadas por aumento súbito de presión venosa; 2) congestión y edema de la cara, los labios y la lengua,

resultado de la obstrucción del retorno venoso; 3) cianosis (coloración azulada de la piel y mucosas) debido a la acumulación de hemoglobina reducida; 4) dilatación de las cavidades derechas del corazón y 5) mayor fluidez de la sangre. En casos de compresión del cuello se observa además un surco equimótico y fracturas del hioides.

Las asfixias se clasifican en asfixia por sofocación (obstrucción de orificios respiratorios o compresión del tórax), estrangulamiento (compresión del cuello mediante lazos o antebrazos), ahorcadura (suspensión parcial o total del cuerpo con un lazo), sumersión (drowning) y asfixias químicas (por gases o sustancias que desplazan el oxígeno). Cada modalidad presenta hallazgos externos e internos particulares que deben ser documentados. La estadística epidemiológica de estas muertes contribuye a establecer patrones de suicidio, homicidio y accidentes, y a diseñar campañas de prevención.

3.4 Procedimientos periciales en medicina legal

3.4.1 Inspección del lugar de los hechos y levantamiento del cadáver

La investigación pericial inicia en el sitio donde ocurre el hecho. El médico forense se desplaza junto con la autoridad judicial y el personal de criminalística para observar la posición del cuerpo, el entorno, las evidencias y las circunstancias. Debe describir la escena con precisión, tomar fotografías, registrar la temperatura ambiental y levantar el cadáver en presencia del juez y del fiscal. Durante esta etapa se recogen indicios como armas, casquillos, fibras, fluidos biológicos y se documenta la situación de la vestimenta y del entorno. La cadena de custodia se inicia en el lugar y continúa hasta el laboratorio.

3.4.2 Autopsia judicial: etapas y protocolo

La autopsia judicial es un examen externo e interno ordenado por el Ministerio Público o por los tribunales de justicia para determinar la causa, el mecanismo y la manera de la muerte. Debe seguir un protocolo estandarizado que incluya:

1. **Examen externo:** Identificación del cadáver, descripción de la vestimenta, evaluación de la postura, toma de huellas dactilares, fotografía forense y búsqueda de lesiones externas, tatuajes, cicatrices y signos de violencia. En casos de violencia sexual se recolectan muestras de la región genital y anal.
2. **Desnudez y lavado:** Se retira la ropa preservando indicios. Se lava el cuerpo para remover suciedad y revelar lesiones ocultas.
3. **Disección en Y o en I:** Se realizan incisiones en tórax y abdomen para acceder a las cavidades. En la apertura craneal se efectúa corte circular. Se extraen órganos para su examen macroscópico y posterior estudio histológico.
4. **Búsqueda de proyectiles y cuerpos extraños:** En muertes por arma de fuego se localizan entradas y salidas, se extirpa la trayectoria y se extraen casquillos o balas para análisis balístico, siguiendo la cadena de custodia descrita en el capítulo I de este trabajo.
5. **Exámenes complementarios:** Toxicología, histopatología, genética, radiología forense, entomología. Estos análisis permiten confirmar intoxicaciones, identificar agentes infecciosos o establecer la data de muerte mediante el desarrollo de larvas.

6. **Elaboración del informe pericial:** Debe incluir antecedentes, descripción detallada de los hallazgos, interpretación de las lesiones, causa y mecanismo de muerte, estimación de la data de muerte y conclusiones. El informe se remite a la autoridad judicial y constituye prueba técnica.

3.4.3 Estudio externo: identificación de lesiones y signos

El estudio externo es fundamental para orientar la autopsia. Se examinan la topografía y morfología de las lesiones: contusiones, hematomas, laceraciones, heridas incisas, contuso-cortantes, punzantes, punzocortantes, heridas de arma de fuego, lesiones por arma blanca, asfixias y estrangulamientos. La descripción incluye tamaño, forma, bordes, profundidad y dirección. Los signos vitales (petequias, equimosis, reacción inflamatoria) permiten diferenciar lesiones antes de la muerte (antemortem) de lesiones ocurridas después de la muerte (postmortem). Se registran además características como rigidez, lividez, manchas de insectos, mordeduras y marcas de ataduras. La interpretación correcta de estos signos permite reconstruir la dinámica de los hechos.

3.4.4 Estudio interno: necropsia de cavidades

La exploración interna implica abrir las cavidades craneal, torácica y abdominal para evaluar órganos y estructuras. En el cráneo se examina la dureza de la bóveda, la presencia de fracturas y hemorragias intracraneales. En el tórax se observa el corazón, pulmón y grandes vasos, buscando lesiones traumáticas, hemotórax, neumotórax y enfermedades cardiovasculares. En el abdomen se inspeccionan el hígado, el bazo, los riñones, el estómago e intestinos, buscando perforaciones, hemorragias, enfermedades hepáticas o lesiones por arma blanca. La extracción

de órganos permite mediciones de peso y volumen, que se comparan con valores normales para detectar hipertrofias o atrofas.

3.4.5 Elaboración del dictamen y cadena de custodia

El dictamen médico legal integra los hallazgos externos e internos con los exámenes complementarios. Debe ser claro, coherente y fundamentado. La cadena de custodia garantiza la integridad de las muestras (proyectiles, fluidos, tejidos) desde su recogida hasta su análisis en el laboratorio. Se utilizan recipientes sellados, se registran fechas y horas y se documenta cada transferencia. El respeto a la cadena de custodia evita la contaminación, garantiza la validez probatoria y protege los derechos de las partes.

3.4.6 Normativa y protocolos en autopsias judiciales

La realización de autopsias está reglamentada por normas y protocolos que buscan garantizar la calidad, la legalidad y el respeto a la dignidad del fallecido. Los manuales emitidos por instituciones judiciales y ministerios de justicia establecen que antes de iniciar la necropsia se debe recopilar información preliminar: historia clínica, circunstancias del hallazgo, antecedentes médicos y sospecha de causa de muerte. Asimismo, se recomienda revisar los informes policiales y la escena del delito para orientar la exploración.

La apertura debe ser sistemática y completa: se examinan y se abren las cavidades craneal, torácica, abdominal y pélvica. En el cráneo se retira el hueso parietal y se expone el encéfalo, registrando hemorragias o fracturas. En el tórax se abre el esternón para acceder al corazón y pulmones; en el abdomen se incisa el peritoneo para extraer los órganos. Todas las incisiones se documentan con fotografías de alta calidad que incluyan escalas, pues las imágenes

constituyen una parte esencial del expediente. Las fotografías externas deben mostrar la vestimenta, las lesiones y la posición del cuerpo; las internas deben detallar el estado de los órganos y cualquier cuerpo extraño recuperado.

La normativa moderna exige la integración de técnicas de imagen como las radiografías y la tomografía computarizada. Antes de la autopsia se realiza una radiografía de todo el cuerpo para localizar proyectiles, fracturas o dispositivos médicos. La tomografía y la reconstrucción tridimensional permiten visualizar la posición de los proyectiles y planificar las incisiones, reduciendo la destrucción de evidencias.

La recolección de muestras biológicas sigue procedimientos estrictos: se obtienen sangre, orina, líquido cefalorraquídeo, humor vítreo y bilis para análisis toxicológicos y bioquímicos; muestras de vísceras (hígado, riñón, pulmón) para estudios histopatológicos; y muestras óseas y dentales para genética. En casos de arma de fuego se recuperan los proyectiles y fragmentos metálicos y se preservan en recipientes adecuados. Todas las muestras se etiquetan con datos identificatorios y se ingresan a la cadena de custodia.

Finalmente, las normas subrayan la importancia de contar con equipos de protección personal (batas, guantes, mascarillas), así como de realizar la autopsia en instalaciones adecuadas con iluminación y ventilación. La presencia de un asistente para anotar observaciones y manejar las muestras es esencial. Estas medidas garantizan la fiabilidad del examen y evitan contaminaciones cruzadas.

3.5 Aspectos específicos de la lesionología forense

La lesionología forense estudia los daños corporales causados por agentes físicos, químicos o biológicos. Su análisis no sólo permite determinar la causa de la muerte sino también reconstruir la secuencia de eventos y valorar la responsabilidad penal.

3.5.1 Clasificación de lesiones

Figura

10

Clasificación de lesiones

Tipo de lesión	Características y ejemplos
Contusas	Producidas por objetos romos; incluyen equimosis (moretones), hematomas, erosiones y laceraciones. La forma de la lesión puede sugerir el objeto utilizado.
Incisas	Causadas por objetos con filo (cuchillos). Tienen bordes nítidos y angulosos. Ejemplo: cortes en suicidios.
Punzantes	Producidas por objetos puntiagudos (punzones, clavos). Predomina la profundidad sobre la longitud.
Contuso-cortantes	Resultado de objetos con borde pesado (hachas, machetes). Combinan características contusas e incisas.
Punzocortantes	Combinan punta y filo (cuchillos de cocina). Generan lesiones profundas con bordes nítidos.

Por arma de fuego	Producidas por proyectiles; se clasifican en orificios de entrada y de salida. El análisis de tatuaje, ahumamiento, contusión y estallido orienta sobre la distancia del disparo.
Lesiones por explosión	Incluyen laceraciones, amputaciones y quemaduras; se subdividen en primarias (onda expansiva), secundarias (proyectiles) y terciarias (desplazamiento del cuerpo).
Lesiones químicas	Causadas por corrosivos, ácidos, álcalis y sustancias irritantes. Generan necrosis y quemaduras químicas.
Lesiones térmicas	Quemaduras por calor o frío; se clasifican en grados.

Tras esta clasificación general es necesario detallar las características de las lesiones térmicas. Las quemaduras se dividen según su profundidad en grados: las de primer grado afectan solo la epidermis y se presentan con enrojecimiento y dolor; las de segundo grado lesionan la dermis y producen flictenas y exudado; las de tercer grado destruyen toda la piel y se caracterizan por escaras; las de cuarto a sexto grado, menos frecuentes, involucran músculo, hueso y carbonización. Para estimar la extensión se utiliza la regla de los nueves, que asigna porcentajes a regiones corporales (por ejemplo, cada brazo representa alrededor del 9 % de la superficie corporal total). Los patrones varían según el agente: las llamas producen zonas carbonizadas y líneas de demarcación; los líquidos calientes generan quemaduras irregulares; los sólidos calientes dejan marcas de contacto; el frío extremo produce lesiones por congelación con bordes claros.

En cadáveres carbonizados, el médico forense debe evaluar signos como la reducción de volumen, la postura en “boxeador” y la coloración negra del tejido para determinar si la persona estaba viva al momento del fuego. La presencia de carboxihemoglobina en sangre mayor al 20 % y de hollín en las vías respiratorias sugiere que la víctima respiraba durante el incendio; en cambio, la ausencia de hollín y niveles bajos de carboxihemoglobina indican carbonización post mortem.

Las lesiones eléctricas incluyen quemaduras de entrada y salida producidas por el paso de corriente. La llamada marca de Jellinek o “lesión en arado” es una quemadura apergaminada, de bordes elevados y aspecto aperlado que indica el punto de contacto. La corriente puede producir arritmias y necrosis interna sin lesiones cutáneas evidentes. Las electrocuciones de alta tensión generan arcos eléctricos y explosiones secundarias.

Las lesiones químicas resultan del contacto con ácidos, álcalis o sustancias irritantes. Los ácidos coagulan las proteínas y forman esfacelos secos, mientras que los álcalis saponifican grasas y producen necrosis licuefactiva que penetra en profundidad. El diagnóstico forense debe incluir la identificación del agente, la extensión de la quemadura y la valoración de sus implicaciones médicas y legales.

3.5.2 Balística forense y lesión por arma de fuego

El estudio de heridas por arma de fuego vincula la lesionología con la balística, temática desarrollada en el capítulo I. El médico forense describe la morfología de los orificios, el trayecto y la profundidad, y colabora con el perito balístico para recuperar proyectiles y casquillos. La distancia del disparo se calcula analizando el tatuaje (depósito de pólvora), el

ahumamiento y la presencia de desgarros. Los proyectiles recuperados se envían al laboratorio para comparación con armas sospechosas mediante el estudio de las estrías y las marcas de percutor.

La morfología de los orificios de entrada depende del calibre, la forma del proyectil, la elasticidad de la piel y la distancia. Generalmente el diámetro del orificio de entrada es ligeramente inferior al calibre y presenta un anillo de contusión de color pardo causado por el impacto de la ojiva. Según la dirección del disparo, este anillo puede ser completo o excéntrico. Inmediatamente periférico se observa el anillo de enjugamiento (collarete de limpieza), un halo grisáceo producido por residuos de lubricantes y suciedad del cañón. En disparos de corta distancia aparecen zonas de tatuaje o taraceo, compuestas por quemadura de la piel, granos de pólvora sin quemar y humo que se depositan alrededor del orificio.

El trayecto interno puede desviarse al impactar con estructuras óseas o variar por la elasticidad de los tejidos, por lo que la línea recta entre el orificio de entrada y de salida no siempre representa el recorrido real. La exploración del trayecto se realiza durante la autopsia con sondas y se complementa con radiografías o tomografía computarizada. El orificio de salida suele ser mayor, de bordes evertidos y carece de anillo de enjugamiento; puede adoptar formas irregulares debido a la fragmentación del proyectil. El estudio de las fracturas, la hemorragia tisular y los desgarros ayuda a reconstruir la trayectoria y a distinguir entre orificios de entrada y de salida.

En disparos a corta distancia, el patrón de tatuaje y el ahumamiento permiten estimar la proximidad. La ausencia de estos signos indica disparos a mayor distancia. La interpretación

de los hallazgos debe integrar los resultados balísticos con la escena del crimen y las declaraciones de testigos.

3.5.3 Violencia sexual y lesiones asociadas

En casos de delitos sexuales, el examen médico legal busca lesiones genitales, anales y extragenitales, así como signos de lucha y defensa. Se recolectan muestras biológicas (secreciones, espermatozoides, ADN) y se documentan lesiones anogenitales que pueden indicar penetración. La entrevista con la víctima se realiza con perspectiva de género y confidencialidad. El informe debe describir el tipo de lesiones, su antigüedad y su compatibilidad con la versión de la víctima.

3.5.4 Lesiones en niños y personas vulnerables

La valoración de lesiones en menores de edad, personas con discapacidad o adultos mayores requiere especial cuidado. El médico forense debe diferenciar lesiones accidentales de lesiones por maltrato o abuso. Signos como fracturas múltiples en distintos estadios de consolidación, hematomas en zonas inhabituales, marcas de mordidas o quemaduras con patrones pueden indicar abuso. La estadística ayuda a detectar patrones poblacionales y a identificar factores de riesgo (edad, sexo, relación con el agresor). Los datos se utilizan para diseñar políticas públicas de prevención y protección.

3.6 Introducción al análisis del caso estadístico en medicina legal

3.6.1 Importancia de la estadística en medicina forense

La estadística médica se define como la ciencia de resumir, coleccionar, presentar e interpretar datos médicos para estimar magnitudes de asociaciones y probar hipótesis. En la investigación forense, la estadística permite cuantificar la frecuencia de delitos, examinar la distribución de lesiones, identificar causas de muerte predominantes y evaluar la precisión de los métodos de diagnóstico. La aplicación de métodos descriptivos y analíticos ayuda a pasar del relato anecdótico a la evidencia científica, incorporando la variación inherente a los procesos biológicos. La sinopsis del libro *Estadística y medicina. Un enfoque para principiantes* recuerda que la estadística es una disciplina que recolecta, analiza e interpreta datos desde la antigüedad, y que su consolidación permitió evaluar tratamientos y procedimientos médicos.

La importancia de la estadística en medicina legal también se evidencia en la gestión de los servicios. El informe del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Perú (2011-2018) mostró que la aplicación de un proceso de gestión de la información estadística permitió sincerar la información forense y detectar incrementos en los servicios médicos legales por distrito fiscal, sexo y grupo etario. Estos datos ayudan a asignar recursos, diseñar programas de prevención y evaluar la eficacia de las políticas públicas.

3.6.2 Fuentes de datos en medicina legal

Para realizar análisis estadísticos se requieren datos confiables y estructurados. Las principales fuentes incluyen:

- **Actas de defunción y registros civiles:** Permiten estimar la tasa de mortalidad general y específica por causas externas (homicidios, accidentes, suicidios). Los médicos forenses deben llenar correctamente la causa de muerte, incluyendo causa inmediata, causa básica y factores contribuyentes.
- **Protocolos de autopsia:** Contienen información detallada sobre los hallazgos externos e internos, fotografías, estudios complementarios y conclusiones. Se pueden codificar las variables (edad, sexo, tipo de lesión, causa de muerte) para análisis estadístico.
- **Sistemas de información hospitalaria y policiaca:** Integran datos de emergencias, denuncias, órdenes de autopsia y resultados de pericias. La interoperabilidad facilita la construcción de bases de datos completas.
- **Estudios epidemiológicos y reportes institucionales:** Revistas científicas, tesis y reportes anuales de institutos de medicina legal proporcionan datos sobre tendencias, tipos de violencia y distribución geográfica. Por ejemplo, la tesis de González Abad se centró en examinar fenómenos cadavéricos y utilizó herramientas estadísticas para mejorar la eficiencia en la resolución de casos.

3.6.3 Estadística descriptiva aplicada a autopsias y lesiones

La estadística descriptiva resume la información a través de medidas de tendencia central (media, mediana, moda), dispersión (desviación estándar, rango intercuartílico), posición (percentiles) y forma (asimetría, curtosis). En medicina legal, estas medidas permiten describir la edad de las víctimas, la distribución de las causas de muerte y la frecuencia de tipos de lesiones. Por ejemplo, al analizar 1 000 autopsias por arma de fuego, se puede calcular la proporción de entradas en cabeza, tórax y abdomen; la media de distancia de disparo estimada;

y la edad promedio de las víctimas. Estos datos se presentan en tablas y gráficos que facilitan su interpretación.

Las representaciones gráficas incluyen histogramas, diagramas de caja, diagramas de dispersión y mapas de calor. Un histograma de edades de víctimas de homicidio muestra la distribución y permite identificar grupos de mayor riesgo. Un diagrama de caja de la longitud de las heridas incisas revela la variabilidad y los valores atípicos. Los mapas georreferenciados permiten visualizar la concentración de homicidios o accidentes de tránsito.

3.6.4 Medidas de asociación e inferencia estadística

Para evaluar relaciones entre variables se usan medidas de asociación: riesgo relativo (RR), razón de momios (odds ratio) y coeficiente de correlación. El riesgo relativo compara la incidencia de un evento entre dos grupos; por ejemplo, el RR de morir por arma de fuego entre hombres y mujeres. La razón de momios se utiliza en estudios de caso-control para estimar la fuerza de asociación entre una exposición (consumo de alcohol) y un desenlace (accidente de tránsito fatal).

La inferencia estadística permite generalizar los resultados de una muestra a la población. Se calculan intervalos de confianza para estimar parámetros poblacionales con un margen de error y se realizan pruebas de hipótesis (t de Student, ANOVA, chi cuadrado) para determinar si las diferencias observadas son significativas. En medicina legal, una prueba de chi cuadrado puede determinar si la distribución de causas de muerte difiere entre regiones o si la incidencia de homicidios varía por estación del año. Las regresiones lineal y logística permiten modelar la relación entre una variable dependiente y varias independientes (edad, sexo, tipo de arma) para

predecir el tiempo de muerte o la probabilidad de lesiones fatales. La regresión de supervivencia se aplica cuando el desenlace es el tiempo hasta la muerte o hasta la aparición de un evento (p. ej., intervalo entre la agresión y el fallecimiento).

3.6.5 Ejemplos de estudios estadísticos

Los institutos de medicina legal suelen elaborar estudios que describen la casuística de autopsias. A modo de ejemplo, se puede analizar un conjunto de autopsias judiciales de 2011-2018 (analizado por Zavala Flores y colaboradores). El estudio identificó que el Distrito Fiscal de Lima realizaba la mayor cantidad de servicios médico-legales y que las necropsias variaban según el sexo y el grupo etario. El análisis incluyó el número de reconocimientos médico-legales, exámenes psicológicos, necropsias de ley y pericias especiales. Se observó un incremento en las pericias de laboratorios forenses y se constató la necesidad de sincerar la información forense para mejorar la gestión.

Otro ejemplo proviene de Costa Rica, donde Segura Monge documentó que la medicina legal se ha fortalecido a través del Organismo de Investigación Judicial y que el sistema judicial recurre a dictámenes especializados en casos de homicidio, violencia doméstica y accidentes. El estudio concluyó que el avance de la disciplina depende de la modernización de los protocolos y de la formación continua de los profesionales. Esta visión se alinea con la tesis de la Universidad Internacional del Ecuador, que examinó fenómenos cadavéricos y aplicó herramientas estadísticas para mejorar la eficiencia en la resolución de casos.

3.6.6 Limitaciones y consideraciones éticas

El análisis estadístico en medicina legal enfrenta limitaciones: datos incompletos, sesgo de selección (no todas las muertes se someten a autopsia), variabilidad en la calidad de los registros y ausencia de denominadores poblacionales precisos. Además, el manejo de información sensible requiere protección de la confidencialidad y respeto a las familias de las víctimas. El uso de grandes bases de datos debe cumplir las normativas de protección de datos y los principios de la bioética.

3.6.7 Modelos multivariantes y análisis de supervivencia

En la práctica médico-legal es frecuente que diversas variables influyan simultáneamente en el desenlace (muerte, tipo de lesión, supervivencia). Los modelos multivariantes permiten analizar estas relaciones de forma conjunta. La regresión lineal múltiple se utiliza para predecir una variable continua (por ejemplo, la longitud de una herida) a partir de variables como edad, sexo y tipo de arma. La regresión logística predice la probabilidad de un desenlace binario (muerte/supervivencia) y calcula las razones de momios ajustadas para varios factores. Por ejemplo, en un estudio de accidentes de tránsito se puede evaluar la probabilidad de muerte en función del uso del cinturón de seguridad, la velocidad y el consumo de alcohol. La regresión logística surgió en los años sesenta y se popularizó gracias al desarrollo de las computadoras. Este modelo genera una curva sigmoidea que relaciona las variables independientes con la probabilidad del resultado y permite interpretar los odds ratios como razones de probabilidades. En medicina forense, la regresión logística se aplica para predecir la supervivencia en traumatismos craneales, determinar la probabilidad de homicidio en función de la localización

y el número de heridas, o identificar factores de riesgo de violencia doméstica. La correcta especificación del modelo y la selección de variables son cruciales para evitar sobreajuste; se recomienda evaluar la bondad de ajuste con criterios como el estadístico de Hosmer-Lemeshow y emplear validación cruzada para comprobar la estabilidad de las predicciones.

El análisis de supervivencia se aplica cuando interesa estudiar el tiempo hasta que ocurre un evento (muerte, recaída, aparición de una complicación). El modelo de Cox permite estimar la tasa de riesgo (hazard ratio) ajustada por múltiples variables, sin necesidad de asumir una distribución específica del tiempo. En medicina legal puede utilizarse para analizar la duración de la agonía en diferentes tipos de lesiones o la supervivencia de víctimas de traumas graves según los cuidados recibidos. Estos métodos requieren asumir condiciones (proporcionalidad de riesgos) y validar los modelos mediante técnicas como la prueba de bondad de ajuste y la evaluación de residuos.

3.6.8 Diseño de estudios y muestreo

La calidad de los análisis estadísticos depende del diseño del estudio y del muestreo. En medicina legal se utilizan estudios transversales para describir la distribución de causas de muerte en un periodo; estudios de caso-control para investigar factores asociados a un desenlace (p. ej., factores de riesgo de homicidio); y estudios de cohorte para seguir a víctimas y evaluar la aparición de secuelas. La selección de la muestra debe ser representativa de la población de interés, y el tamaño de muestra debe calcularse para garantizar potencia estadística suficiente. La aleatorización, cuando es posible, reduce los sesgos; sin embargo, muchos estudios forenses son observacionales y requieren métodos de ajuste como la

estratificación y el emparejamiento. La comprensión de estos diseños permite interpretar adecuadamente los resultados y sus limitaciones.

3.7 Herramientas y tecnologías para el análisis estadístico

3.7.1 Software estadístico

Existen numerosas herramientas para procesar datos forenses. Entre las más empleadas se encuentran SPSS, Stata, R y Python. SPSS y Stata son programas comerciales que ofrecen interfaces amigables y procedimientos preconfigurados para estadísticas descriptivas, inferenciales y regresiones. R es un software de código abierto con paquetes especializados en bioestadística (como survival para análisis de supervivencia y ggplot2 para visualizaciones gráficas). Python se ha popularizado por su flexibilidad y la disponibilidad de bibliotecas como pandas (gestión de datos), numpy (cálculo numérico), scikit-learn (modelos de aprendizaje automático) y matplotlib (gráficos). La elección del software depende de la formación del perito, el presupuesto institucional y la complejidad del análisis.

3.7.2 Bases de datos forenses y big data

Los institutos de medicina legal están desarrollando sistemas de información integrados que permiten almacenar, consultar y cruzar datos de autopsias, toxicología, genética y balística. Estas bases de datos constituyen un big data forense, cuyo análisis puede revelar patrones de violencia, correlaciones con factores socioeconómicos y tendencias temporales. La integración con sistemas policiales y judiciales facilita el seguimiento de casos y el control de la cadena de custodia. En algunos países se utilizan algoritmos de minería de datos para detectar series de

homicidios con características comunes o para estimar la probabilidad de que un cadáver sin identificar corresponda a una persona desaparecida.

3.7.3 Métodos avanzados: minería de datos y aprendizaje automático

El avance de la inteligencia artificial ha abierto nuevas posibilidades en la medicina legal. Modelos de aprendizaje automático pueden clasificar lesiones mediante imágenes, estimar la hora de la muerte a partir de variables ambientales y biológicas, o predecir la probabilidad de supervivencia en víctimas de trauma. La minería de textos permite analizar grandes volúmenes de informes periciales para identificar términos frecuentes, co-ocurrencias y patrones lingüísticos. La genética forense ya utiliza algoritmos para comparar perfiles de ADN y calcular probabilidades de coincidencia. No obstante, la implementación de estas tecnologías requiere validación rigurosa, transparencia y consideración ética para evitar sesgos y garantizar la precisión.

3.7.4 Autopsias virtuales y virtopsia

La evolución de la tecnología digital ha dado origen a las autopsias virtuales o *virtopsia*, una metodología no invasiva que combina tomografía computarizada, resonancia magnética y técnicas de visualización tridimensional para examinar un cadáver. La virtopsia permite documentar las lesiones sin necesidad de incisiones, preservar la integridad del cuerpo y respetar creencias culturales; además posibilita realizar reconstrucciones en 3D y almacenar la evidencia en formato digital. Esta técnica detecta fracturas ocultas, trayectorias de proyectiles y cuerpos extraños, complementando o sustituyendo la autopsia tradicional. La literatura destaca que la virtopsia proporciona imágenes de alta resolución, facilita la revisión por peritos

independientes y permite recrear escenarios con fines judiciales. Sin embargo, requiere equipos costosos y personal especializado, y no reemplaza completamente al examen macroscópico cuando se requieren muestras para toxicología o histopatología.

En algunos países europeos se han desarrollado protocolos para autopsias mínimamente invasivas, que combinan la virtopsia con punciones dirigidas para la toma de muestras. Estas técnicas se emplean en casos de muerte infantil súbita, accidentes de tránsito y desastres masivos, donde la preservación del cuerpo y la rapidez son prioritarias.

3.7.5 Imágenes forenses y fotogrametría 3D

Las imágenes forenses son fundamentales para documentar escenas de crimen, lesiones y evidencias. Además de la fotografía tradicional, se utilizan la radiología, la microfotografía y la fotogrametría. La fotogrametría 3D consiste en capturar múltiples imágenes desde diferentes ángulos para generar modelos tridimensionales de objetos o cuerpos. En medicina legal se aplica para reconstruir la morfología de heridas, documentar huellas de mordeduras, mapear escenas de accidentes y realizar antropometría. Estos modelos permiten realizar mediciones precisas, comparar elementos y visualizar la escena desde distintas perspectivas.

El uso combinado de imagenología y software de realidad virtual facilita la educación de estudiantes y la simulación de procedimientos. Además, la integración con sistemas de información forense permite archivar y compartir archivos digitales de forma segura, garantizando la cadena de custodia. Es importante establecer estándares para la calibración de cámaras, la iluminación y la resolución, ya que errores en la captura pueden alterar las

mediciones. La inclusión de puntos de referencia o escalas en las fotografías asegura que los modelos puedan analizarse con exactitud.

3.8 Integración multidisciplinaria y perspectivas futuras

3.8.1 Relación con la criminalística integral

La medicina legal no actúa de manera aislada; forma parte de una estructura mayor llamada criminalística, que integra disciplinas como balística, dactiloscopia, informática forense, audio y video forense, grafotecnia y accidentología. Un enfoque multidisciplinario permite que los hallazgos médicos se complementen con la trayectoria de proyectiles, la identificación de huellas o el análisis de grabaciones. El trabajo de González Abad enfatiza que la combinación de medicina legal y análisis estadístico, audio y video forense, y balística mejora la eficiencia en la resolución de casos y destaca la necesidad de considerar factores contextuales en investigaciones complejas.

3.8.2 Ética y derechos humanos

El ejercicio de la medicina legal se rige por principios éticos: respeto por la dignidad de las personas, confidencialidad, imparcialidad y autonomía profesional. Los médicos forenses deben tratar con respeto a las víctimas y a sus familiares, garantizar que la manipulación de cuerpos se realice con dignidad y proteger la privacidad de los datos. En la elaboración de informes se debe evitar el lenguaje sesgado y ofrecer conclusiones basadas exclusivamente en la evidencia. La estadística contribuye al reconocimiento de patrones de violencia y a la formulación de políticas públicas de prevención, pero su uso debe ser responsable y transparente.

3.8.3 Retos y oportunidades en Ecuador y el mundo

En Ecuador la medicina legal enfrenta desafíos como la falta de recursos, la saturación de laboratorios y la necesidad de modernizar protocolos. La consolidación de una base de datos nacional de autopsias y la capacitación en métodos estadísticos permitirán mejorar la calidad de los informes y la planificación estratégica. A nivel mundial, la disciplina avanza hacia la integración de tecnologías emergentes (imágenes tridimensionales, autopsias virtuales, análisis de microbiomas) y el uso de algoritmos predictivos. Para aprovechar estas oportunidades se requieren equipos multidisciplinarios, inversión en infraestructura y fortalecimiento de la educación continua.

3.8.4 Cadena de custodia y preservación de la evidencia

La cadena de custodia es el conjunto de medidas destinadas a preservar la identidad e integridad de los objetos o muestras que pueden constituir pruebas de hechos criminales. Su finalidad es garantizar que el elemento presentado en juicio sea el mismo que fue recolectado y que no ha sufrido adulteraciones ni modificaciones. Para ello se establecen protocolos que comienzan en la escena del crimen: la policía delimita el área, busca indicios, los marca y evita su alteración. Cada evidencia se embala y etiqueta con una descripción detallada, la ubicación exacta, la hora, la fecha y los nombres de quienes la manejan.

El registro cronológico de entrega y recepción de cada muestra debe quedar documentado en formularios o sistemas digitales. Los laboratorios forenses mantienen la evidencia bajo condiciones controladas y registran cualquier análisis realizado. La cadena se mantiene hasta la audiencia judicial, donde el perito acredita la integridad del material. Una cadena de custodia

rigurosa evita que la defensa argumente contaminación o manipulación de pruebas y asegura la validez de los resultados científicos.

El uso de bases de datos integradas y códigos de barras facilita el seguimiento de las muestras y disminuye el riesgo de errores. La capacitación del personal, el equipamiento adecuado y la supervisión constante son esenciales para cumplir con los estándares internacionales de calidad.

3.9 Estudio de caso: integración de medicina legal, balística y análisis estadístico

Para ilustrar la interacción entre medicina legal, balística y análisis estadístico, se presenta un caso de estudio basado en un trabajo final desarrollado en la Universidad Internacional del Ecuador. El incidente involucró un homicidio cometido con arma de fuego en un ambiente doméstico. La investigación se apoyó en tres peritajes: balística, tanatología y audio/video forense.

En el ámbito balístico se recuperaron proyectiles y casquillos. Mediante el análisis de microestrías se demostró la correspondencia entre un arma de la víctima y las balas extraídas del cuerpo. Además, se estableció la distancia del disparo a partir del tatuaje y el ahumamiento, concluyendo que el disparo fue a corta distancia. La autopsia tanatológica evidenció shock hipovolémico por heridas torácicas, hemorragia interna y lesión pulmonar. Se describió el trayecto de los proyectiles, la presencia de tatuaje cutáneo y la ausencia de intoxicación etílica en la víctima. El examen de las vías respiratorias descartó aspiración de sangre o quemaduras de vías aéreas, confirmando que la muerte fue inmediata.

El peritaje de audio y video forense analizó una grabación que captó una discusión previa y los disparos. Se autenticó el audio, se identificaron voces y se sincronizó con las imágenes. El análisis espectral comprobó la coincidencia entre los estampidos de la grabación y el arma incautada, aportando certeza sobre el número de disparos. La sincronización temporal entre la discusión, los disparos y la aparición del agresor en el video permitió reconstruir la secuencia de los hechos.

La combinación de estos peritajes ofreció una certidumbre superior al 95 % de que el acusado disparó a corta distancia y provocó la muerte de la víctima. El análisis estadístico se aplicó para comparar parámetros balísticos (velocidad, calibre), estimar probabilidades de coincidencia de microestrías y evaluar la veracidad del audio. Este estudio de caso demuestra cómo la articulación de la medicina legal con la balística y la estadística, junto con la cadena de custodia, puede proporcionar evidencia concluyente y contribuir a una sentencia justa.

La elaboración de informes integrados exigió un lenguaje claro y la explicación de conceptos técnicos para jueces y abogados. Asimismo, se preservó el respeto por la víctima y la confidencialidad, cumpliendo con los principios éticos de la medicina legal.

La medicina legal es un pilar de la administración de justicia al aportar conocimientos médicos y biológicos para resolver cuestiones jurídicas. Sus subdisciplinas (tanatología, traumatología, toxicología, genética, psiquiatría forense y otras) permiten abordar de manera integral la investigación de muertes violentas y lesiones. El estudio de los fenómenos cadavéricos, la práctica de autopsias judiciales y la elaboración de informes periciales son actividades que exigen rigurosidad científica, respeto a protocolos y sensibilidad ética. La estadística, por su

parte, ofrece herramientas para resumir datos, estimar parámetros, evaluar asociaciones y diseñar modelos predictivos. Su aplicación en medicina legal contribuye a la objetividad, la transparencia y la toma de decisiones informadas.

Los ejemplos analizados demuestran que la gestión adecuada de la información estadística permite detectar tendencias, optimizar recursos y evaluar políticas públicas. La integración de bases de datos forenses, el uso de software especializado y la incorporación de técnicas de inteligencia artificial abrirán nuevas posibilidades para la investigación criminal y la protección de los derechos humanos. No obstante, estos avances deben acompañarse de normas éticas, protección de datos y formación continua. En conclusión, la convergencia entre medicina legal y análisis estadístico no sólo fortalece la evidencia científica, sino que también promueve una justicia más eficiente y un mayor respeto a la dignidad humana.

Referencias bibliográficas

- Araúz, D. (2019). Planimetría Forense y su eficacia para fijar indicios, Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses. *Redes*, 1(12), 153-168.
- Cabrera, C., & Orellana, D. S. (2024). La balística forense y su aporte probatorio en la investigación criminal. *Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 7(3), 57-69.
- Naciones Unidas. (2020). Fundamentos sobre armas de fuego y municiones. Obtenido de https://www.unodc.org/documents/e4j/Firearms/E4J_Firearms_Module_02_-_Basics_on_Firearms_and_Ammunition_ES_final.pdf
- Ortíz, A. (2020). Estudios que corresponden a la balística exterior. *Archivos de Criminología, Seguridad Privada y Criminalística*, 8(15), 1-12.
- Policia Nacional . (2013). Manual de balística forense. Obtenido de Consejo de Dirección del Laboratorio de Criminalística : [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25335w/6.pdf#:~:text=Bal%C3%ADstica%20Identificativa%20o%20Comparativa:%20se%20basa%20en,que%20han%20producido%20dichas%20huellas%20particulares%20\(lesiones\).](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25335w/6.pdf#:~:text=Bal%C3%ADstica%20Identificativa%20o%20Comparativa:%20se%20basa%20en,que%20han%20producido%20dichas%20huellas%20particulares%20(lesiones).)
- Skopein. (2018). la justicia en manos de la ciencia XIX. *Skopein*, 1(19), 1-22.
- Solana, E. (2024). Obtención de huellas lofoscópicas en armas de fuego. *Digital de Ciencias Forenses*, 1(1), 1-15.
- García Garmendia, J. L. (2018). Interpretación de resultados estadísticos. *Medicina Intensiva*, 42(6), 370-379.
- González Abad, K. T., Paz Robalino, L. O., Tagle Fernández, E. R., Fernández Moreno, S. A., & Gavilán Román, F. J. (2025). Implementación de la metodología PBL en

ámbitos forenses: Medicina legal y análisis estadístico, audio y video forense, y balística. Universidad Internacional del Ecuador.

Segura Monge, M. (2025). Importancia de la medicina legal en la práctica médica en Costa Rica. *Revista Electrónica de Portales Médicos*, XX(3), 67-79.

Zavala Flores, M. A. (2021). Proceso y análisis estadístico de los servicios médicos legales realizados que brinda el Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses (2011-2018). Universidad Nacional Federico Villarreal.

Zevallos Aquije, A. J., Maravi Cardenas, A. J., & Palomino Salcedo, K. J. (2023). *Estadística y medicina: un enfoque para principiantes*. Religación Press.

Sosa, M. (2019). Análisis de la carga probatoria de la prueba balística en el proceso penal ordinario según el COIP. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Ecuador : <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/bb4da6a1-a852-4e04-b87a-df25fb1a694e/content>