



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA UN CUARTO DE DISPARO A UTILIZARSE EN EL
LABORATORIO DE BALÍSTICA DEL INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS FORENSES DE
GUATEMALA**

Luis Daniel Alfaro Tovar

Asesorado por el Ing. Raúl Rizzo Boesch

Guatemala, enero de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA UN CUARTO DE DISPARO A
UTILIZARSE EN EL LABORATORIO DE BALÍSTICA DEL INSTITUTO
NACIONAL DE CIENCIAS FORENSES DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS DANIEL ALFARO TOVAR

ASESORADO POR EL ING. RAÚL RIZZO BOESCH

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos a.i.
EXAMINADORA	Inga. Rossana Margarita Castillo Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Edwin Antonio Echeverría Marroquín
EXAMINADORA	Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
SECRETARIA	Inga. Alba Maritza Guerrero de López a.i.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA UN CUARTO DE DISPARO A UTILIZARSE EN EL LABORATORIO DE BALÍSTICA DEL INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS FORENSES DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 02 de septiembre de 2015.

Luis Daniel Alfaro Tovar

Guatemala, 20 de noviembre de 2017

Como asesor del trabajo de Graduación titulado **PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA UN CUARTO DE DISPARO A UTILIZARSE EN EL LABORATORIO DE BALÍSTICA DEL INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS FORENSES DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Daniel Alfaro Tovar**, hago constar que lo he asesorado en la realización del mismo y que lo apruebo en su totalidad.




Ing. Raúl Rizzo Boesch



REF.REV.EMI.149.017

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA UN CUARTO DE DISPARO A UTILIZARSE EN EL LABORATORIO DE BALÍSTICA DEL INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS FORENSES DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Daniel Alfaro Tovar**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 8121

Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2017.

/mgp



REF.DIR.EMI.007.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA UN CUARTO DE DISPARO A UTILIZARSE EN EL LABORATORIO DE BALÍSTICA DEL INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS FORENSES DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Daniel Alfaro Tovar**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. **Cesar Ernesto Urquiza Rodas**
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2018.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

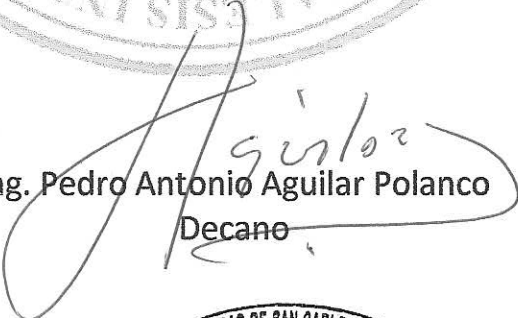


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 018.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA UN CUARTO DE DISPARO A UTILIZARSE EN EL LABORATORIO DE BALÍSTICA DEL INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS FORENSES DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Daniel Alfaro Tovar** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, enero de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por su infinita gracia, sus ricas bendiciones en mi vida, por darme sabiduría, fortaleza y por su abundante amor. Todo logro en mi vida es para su honra.

Mi padre

Que me brindó apoyo incondicional durante su vida, demostrándome en todo momento su amistad y amor, el gran ejemplo de mi vida.

Mi madre

Por la ternura, amor y consejos que me da y que me ayudaron a ser lo que soy. Por su apoyo incondicional; la quiero mucho mamá.

A mi amor lindo

Por su amor, tiempo y apoyo moral en los momentos justos. Gracias por estar siempre a mí lado en las épocas alegres y en las difíciles, siempre mi empuje. Te amo.

Mis hijos

Porque son parte importante de mi vida, me motivaron a culminar mis estudios universitarios y me incentivan diariamente a ser un ejemplo para ellos. Los quiero con todo mi corazón.

Mis hermanos

Porque me han acompañado en esta vida y han sido un gran apoyo y ejemplo. Gracias por brindarme su cariño, consejos y comprensión, como hermanos, como amigos e incluso como padres.

Mis sobrinos

Con mucho cariño les digo que ocupan un lugar especial en mi corazón. Que Dios los bendiga y crezcan en un marco de amor, honradez y prosperidad.

Mis familiares

Por el gran cariño que me han brindado.

Mis amigos

Gracias por la amistad y el apoyo que me han demostrado.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Casa de estudios que me brindó la oportunidad de alcanzar mis metas.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos necesarios para desarrollarme como ingeniero.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial	Por la formación profesional que me brindó.
Cada una de las personas que hicieron posible este trabajo de graduación	Por los conocimientos transmitidos y por su valiosa colaboración para el desarrollo de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. ESTUDIO DE MERCADO	1
1.1. Antecedentes generales.....	1
1.2. Inicios del Instituto Nacional de Ciencias Forenses en Guatemala.....	8
1.2.1. Ubicación.....	9
1.2.2. Misión	10
1.2.3. Visión.....	10
1.2.4. Tipo de organización	10
1.2.4.1. Organigrama.....	12
1.2.4.2. Descripción de puestos	13
1.2.4.2.1. Consejo Directivo	13
1.2.4.2.2. Dirección General.....	14
1.2.4.2.3. Gestión y Acreditamiento de la Calidad	16
1.2.4.2.4. Auditoría Interna.....	17
1.2.4.2.5. Secretaría General	18

1.2.4.2.6.	Asesoría Técnica Jurídica.....	19
1.2.4.2.7.	Supervisión	20
1.2.4.2.8.	Cooperación Internacional.....	21
1.2.4.2.9.	Departamento Técnico Científico.....	22
1.2.4.2.10.	Unidad de Medicina Forense	24
1.2.4.2.11.	Unidad de Laboratorios de Criminalística.....	26
1.2.4.2.12.	Unidad de Seguimiento Pericial	27
1.2.4.2.13.	Unidad de Gestión y Evacuación de Dictámenes	29
1.3.	Servicio proporcionado.....	30
1.4.	Demanda del servicio.....	30
1.5.	Oferta del servicio	31
1.6.	Demanda insatisfecha.....	32
1.7.	Mercado consumidor del servicio	33
1.8.	Competencia	34
2.	ESTUDIO TÉCNICO DE INGENIERÍA	35
2.1.	Especificaciones del servicio.....	35
2.2.	Descripción del proceso de servicio	36
2.3.	Diagramas de flujo	37
2.4.	Opciones para la cámara de disparo.....	40

2.5.	Opciones para el tanque recuperador de proyectiles	41
2.6.	Estudios del cuarto de disparo	45
2.6.1.	Iluminación.....	45
2.6.2.	Ruido	48
2.6.3.	Ventilación	50
2.6.4.	Seguridad industrial	53
2.6.5.	Blindaje	54
2.7.	Distribución del cuarto de disparo	56
2.8.	Planes de acción y prevención ante incidentes	58
2.8.1.	Lesiones personales.....	59
2.8.2.	Medio ambiente	60
3.	ESTUDIO ADMINISTRATIVO LEGAL.....	61
3.1.	Organigrama.....	61
3.2.	Planificación de recursos humanos	62
3.2.1.	Funciones de puestos.....	63
3.3.	Aspecto laboral.....	73
3.3.1.	Normas de seguridad al disparar.....	73
3.3.2.	Equipo de protección necesaria.....	74
4.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	77
4.1.	Gases	77
4.2.	Agua residual.....	78
4.3.	Ruido	79
4.4.	Desechos sólidos de las pruebas de disparo	81
4.5.	Medidas de mitigación	82
4.5.1.	Precipitación del agua residual con hidróxido.....	84
4.5.2.	Adsorción del agua residual.....	86
4.5.3.	Manejo de desechos sólidos.....	86
4.5.4.	Extracción de gases	87

5.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	89
5.1.	Compra de la nueva cámara de disparo	89
5.2.	Instalación del equipo del cuarto de disparo	94
5.2.1.	Tanque recuperador de proyectiles.....	95
5.2.2.	Cámara de disparo.....	100
5.3.	Costos de adecuación del cuarto de disparo	100
5.3.1.	Costo de blindaje.....	101
5.3.2.	Costo de iluminación	103
5.3.3.	Costo de ventilación	105
5.4.	Costo de mano de obra.....	107
6.	ESTUDIO FINANCIERO	111
6.1.	Financiamiento.....	111
6.2.	Análisis de sensibilidad	112
6.2.1.	Valor presente neto	112
6.2.2.	Tasa interna de retorno	114
6.2.3.	Relación costo beneficio.....	116
	CONCLUSIONES.....	117
	RECOMENDACIONES	119
	BIBLIOGRAFÍA.....	121
	APÉNDICES.....	123
	ANEXO.....	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del Inacif	9
2.	Organigrama institucional del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala	12
3.	Demanda del servicio balístico	31
4.	Diagrama de flujo de obtención de huella balística de cartuchos de proyectiles múltiples	38
5.	Diagrama de flujo de obtención huella balística de cartuchos monoproyectil	39
6.	Cámara de disparo actual	40
7.	Tanque recuperador de proyectiles actual	42
8.	Canasta de recuperación de proyectiles actual	42
9.	Tipos de tanques recuperadores de proyectiles	45
10.	Cálculo para el número de luminarias	47
11.	Vista de pared con blindaje nivel 4	55
12.	Plano de distribución del nuevo cuarto de disparo	57
13.	Propuesta de organigrama de puestos	61
14.	Chaleco antibalas	76
15.	Equipos de protección	76
16.	Producción de gases al detonar un arma de fuego	78
17.	Sistema de tratamiento para agua residual	79
18.	Ejemplo de panel acústico	80
19.	Partes de un cartucho	81
20.	Desechos sólidos de pruebas de disparo	82

21.	Plan de medidas de mitigación del nuevo cuarto de disparo del laboratorio de balística.....	83
22.	Tratamiento de aguas residuales.....	85
23.	Sistema de extracción de gases	88
24.	Cotización de la cámara automatizada de recuperación de proyectiles.....	90
25.	Vista lateral de recuperador de proyectiles.....	96
26.	Recuperador de proyectiles modelo RDX3.....	99
27.	Cámara de disparo para escopetas y fabricación artesanal	100
28.	Cotización de blindaje de paredes y techo, Nro. 1.....	101
29.	Cotización de blindaje de paredes y techo, Nro. 2.....	102
30.	Cotización de materiales para iluminación, Nro. 1.....	103
31.	Cotización de materiales para iluminación, Nro. 2.....	104
32.	Cotización de materiales para aire acondicionado, Nro. 1.....	105
33.	Cotización de materiales para aire acondicionado, Nro. 2.....	106
34.	Costo de mano de obra para la instalación del nuevo cuarto de disparo	107
35.	Costo final de la implementación del cuarto de disparo.....	108
36.	Fórmula de VAN	113
37.	Valor actual neto proyectado a 5 años.....	114
38.	Cálculo de tasa interna de retorno	115

TABLAS

I.	Coeficiente de reflexión	46
II.	Tiempo de exposición por día.....	49
III.	Promedios de cambios de aire por 24 horas	53
IV.	Flujo neto de efectivo proyectado a 5 años	113

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
°C	Grado Celsius
G	Gramo
Kg	Kilogramo
l	Litro
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
mg	Miligramos
mm	Milímetro
%	Porcentaje
Q	Quetzales
UV	Ultravioleta

GLOSARIO

Ánima	Parte interna del tubo comprendido entre la boca y el alojamiento del proyectil. En tubos rayados, el ánima se extiende desde la boca hasta el comienzo del rayado.
Arma de fuego	Es un dispositivo de formas diversas destinado o diseñado para expulsar violentamente uno o múltiples proyectiles al espacio, mediante la presión generada por la combustión de la pólvora.
Balística	Es la rama de la Criminalística encargada del estudio de las armas de fuego, de los fenómenos en el momento del disparo, de los casquillos percutidos, de los proyectiles disparados, de su trayectoria y de sus efectos.
Calibre	Diámetro interior del tubo. En ánimas rayadas se mide entre campos.
Cámara de disparo	Es un equipo diseñado para uso en laboratorios forenses, en todo tipo de armas ligeras cortas y largas. Consigue la captura de los proyectiles para posteriormente ser examinados y comparados en el laboratorio.

Criminalística	Parte del derecho que estudia el delito, sus causas, las maneras de evitarlo y el modo de actuar de las personas que lo cometen.
Delito	Acción que va en contra de lo establecido por la ley y que es castigada con una pena grave.
Inacif	Instituto Nacional de Ciencias Forenses.
Indicio	Todo objeto o material, sin importar qué tan grande o pequeño sea, que se encuentra relacionado con un presunto hecho delictivo y cuyo estudio permitirá establecer si existió este, así como la identidad de la víctima y/o del victimario.
ISO	Organización Internacional de Normalización.
Perito	Que es entendido o experto en determinada materia.
Proyectil	Es cualquier objeto lanzado al espacio por la acción de una fuerza.
SICOIN	Sistema de Contabilidad Integrada.
ISO/IEC 17025	Normativa internacional desarrollada por ISO que establece los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración

RESUMEN

El presente trabajo de graduación desarrollará las fases del proyecto de factibilidad para implementar un cuarto de disparo en el laboratorio de balística del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala, donde deberán tomarse en cuenta todos los aspectos técnicos necesarios para establecer la factibilidad de dicha implementación.

Se plantea este tema debido a que este cuarto será implementado durante este año y es de suma importancia en la obtención de indicios indubitados para los análisis balísticos; también, la cámara de disparo para la comprobación del adecuado funcionamiento de las armas de fuego.

Dicho trabajo de graduación consta de seis capítulos. El primero presenta las generalidades de la institución: visión, misión y objetivos. Se detallarán algunos aspectos legales de vital importancia y que deben cumplirse en el ramo de la balística. Seguidamente, en el capítulo dos se realiza el estudio técnico de ingeniería que toma en cuenta condiciones del cuarto de disparo: blindaje, ventilación, iluminación, entre otras.

En el tercer capítulo se propone el estudio administrativo legal que conforma el tema de la organización interna del cuarto de disparo; se delimitan funciones y puestos.

En el capítulo cuatro se describen los procedimientos necesarios para la evitar la contaminación al medio ambiente derivado del procedimiento de toma de huellas balística dentro del cuarto de disparo.

En el capítulo cinco se establece el estudio económico; se detallan los temas de costos de implementación, costo de materiales, equipos y mano de obra.

Por último, en el capítulo seis se describe la evaluación financiera que comprende el cálculo del VAN, TIR y B/C para determinar si esta implementación es viable para la institución.

OBJETIVOS

General

Realizar un análisis de factibilidad para la implementación de un cuarto de disparo para obtener indicios indubitados de óptima calidad, sin dejar de proporcionar al perito un ambiente laboral seguro.

Específicos

1. Proponer la mejor alternativa para que el cuarto de disparo no afecte negativamente el ambiente laboral de los peritos.
2. Evaluar las distintas tecnologías actuales de las cámaras de disparo y proponer la más adecuada para el Inacif.
3. Determinar la iluminación artificial adecuada en el cuarto de disparo.
4. Reducir el consumo de agua en la operación del cuarto de disparo.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala, el Instituto Nacional de Ciencias Forenses constituye un eslabón importante dentro del sistema de justicia; y este instituto cuenta con varios laboratorios; uno de estos es el de balística en donde se realizan análisis de determinación de calibres, cotejos microscópicos comparativos y funcionamientos de armas de fuego.

Para realizar estos análisis es necesario contar con los indicios indubitados que son obtenidos en el área de disparos que actualmente opera en la azotea de uno de los edificios donde funciona el laboratorio de balística del Instituto Nacional de Ciencias Forenses.

Debido al aumento de casos judiciales relacionados con homicidios con arma de fuego, el laboratorio de balística del Instituto Nacional de Ciencias Forenses se ve obligado a reacondicionar un área que permita albergar la instalación de un nuevo cuarto de disparo que cumpla con los estándares mínimos de salud y seguridad ocupacional para garantizar la seguridad laboral de los trabajadores del laboratorio de balística.

Con la implementación de este nuevo cuarto de disparo se beneficiarán los entes investigadores, los peritos de balística y la población en general con mejores huellas balísticas y un espacio diseñado especialmente para su obtención. Estos beneficios se verán a partir de la implementación del cuarto que será a partir del presente año.

1. ESTUDIO DE MERCADO

1.1. Antecedentes generales

En el siglo XVIII aún no existía cuerpo de policía como tal en Londres, en la ciudad de Westminster había un Juez de Paz llamado Henry Fielding a quien sucedió, posteriormente, su ayudante y hermano John Fielding. Henry reclutó un pequeño grupo de 'ayudantes' en 1749, fueron adscritos directamente a su cargo, que representan los inicios de los actuales métodos policiales. Eran conocidos como los *Bow Street-Runners* y se dedicaban a investigar la delincuencia criminal organizada a pequeña escala utilizando, en un principio, métodos poco ortodoxos e incluso, alguna que otra vez, métodos no muy legales.

El primer intento con éxito del que se tiene constancia ocurrió a principios del siglo XIX, al descubrirse al autor de un crimen realizado con un arma de fuego. En 1835, Henry Goddard, al observar un proyectil extraído del cuerpo de la víctima de un asesinato, se percató de la existencia de una llamativa protuberancia o abultamiento. Como en aquella época las armas de fuego eran de poca carga y los tiradores, habitualmente, hacían sus propios proyectiles con plomo fundido mediante un molde o turquesa, el avezado investigador pensó que si encontraba el molde con el que se había realizado el proyectil encontraría al asesino.

Con esta idea, Goddard comenzó a registrar las casas de los sospechosos y, cuando procedía al registro de la vivienda de uno de ellos, al examinar el molde con el que el propietario fabricaba los proyectiles de plomo, este experimentado investigador pudo observar claramente que en el interior de la turquesa había una pequeña hendidura. Utilizando este molde, procedió a fabricar un nuevo proyectil (testigo) y lo comparó con el que se extrajo anteriormente del cuerpo de la víctima (dubitado), comprobando que los abultamientos de ambos proyectiles eran idénticos sin lugar a dudas, lo que hizo que posteriormente el asesino confesara su crimen. Iniciándose de esta forma un nuevo método de investigación.

En Alemania, durante 1898, el doctor Paul Jeserich asistía en calidad de experto para asesorar al tribunal de la ciudad de Neuruppin en un caso de asesinato. Durante el proceso, le mostraron un proyectil que se había extraído del cuerpo de la víctima y un revolver que pertenecía al acusado. Jeserich era partidario de la teoría que establecía que un proyectil sufría una serie de lesiones al recorrer el ánima del cañón de un arma, por el roce de este con las estrías del cañón, con gran presión, las cuales serían iguales en todos los proyectiles disparados con ese mismo arma; procedió a realizar un disparo de prueba, fotografió los dos proyectiles, el extraído del cuerpo de la víctima (dubitado) y el obtenido mediante un disparo con el arma (testigo, muestra o acriminado), amplió las fotos y comprobó que las lesiones dejadas por las estrías y los campos del ánima del cañón en el 'proyectil testigo' eran idénticas a las que tenía el 'proyectil dubitado', se confirmó la teoría y se castigó al culpable.

En el siglo XX, otros investigadores fueron creando nuevos métodos de investigación que, de forma paulatina, irían dando a conocer en sus asesoramientos a los tribunales de justicia. Richard Kockel, director del Instituto Forense de Leipzig (Alemania), efectuó las primeras pruebas del desarrollo del cuerpo de un proyectil realizando negativos de este en láminas de cera y óxido de cinc. El profesor Balthazard se dio cuenta de que existían una serie de marcas en el culote del casquillo que eran producidas al incidir sobre él la aguja percutora en el momento del disparo. También, la recámara producía lesiones en el culote del cartucho e incluso la uña extractora y el expulsor dejaban marcas características en el casquillo, las cuales podrían servir para identificar un arma. Pero estas investigaciones tuvieron que ser abandonadas debido al comienzo de la I Guerra Mundial.

Charles E. Waite, uno de los más grandes pioneros de la balística forense, empezó a visitar las fábricas de armas más importantes de los EE.UU. y posteriormente las europeas, solicitando los datos exactos de las características de las armas que fabricaban. Esta idea le surgió a raíz de asistir (en su condición de funcionario del Ministerio Público del estado de Nueva York) como ayudante del presidente de la Comisión de Investigación por el Gobernador estatal; esta comisión se encargó de revisar la sentencia dictada por un tribunal del condado de Orleans, de la que quedó muy impresionado por los acontecimientos y prometió que intentaría conseguir un método fiable que permitiera identificar un arma mediante el examen de un cartucho.

Se trató del proceso que investigó y juzgó el caso del doble asesinato cometido en una granja del pequeño pueblo de West-Shelby, en donde su propietario Charles B. Phelps y su ama de llaves, Margaret Walcott, fueron asesinados a tiros con un arma del calibre 22.

Dos trabajadores de la granja fueron acusados y condenados en un proceso con diversas irregularidades. Del cuerpo de Charles B. Phelps se extrajeron tres proyectiles del calibre 22. Albert Hamilton, contratado como 'experto en balística' por el fiscal del caso, una vez inspeccionado el revólver que se encontró a uno de los trabajadores (Stillow) y los proyectiles; realizó un informe determinante en el que decía que en la boca de fuego del arma existía una muesca la cual aparecía marcada en los proyectiles, este informe sirvió para establecer que los proyectiles solo pudieron dispararse con el revólver del acusado por lo cual fueron condenados a morir en la silla eléctrica. Durante la revisión del caso, se efectuaron varios disparos de prueba para obtener nuevos proyectiles testigo, los cuales fueron mandados junto con los dubitados, a la compañía óptica Bausch & Lomb, para buscar las muescas que Hamilton dijo haber encontrado; no fueron capaces de localizarlas ni en los proyectiles extraídos del cadáver ni en los que se obtuvieron en los disparos realizados de prueba.

Pero se efectuó un importante descubrimiento, los proyectiles del cadáver y los de prueba tenían cinco estrías, pero con una gran diferencia, las estrías del revolver de Stillow eran normales y regulares, y así se podía apreciar en los proyectiles obtenidos, a diferencia de los proyectiles extraídos del cadáver (dubitados) que presentaban marcado un campo intermedio de una anchura anormal.

Esto determinaba, sin lugar a dudas, que el arma utilizada para cometer el crimen tenía un defecto de fabricación que no presentaba el arma propiedad de Stielow. Este fue finalmente declarado inocente, pero había trascendido tres años en prisión y estuvo a punto de costarle la vida en la silla eléctrica por un informe falso de un supuesto especialista sin escrúpulos.

A finales de 1923, después de cuatro años de viajes e intenso trabajo, descubrió que no había ni un solo modelo que fuera exactamente igual a otro, había diferencias en los calibres, en el número y orientación de las estrías, (orientadas a izquierda, 'levógiro', o a derecha, 'dextrógiro') y sus ángulos de torsión podían ser distintos. Realizó un catálogo técnico de la mayoría de las armas existentes en aquella época, pero hacía falta encontrar unos 'caracteres individualizantes' que permitieran distinguir armas del mismo tipo, marca y modelo. Teniendo en cuenta que el proyectil al pasar por el ánima del cañón sufre dos tipos de lesiones: las primeras causadas por las estrías del ánima, que en el proyectil se convertirán en campos, y las segundas causadas por los campos del ánima del cañón, que darán como resultado las estrías en el proyectil; entonces, el proyectil, después de recorrer el ánima del cañón, se convierte en su negativo. Aquí estaba la solución.

Waite pidió a Max Poser que le fabricara un microscopio dotado con un soporte para mantener sujeto el proyectil y con una escala de medición que permitiera medir las lesiones más insignificantes que existieran en este. Se le unieron el físico John H. Fisher y el químico y gran especialista en microfotografía Philipp O. Gravelle.

Gracias a esta unión, se estableció en Nueva York el primer instituto de balística forense del mundo, el *Bureau of Forensic Ballistics*. Fisher aportó a la investigación dos grandes inventos trascendentales en la balística forense:

- Un aparato que servía para ver con todo detalle el interior del cañón de un arma de fuego (el helixómetro).
- Un nuevo microscopio calibrador con una mayor precisión que permitía medir los campos intermedios, las estrías y su orientación.

En 1925, a Gravelle se le ocurrió la idea que daría a la balística uno de los fundamentos científicos más importantes: unió dos microscopios mediante un dispositivo óptico por el cual se podían observar dos proyectiles juntos en una sola imagen y lograr que ambos giraran para que se pudieran comparar viendo las coincidencias y diferencias que hubiera en estos. Al equipo de Waite se unió el doctor Calvin Goddard que, siguiendo el camino iniciado por el profesor Balthazard, comenzó a observar el culote de los casquillos disparados; encontró que las lesiones producidas por las máquinas empleadas en la fabricación de la aguja percutora o del bloque de cierre del arma que había realizado el disparo, coincidían con las lesiones que aparecían en el culote del casquillo empleado.

El doctor Goddard colaboró en los importantes avances dentro del campo de la balística, como la base de datos de balística más completa de su tiempo y el establecimiento del primer laboratorio independiente de criminalística forense en los Estados Unidos.

Contribuyó en la investigación de numerosos casos en todo el país colaborando con la policía, entre otros, en la primavera de 1927, en un proceso controvertido y no exento de irregularidades, de Sacco-Vanzetti (el robo de Massachusetts); dio a conocer sus observaciones, realizando un dictamen modélico en la historia de la balística forense.

Las investigaciones han ido evolucionando y, teniendo en cuenta las aportaciones iniciales y principios de la criminalística, los cuales establecen que todo instrumento mecánico o físico al incidir con presión sobre una superficie, la más dura deja sobre la más blanda su impronta o huella de clase y de identidad lo que permite identificar también la herramienta en particular.

Con la ayuda del desarrollo de nuevas técnicas y avances tecnológicos e instrumentos más sofisticados han ido centrándose en la actualidad en el estudio de las marcas de herramientas y se ha denominado *toolmark*. Estas marcas son únicas y reproducibles, confirmándose este principio durante décadas con numerosos estudios.

Los sistemas más novedosos tecnológicamente hacen posible, en la actualidad, el examen digital balístico utilizando incluso imágenes en dos dimensiones de proyectiles y casquillos. Este sistema permite escanear mediante un láser a través de un interferómetro de aplicaciones específicas y generar imágenes de alta resolución en tres dimensiones, las cuales permiten ser examinadas con mayor precisión y las garantías necesarias que requiere una evidencia física para un informe en menor tiempo y con menor margen de error; este sistema permite analizarlas por medio de colorización topográfica sensible, movimiento de las fuentes de luz, la orientación.

La balística forense desde sus inicios ha ido evolucionando y continúa sin detenerse; debe su desarrollo, en gran medida, a la aplicación de los avances tecnológicos y a los nuevos instrumentos, así como a los hombres que han logrado encontrar una aplicación útil para el análisis, descubrimiento y comparación de nuevas evidencias de forma más fiable.

En Guatemala, la entidad que realizaba los análisis balísticos era la Policía Nacional Civil y el Ministerio Público. Ahora estos análisis son realizados por el Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala.

1.2. Inicios del Instituto Nacional de Ciencias Forenses en Guatemala

El Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala es creado con el Decreto 32-2006 del Congreso de la República de Guatemala del ocho de septiembre de dos mil seis, como resultado de la necesidad de contar con medios de prueba válidos y fehacientes en los procesos judiciales.

Cuenta con la cooperación de expertos y peritos en ciencias forenses que aplican los avances tecnológicos, metodológicos y científicos de la medicina legal y criminalística, como elementos esenciales en la investigación criminal y de cualquier otra naturaleza.

El Instituto Nacional de Ciencias Forenses inicia sus funciones el día 19 de julio de 2007; nace como institución auxiliar de la administración de justicia, con autonomía funcional, personalidad jurídica, patrimonio propio y con toda la responsabilidad en materia de peritajes técnico-científicos.

1.2.1. Ubicación

El Instituto Nacional de Ciencias Forenses, denominado de ahora en adelante como Inacif, tiene sus oficinas centrales en la 14 calle 5-49 de la zona 1 de la ciudad de Guatemala. En esta dirección se encuentran actualmente los laboratorios de criminalística y balística.

Figura 1. Ubicación del Inacif



Fuente: Guatemala. www.google.com/maps. Consulta: 5 de agosto de 2017.

1.2.2. Misión

“Somos la Institución responsable de brindar servicios de investigación científica forense fundamentada en la ciencia y el arte, emitiendo dictámenes periciales útiles al sistema de justicia, mediante estudios médico legales y análisis técnico científicos, apegados a la objetividad y transparencia.”¹

1.2.3. Visión

“Ser una Institución reconocida y altamente valorada a nivel nacional e internacional, por su liderazgo en las ciencias forenses, los aportes a la investigación científica, la calidad en la gestión institucional y el respeto a la dignidad humana.”²

1.2.4. Tipo de organización

El Instituto Nacional de Ciencias Forenses es una institución con autonomía funcional e independiente que surge como consecuencia de la necesidad de unificar y fortalecer los servicios periciales forenses en Guatemala, mediante el desarrollo científico del trabajo que realiza como institución autónoma; garantiza la imparcialidad y confiabilidad de la investigación técnica científica; contribuye así al sistema de justicia.

¹ Inacif. *Manual de puestos y funciones*. p. 12.

² Ibid. p. 13.

Tiene como finalidad principal la prestación del servicio de investigación científica de forma independiente emitiendo dictámenes técnicos científicos que doten a la función jurisdiccional, con medios de prueba válidos y fehacientes en los procesos judiciales.

Presta sus servicios a requerimiento de jueces y fiscales, el Instituto Nacional de Ciencias Forenses no actúa de oficio.

El Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala es una entidad autónoma y está integrada por los órganos siguientes:

- Consejo Directivo
- Dirección General
- Departamento Técnico Científico
- Departamento Administrativo Financiero
- Departamento de Capacitación
- Los necesarios y aprobados por el Consejo Directivo

El consejo Directivo del Instituto Nacional de Ciencias Forenses está integrado por:

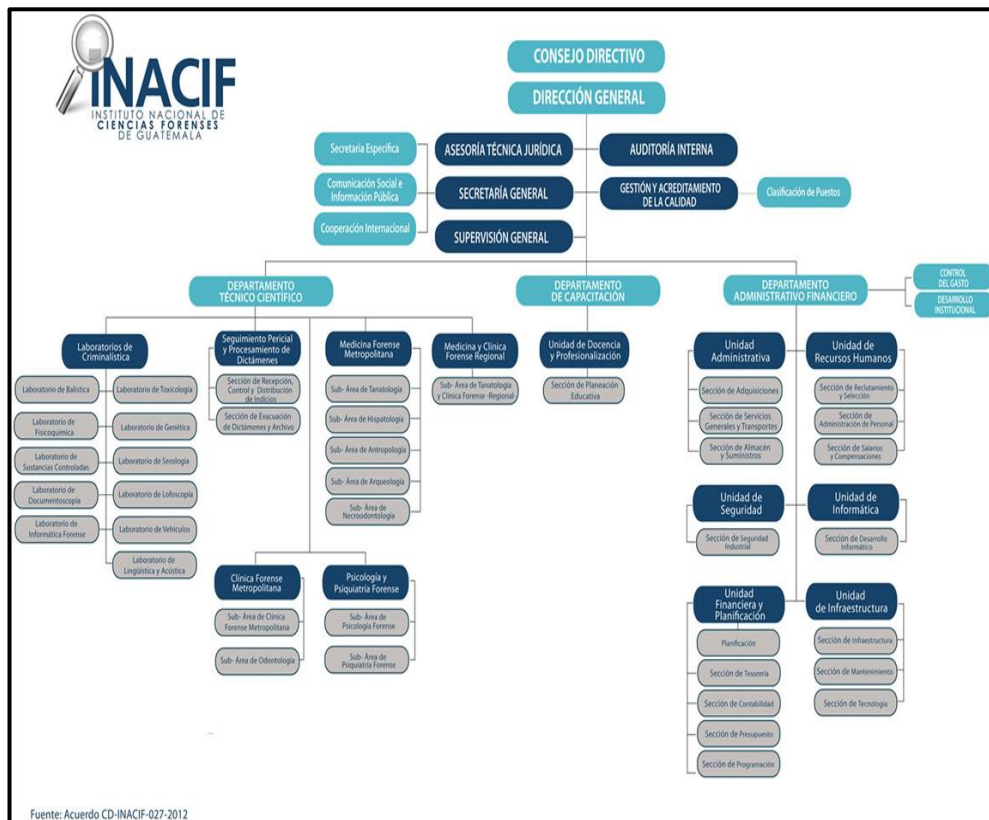
- El Presidente de la Corte Suprema de Justicia.
- El Ministro de Gobernación.
- El Fiscal General de la República.
- El Director del Instituto de la Defensa Pública Penal.
- El Presidente de la Junta Directiva del Colegio de Médicos y Cirujanos de Guatemala.
- El Presidente de la Junta Directiva del Colegio de Químicos y Farmacéuticos de Guatemala.

- El Presidente del Colegio de Abogados y Notarios de Guatemala.

1.2.4.1. Organigrama

A continuación, se presenta el organigrama institucional actual del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala:

Figura 2. Organigrama institucional del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala



Fuente: Acuerdo CD-INACIF-027-2012

Fuente: Organigrama.

http://www.inacif.gob.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=8

8. Consulta: 5 de mayo de 2017.

1.2.4.2. Descripción de puestos

A continuación, se describen las funciones de cada dependencia y departamento de la estructura organizacional del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala.

1.2.4.2.1. Consejo Directivo

- Aprobar las políticas, estrategias y líneas de acción del Inacif.
- Aprobar el plan anual de trabajo de la institución, presentado a su consideración por la Dirección General del Inacif.
- Nombrar y remover al Director General, siempre y cuando exista justa causa, así como al Auditor Interno de la entidad.
- Promover la necesaria coordinación dentro del ámbito de sus atribuciones con el Organismo Judicial, Ministerio de Gobernación, Ministerio Público, Instituto de la Defensa Pública Penal y demás instituciones relacionadas con su competencia.
- Aprobar a propuesta de la Dirección General, el proyecto de presupuesto anual de ingresos y egresos del Inacif; y sus modificaciones.
- Aprobar, a propuesta de la Dirección General, los reglamentos, normas técnicas, protocolos, manuales, instructivos y demás instrumentos necesarios para el cumplimiento de sus atribuciones.

- Resolver las impugnaciones presentadas en contra de sanciones disciplinarias impuestas por la Dirección General.
- Convocar a concursos públicos de oposición para contratación de personal, con base en las normas y procedimientos establecidos en los reglamentos.
- Aprobar, previo a su suscripción, la celebración de convenios con instituciones públicas o privadas, nacionales e internacionales en materia de su competencia.

1.2.4.2.2. Dirección General

- Cumplir y hacer que se cumplan los objetivos y obligaciones del Inacif; así como la observancia de las leyes y reglamentos, y el cumplimiento efectivo de las resoluciones del Consejo Directivo.
- Asistir a las sesiones del Consejo Directivo, con voz, pero sin voto.
- Organizar las dependencias del Inacif, proponiendo al Consejo Directivo las modificaciones que considere pertinentes; así como el trabajo del mismo, con base en las disposiciones de la presente Ley y su reglamento.
- Nombrar, trasladar, remover y conceder o no licencias al personal del Inacif, de conformidad con las leyes y reglamentos aplicables.

- Proponer al Consejo Directivo el plan anual de trabajo y el anteproyecto de presupuesto anual de ingresos y egresos del Instituto y una vez aprobado, remitirlo al Organismo Ejecutivo para que se incluya en el presupuesto correspondiente.
- Imponer las sanciones disciplinarias que correspondan de conformidad con el reglamento respectivo.
- Promover la elaboración de reglamentos, manuales, instructivos y demás instrumentos de trabajo y someterlos a la aprobación del Consejo Directivo.
- Conocer de las impugnaciones que se presenten y que sean de su competencia, así como de los impedimentos, excusas y recusaciones que se interpongan contra peritos, en los casos previstos en la presente ley.
- Suscribir los convenios y acuerdos de cooperación técnica, financiera y académica con entidades nacionales o internacionales, públicas o privadas para fortalecer y modernizar permanentemente sus operaciones, previamente aprobados por el Consejo Directivo.
- Impartir instrucciones y órdenes generales para el estricto cumplimiento de las atribuciones del Inacif, relativas a asuntos o materias específicas; así como implementar y supervisar la aplicación permanente de los estándares internacionales vigentes en materia forense y la actualización de manuales y protocolos.

- Proponer al Consejo Directivo la división territorial idónea para la determinación de subsedes regionales, departamentales o municipales para hacer más eficiente y efectiva las operaciones y actividades que son de su competencia en toda la república y la creación o supresión de oficinas y plazas y transferencias de partidas presupuestarias.
- Ordenar la publicación de la memoria de labores del Inacif debidamente aprobada por el Consejo Directivo.
- Las demás atribuciones que le sean inherentes y las estipuladas en la presente ley.

1.2.4.2.3. Gestión y Acreditamiento de la Calidad

- Planificar, implementar y evaluar el sistema de gestión de calidad del Inacif, informando a la Dirección General de sus resultados.
- Liderar la organización hacia la mejora del desempeño.
- Desarrollar, mantener y actualizar el manual de calidad del Inacif.
- Promover que el personal conozca y practique la política de calidad establecida.

- Monitorear las prácticas y los procedimientos para verificar que los mismos se ajusten a lo establecido, procurando que se realicen las acciones correctivas y preventivas que fueren necesarias, dándoles seguimiento.
- Mantener y gestionar un control de documentos y registros.
- Gestionar y realizar auditorías internas sobre el sistema de gestión de calidad del Inacif.
- Documentar, implementar y evaluar procedimientos estándar de operación y formularios de trabajo, previa validación de metodologías de trabajo.
- Las demás atribuciones que le sean asignadas.

1.2.4.2.4. Auditoría Interna

- Analizar información del sistema de contabilidad integrado SICOIN.
- Revisar y evaluar la ejecución presupuestaria del Inacif, velando porque se cumpla con las disposiciones legales vigentes y formulando las recomendaciones que cada caso amerite.
- Organizar, dirigir y controlar las actividades de la unidad con estricto apego a las normas de auditoría interna gubernamental y disposiciones emitidas por el sistema de auditoría; además de las normas jurídicas vigentes.

- Ejecutar auditorías que comprendan revisión y evaluación del control interno, auditorías funcionales, financieras, de gestión y operativas, evaluando los resultados de las pruebas y procedimientos de auditoría.
- Evaluar la eficiencia del ambiente en la estructura del sistema de control interno, implementado por la administración y los efectos en los resultados de sus operaciones.
- Las demás atribuciones que le sean asignadas.

1.2.4.2.5. Secretaría General

- Preparar los acuerdos, instrucciones, órdenes generales y demás documentación oficial procedentes de la Dirección General.
- Levantar y autorizar actas administrativas en las que se haga constar hechos y actos que competan al Inacif.
- Extender certificaciones de los acuerdos emanados de Dirección y de los actos administrativos del instituto.
- Coadyuvar con la Dirección General para preparar los documentos e informes jurídicos que los miembros del consejo requieran para conocer y discutir los asuntos de su competencia; así como, levantar el acta de las sesiones y redactar el acta final con las correcciones que se le hicieran.

- Cuidar de la conservación, recopilación, registro y archivo de las actas, acuerdos de dirección y resoluciones de la Dirección General; así como, de la correspondencia oficial remitida o recibida por esta.
- Con visto bueno de la superioridad, girar instrucciones generales de coordinación para metodologías internas de trabajo.
- Colaborar con la dirección en la atención de las personas que requieren audiencia con la Dirección General.
- Las demás atribuciones que se le asignen.

1.2.4.2.6. Asesoría Técnica Jurídica

- Emitir informes y dictámenes técnico-jurídicos de los asuntos que sean sometidos a consideración por el Consejo Directivo y la Dirección General, realizando las recomendaciones procedentes.
- Emitir oficios sobre consultas jurídicas solicitadas por otras dependencias del Inacif.
- Revisar, cotejar y dar visto bueno al contenido de los contratos, previo a ser celebrados entre el Inacif con sus empleados o contratistas.

- Realizar los proyectos de acuerdos, reglamentos, manuales, convocatorias, bases de concursos y otros documentos que el Consejo Directivo y la Dirección General le encomienden, conforme a sus instrucciones y en coordinación con las otras unidades o departamentos competentes, cuando proceda.
- Preparar oficios y los memoriales de toda naturaleza para evacuar las audiencias que les sean conferidas al Inacif o para promover, proseguir, contestar y terminar los procesos de toda naturaleza en que el Instituto sea parte.
- Elaborar actas administrativas en las que se haga constar hechos y actos que competan al Inacif.
- Preparar, en coordinación con las dependencias competentes, la normativa en materia de recursos humanos a regir en el Inacif.
- Las demás atribuciones que le sean asignadas.

1.2.4.2.7. Supervisión

- Elaborar el programa anual de actividades de su unidad, planificando las actividades a desarrollar en el proceso de supervisión de las distintas áreas del Inacif.
- Realizar las actividades de coordinación y asesoría, a fin de cumplir con las disposiciones emitidas de las Dirección General, colaborando con las demás unidades para corregir los errores descubiertos a través de la supervisión.

- Aplicar la normativa y lineamientos de los procedimientos de investigación establecidos, para determinar posibles causales que den lugar a sanción.
- Supervisar que se cumpla en tiempo y forma el programa de actividades autorizado para cada área.
- Hacer análisis a normativas y elaborar propuestas con base en instrucciones de la Dirección General y emitir opinión a requerimiento de la Dirección General.
- Elaborar y entregar el informe de sus actividades a la Dirección General.
- Las demás atribuciones que le sean asignadas.

1.2.4.2.8. Cooperación Internacional

- Planificar, organizar, programar y desarrollar los eventos y actividades de su competencia, elaborando y controlando sus respectivos presupuestos.
- Visitar a organismos internacionales para obtener cooperación técnica, realizar formatos para peticiones a estos y participar en reuniones con sus representantes, manteniendo las relaciones públicas y comunicaciones del caso.

- Elaborar proyectos de convenios de cooperación y dar seguimiento a los programas y proyectos en ejecución.
- Evaluar propuestas y currículum de personal extranjero y nacional para ser contratado por organismos internacionales.
- Invitar al personal del Inacif para las capacitaciones a nivel interno e internacional.
- Las demás atribuciones que le sean asignadas.

1.2.4.2.9. Departamento Técnico Científico

- Sustituir al Director General por ausencia temporal o definitiva por enfermedad o accidente, por licencia o permiso o por suspensión temporal.
- Participar en reuniones de trabajo con el Director General para definir políticas y estrategias que contribuyan al eficiente y eficaz funcionamiento del departamento a su cargo.
- Velar por el cumplimiento de estándares de calidad en cada una de las unidades a cargo.
- Asesorar al personal médico-investigador en la ejecución de actividades de recopilación, manejo y análisis de las evidencias encontradas, así como en su preparación para su presentación en los casos que lleguen a juicio oral.

- Coordinar con las unidades del departamento los procesos de comunicación relacionados con las actividades ejecutadas y que se proyectan realizar.
- Presentar informes periódicos al Director General y Consejo Directivo, sobre las actividades técnico-administrativas realizadas, así como sobre el personal a su cargo, cuando le sean solicitados.
- Coordinar la realización de estudios anatómicos, odontológicos, patológicos, histológicos, antropológicos, entomológicos y otros estudios científicos relacionados con la víctima de un hecho delictivo para coadyuvar a su esclarecimiento.
- Velar porque se provea de los materiales y equipo para el buen funcionamiento de las unidades del departamento.
- Coordinar con el Departamento de Capacitación del Inacif, la ejecución de programas de actualización académica para optimizar el rendimiento del personal de las diferentes unidades y secciones a su cargo.
- Prestar asesoría al personal de los distintos departamentos y unidades del Inacif, en asuntos relacionados con los servicios periciales ofrecidos.
- Coordinar con los jefes de las unidades del departamento las actividades científicas interinstitucionales.

- Mantener actualizados los datos estadísticos de las actividades de las unidades a su cargo.
- Identificar oportunidades de mejora en cada una de las unidades que integran el departamento.
- Las demás atribuciones que se le asignen.

1.2.4.2.10. Unidad de Medicina Forense

- Coordinar las funciones administrativas y operativas con los coordinadores regionales para establecer políticas a nivel nacional; así como, las funciones de las áreas de Patología Forense (Morgue Central) y Clínica Forense.
- Actualizar y organizar los roles de turno y jornadas laborales de las morgues del país.
- Coordinar actualizaciones académicas, las reuniones regionales y las supervisiones de las sedes departamentales.
- Apoyar y coordinar con la unidad de Cooperación Internacional los seminarios, conferencias y congresos dentro de los programas de educación médico legal continuos, en el cual participen los médicos forenses del área clínica y de morgue.
- Coordinar intercambios académicos con otros servicios de medicina forense de otros países.

- Atender a los requerimientos de insumos, bienes y literatura científica y demás necesidades de las sedes departamentales y realizar la gestión administrativa correspondiente, proveyendo para su traslado.
- Mejorar, actualizar y coordinar con otras unidades Inacif los medios de comunicación y sistemas de cómputo para la elaboración de protocolos e informes médico-legales, proveyendo la uniformidad del trabajo a nivel nacional en la elaboración de informes médico-legales.
- Implementar discusiones de casos médico-legales a nivel local, departamental y regional en el país.
- Apoyar a la infraestructura de los lugares actuales de trabajo.
- Llevar un adecuado control estadístico a nivel nacional de los casos atendidos en morgues y clínicas.
- Elaborar las funciones propias o específicas del personal médico, técnicos de necropsias y demás personal a su cargo.
- Actualizar los protocolos médicos de atención de pacientes en clínica y autopsias.
- Buscar el apoyo nacional e internacional para la unidad.
- Apoyar la capacitación constante del personal.

- Asistir a reuniones con Dirección General y Secretaría General.
- Las demás atribuciones que le sean asignadas.

1.2.4.2.11. Unidad de Laboratorios de Criminalística

- Controlar las actividades de las secciones que integran el Laboratorio de Criminalística.
- Verificar que todos los procesos que se realizan en las diferentes secciones del laboratorio se lleven a cabo de acuerdo a los protocolos y procedimientos establecidos en cada caso.
- Dar los lineamientos sobre procesos adecuados para el funcionamiento de la unidad.
- Controlar las actividades de las secciones que integran el Laboratorio de Criminalística.
- Planificar y aprobar solicitudes de compra.
- Aprobar comisiones y pago de viáticos, verificando su salida.
- Supervisar el trabajo de todo el personal del laboratorio, informando a su superior sobre lo relacionado con el manejo de la unidad.

- Atender consultas directas de fiscales, jueces y funcionarios superiores del Inacif.
- Coordinar con los fiscales el envío de muestras para el análisis de ácido desoxirribonucleico (ADN) y preparar envíos.
- Asistir a reuniones de coordinación en la Dirección General o cualquier otra oficina que requiera su participación.
- Las demás atribuciones que le sean asignadas.

1.2.4.2.12. Unidad de Seguimiento Pericial

- Llevar a cabo registro y seguimiento de las solicitudes desde que ingresan a la Sección de Recepción, Control y Distribución de Indicios hasta que los expedientes sean archivados completos para futuras consultas.
- Velar por el cumplimiento de los mecanismos que aseguren la cadena de custodia de los indicios que son analizados en el Inacif.
- Coordinar con las diferentes instituciones oficiales para la agilización de las prácticas periciales correspondientes, solicitando el envío de los indicios no adjuntos a las solicitudes.

- Velar por la creación de la base de datos en coordinación con todas las unidades involucradas.
- Mantener informada a la Dirección General sobre la unidad y asistir a las juntas con esta.
- Integrar las estadísticas del Inacif y presentarlas a la Dirección General.
- Velar por el cumplimiento de los estándares de los dictámenes a través de la Sección de Cotejo.
- Plantear los formularios para llevar a cabo todas las actividades referentes al manejo de indicios y dictámenes en archivo.
- Coordinar el traslado de los indicios que se generan en las morgues del interior del país hacia la Unidad de Laboratorios de Criminalística.
- Coordinar el envío de las armas ya peritadas al Departamento de Control de Armas y Municiones.
- Velar por la creación de los mecanismos para el control de los expedientes que se encuentran en el Archivo General.
- Revisar los documentos enviados a la jefatura para su revisión, como apoyo a la Unidad de Gestión y Acreditamiento de la Calidad.

- Capacitar a los médicos de las morgues sobre el envío de indicios hacia el laboratorio, manejo de indicios, embalaje de los mismos y envío de los expedientes al archivo general.
- Elaborar rol de turnos de la Sección de Recepción, Control y Distribución de Indicios.
- Programar las comisiones al interior.
- Supervisar las secciones que integran la unidad.
- Las demás atribuciones que le sean asignadas.

1.2.4.2.13. Unidad de Gestión y Evacuación de Dictámenes

- Recepción de manuscritos con la información generada a partir de un análisis técnico científico o un estudio médico legal, para ser transcritos a formato de dictamen pericial.
- Registro y control del ingreso de manuscritos.
- Transcripción a un documento terminado.
- Establecimiento de coincidencia entre la información del manuscrito y la contenida en el dictamen.

- Coordinación con el perito para cotejo y firma del dictamen asegurándose de la identidad de la información.
- Evacuación de dictámenes en el menor tiempo posible, con los controles de calidad respectivos.
- Envío y entrega del dictamen a la autoridad solicitante.

1.3. Servicio proporcionado

“El Instituto Nacional de Ciencias Forenses tiene como finalidad principal la prestación del servicio de investigación científica de forma independiente, emitiendo dictámenes técnicos científicos.”³


1.4. Demanda del servicio

La demanda del servicio del laboratorio balístico a nivel nacional es sumamente alta; tomando en cuenta que 8 de cada 10 asesinatos son por arma de fuego y que el laboratorio de balística ubicado en la sede central del Inacif es el único que presta el servicio a todo el país. En el 2014 hubo, según estadísticas del Inacif, 3 987 muertes causadas por arma de fuego.

³ Congreso de la República de Guatemala. *Decreto 32-2006. Ley Orgánica del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala.* p. 15.

Figura 3. **Demanda del servicio balístico**

Año	Homicidios por Arma de Fuego	Lesiones por Arma de Fuego
2008	83.20 %	74.80 %
2009	83.10 %	73.30 %
2010	84 %	70.30 %
2011	82 %	69.70 %
2012	82.2%	65 %



Fuente: IEPADES. *Violencia armada en Guatemala*, año 2013. p. 25.

Otro aspecto que hay que tomar en cuenta es la cantidad de casos que llegan al laboratorio por posesión de armas de fuego, así como casquillos y proyectiles recolectados en escenas por el Ministerio Público.

Solo en el año 2014, en el laboratorio de balística se realizaron alrededor de 8 000 peritajes.

1.5. Oferta del servicio

La oferta del servicio se ha visto afectada debido a los problemas económicos que el país está afrontando en los últimos años.

Actualmente, existen en el laboratorio de balística comparativa un total de 17 peritos para analizar todos los casos referentes a armas de fuego en todo el país. Se tiene un estimado de capacidad de 6 000 análisis en el año.

1.6. Demanda insatisfecha

“Uno de los problemas que venía enfrentando el sistema de justicia en Guatemala era los altos niveles de impunidad: solamente un 2 % de casos de homicidios eran resueltos. Parte del problema era la ausencia de coordinación entre el Ministerio Público y la Policía Nacional Civil. A partir de 2010, el Ministerio Público cambió el enfoque de la investigación de delitos contra la vida, apuntalando el trabajo que se venía realizando con la PNC, dejando de investigar casos de manera individual y empezando a buscar fenómenos y estructuras criminales. Igual se hizo con el delito de extorsiones, para el cual también se creó una unidad especializada. También es de resaltar que se consolida con recursos humanos, financieros y tecnológicos el trabajo del Instituto Nacional de Ciencias Forenses (Inacif), creado en 2007, mejorando el proceso de investigación criminal con las pruebas sistemáticas de balística y ADN. En los últimos años el Ministerio Público ha logrado subir a 25 % el nivel de éxito de los casos sometidos a proceso de investigación.”⁴

⁴ IEPADES. *Disminución de homicidios en Guatemala: una mirada desde la prevención*. p. 32.

Como el mismo Director del Inacif, Jorge Nery Cabrera lo expresó, el Inacif necesita: “más personal, más recursos. Balística, que es una de las secciones más grandes, tiene balística identificativa e IBIS, y la violencia en Guatemala es exponencial y seguimos con los mismos peritos, los mismos 40. Pero recibimos 30 mil indicios entre casquillos, proyectiles y armas que hay que someter a análisis. Y tenemos el mismo espacio físico para ello, la misma bodega para las pruebas, donde ya no caben más. Si el crimen es exponencial, necesitamos aumentar exponencialmente a los peritos.”⁵

1.7. Mercado consumidor del servicio

Los servicios que presta el Instituto Nacional de Ciencias Forenses serán solicitados por:

- Los jueces o tribunales competentes en materia penal.
- Los auxiliares y agentes fiscales del Ministerio Público.
- Los jueces competentes de otras ramas de la administración de justicia.
- El Instituto de la Defensa Pública Penal, la defensa técnica privada y las partes procesales en el ramo penal, por medio del Ministerio Público o el órgano jurisdiccional competente.

⁵ *Crisis Inacif*. www.plazapublica.com.gt. Consulta: 5 de junio de 2017.

- La Policía Nacional Civil en el desarrollo de investigaciones preliminares en casos urgentes, dando cuenta inmediatamente al Ministerio Público quien también deberá recibir el resultado de las mismas para dirigir la investigación correspondiente. Por ningún motivo podrá la Policía Nacional Civil solicitar en forma directa informes o peritajes sobre evidencias obtenidas en allanamientos, aprehensiones, detenciones o secuestros judiciales.
- Las personas o entidades a quienes se les encomiende la investigación en los procedimientos especiales de averiguación.

1.8. Competencia

El servicio de laboratorio balístico forense en Guatemala, únicamente es prestado por el Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala, a quien le son remitidas las órdenes de peritaje correspondientes solicitadas por el Organismo Judicial y Ministerio Público para el esclarecimiento de la verdad a través de este servicio.

2. ESTUDIO TÉCNICO DE INGENIERÍA

2.1. Especificaciones del servicio

La misión del laboratorio balístico es servir como apoyo técnico/científico en hechos delictivos que involucren armas de fuego y otros indicios balísticos y explicar al Ministerio Público, como ente investigador, a los tribunales de justicia y a los investigadores policiales la dinámica balística del hecho criminal.

El laboratorio de balística es el encargado de realizar peritajes propios de balística comparativa e identificativa; específicamente, coteja los indicios ubicados en la escena o en el cuerpo de la víctima con elementos indubitados generados por el arma sospechosa. Puede llegar a determinar con certeza si fueron o no disparados por el artefacto; genera aportes de mucha implicación en investigaciones criminales.

En el laboratorio se analizan todos los indicios relacionados con armas de fuego, casquillos, calibres, cargadores y municiones; generalmente, los indicios son remitidos por parte de diferentes fiscalías, de la capital o de los departamentos, a la sección de balística; también ingresan indicios de las morgues del Instituto Nacional de Ciencias Forenses.

En algunos casos, los criminales esmerilan los números de identificación de las armas; también, hay un procedimiento para recuperar los caracteres borrados. En el laboratorio hay ocho microscopios para comparar las lesiones y microlesiones (estrías o muescas) de dos o más casquillos. Si hay correspondencia de lesiones, si se repite la huella balística en los proyectiles patrones y en los remitidos de la necropsia, se puede asegurar con certeza científica que los proyectiles recolectados en la necropsia fueron disparados con el arma de fuego remitida al laboratorio.

El laboratorio de balística para su funcionamiento se divide en dos áreas:

- Balística identificativa
- Balística informática

2.2. Descripción del proceso de servicio

Para la obtención de las huellas balísticas útiles para cotejos microscópicos, se utiliza la cámara de disparo, en el caso de cartuchos de escopeta, en donde solamente se recuperan los casquillos ya que las postas o perdigones carecen de valor comparativo.

Para el resto de los cartuchos se utiliza el tanque de recuperación de proyectiles, en donde se obtienen las huellas balísticas consistentes en tres casquillos y tres proyectiles. Se obtienen tres para tener más indicios indubitados y realizar un mejor cotejo microscópico.

El proceso de obtención de huellas para armas de fuego que utilizan cartuchos de escopeta es:

- Marcaje del arma de fuego (con marcador eléctrico de vibración)
- Marcaje de los cartuchos
- Ir a la cámara de disparo
- Cargar el arma de fuego
- Montar el arma de fuego
- Realizar los tres disparos
- Recolectar los casquillos del suelo

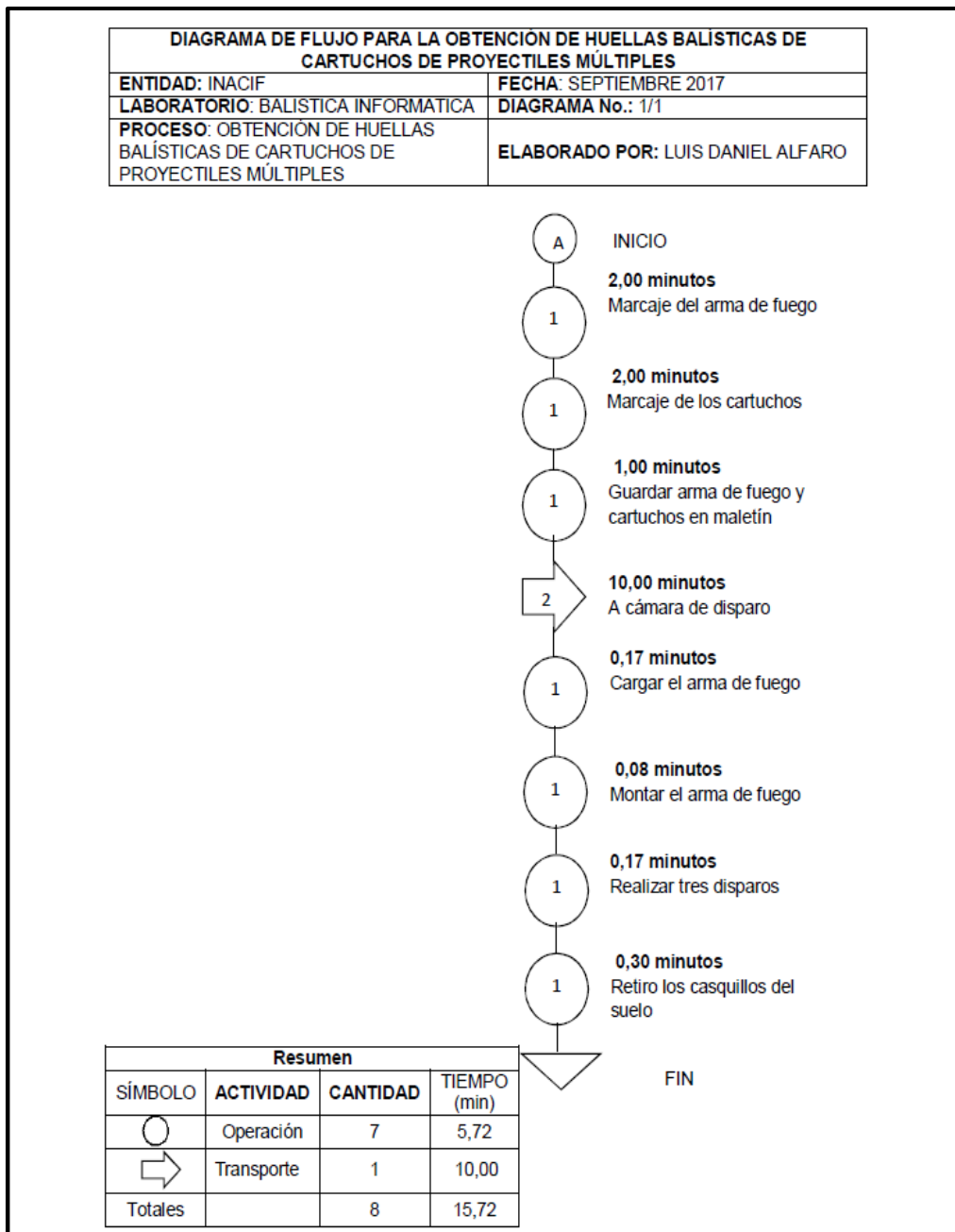
El proceso de obtención de huellas balísticas para armas de fuego que no utilizan cartuchos de escopeta es:

- Marcaje del arma de fuego
- Marcaje de los cartuchos
- Subir a la azotea del edificio para realizar los disparos
- Cargar el arma de fuego
- Montar el arma de fuego
- Realizar los tres disparos
- Recolectar los casquillos del suelo
- Extraer los proyectiles del tanque recuperador

2.3. Diagramas de flujo

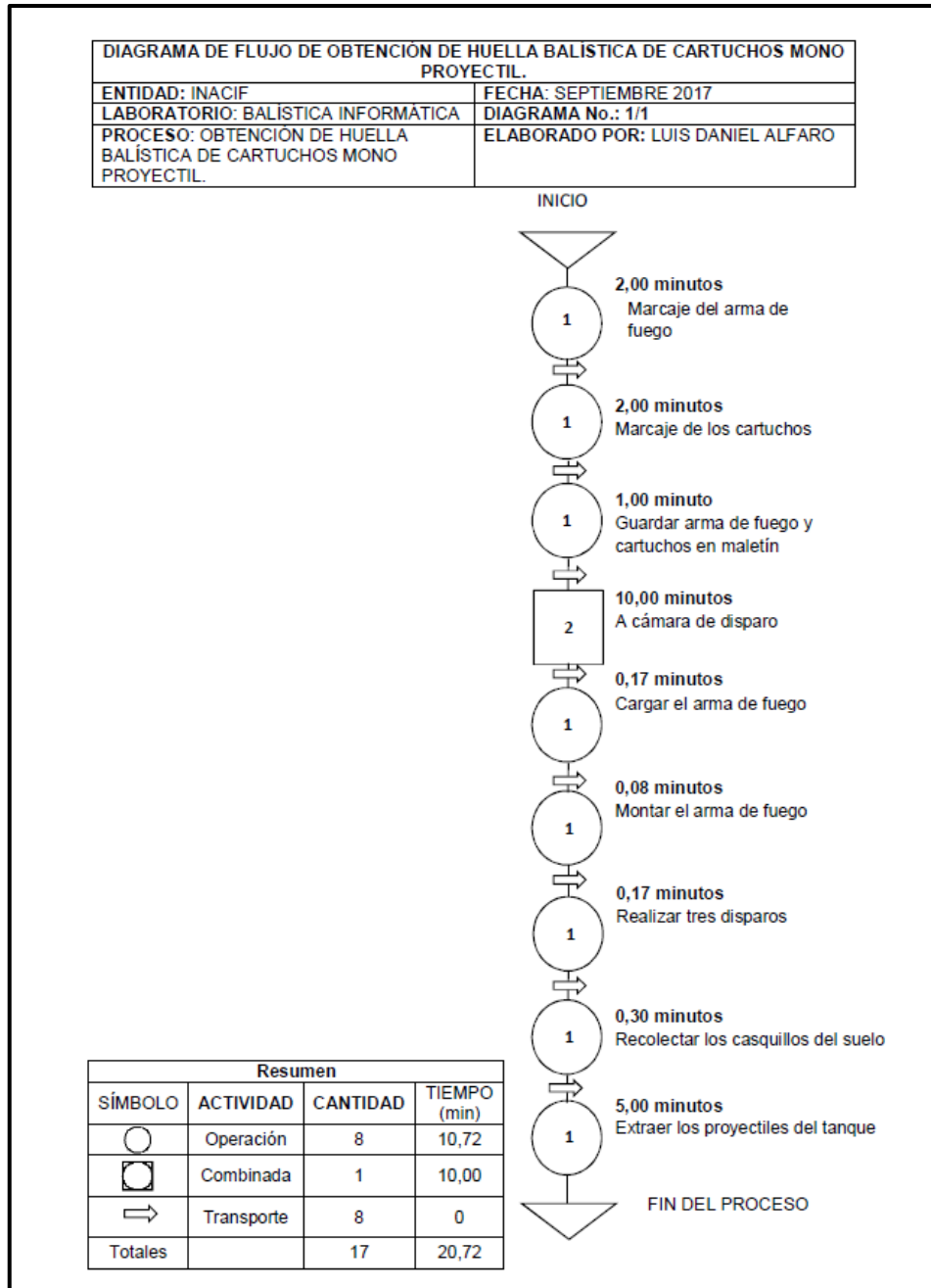
A continuación, se presenta el diagrama de flujo para la obtención de huella balística de cartuchos de proyectiles múltiples.

Figura 4. Diagrama de flujo de obtención de huella balística de cartuchos de proyectiles múltiples



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Diagrama de flujo de obtención de huella balística de cartuchos monoproyectil



Fuente: elaboración propia.

2.4. Opciones para la cámara de disparo

La cámara de disparo con la que actualmente cuenta el Inacif, que utiliza para la obtención de huella balística de cartuchos monoproyectil, está en perfectas condiciones y puede introducirse en el cuarto de disparo a implementar; por lo tanto, se seguirá utilizando. Esta cámara fue renovada en el 2013. Anteriormente su estructura era de madera y ahora es de metal.

Figura 6. **Cámara de disparo actual**



Fuente: elaboración propia.

2.5. Opciones para el tanque recuperador de proyectiles

El tanque recuperador de proyectiles que actualmente es utilizado fue fabricado con láminas de acero inoxidable y una capacidad aproximada de tres mil (3 000) litros de agua, líquido que ofrece ventajas, debido a que representa un medio de densidad mayor a la del aire.

Una vez efectuado el disparo, el proyectil pasa de un medio menos denso (aire) a uno de mayor densidad (agua) lo que origina resistencia y disminuye la velocidad del proyectil.

Para la extracción de los proyectiles se utiliza una canasta del mismo material sujeta a un cable y poleas para levantarla y así tomar los proyectiles; luego, la canasta es introducida nuevamente. El área está acondicionada con todos los mecanismos de seguridad para que los expertos realicen pruebas de disparo a las armas de fuego objeto de análisis.

Es un tanque muy eficiente, pero el inconveniente es que por sus dimensiones no entra en el cuarto de disparo y tiene que ser renovado.

Se recomienda que el tanque recuperador de proyectiles sea renovado, por lo cual en el desarrollo del capítulo siguiente se presentará una cotización formal para tal efecto, el tanque recuperador deberá cumplir estándares de calidad y seguridad industrial para ser instalado en el nuevo cuarto de disparo.

Figura 7. **Tanque recuperador de proyectiles actual**



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Canasta de recuperación de proyectiles actual**



Fuente: elaboración propia.

Dentro de las nuevas tecnologías, la más apropiada para el laboratorio de balística es la cámara recuperadora de proyectiles RDX.

La cámara es fabricada en módulos cilíndricos de acero inoxidable, que se ensamblan mediante bridas que se unen por tornillería, interponiendo entre cada módulo un empaque de polímero de alta densidad que produce un sello hermético, lo que evita que la presión de cada disparo de arma de fuego provoque fugas de líquido. Una vez ensamblados los módulos y la tubería, la longitud de la cámara es de apenas 1,90 metros, con un ancho de 55 cm, lo que también permite el mantenimiento y transporte del equipo más fácil y eficiente.

El sistema principal para la recuperación de las balas testigo está conformado por un gel balístico de formulación especial, con un específico grado de viscosidad, que en su estado inerte se comporta como un simple fluido, pero que al mantenerlo en constante movimiento y con rápida agitación, por los efectos que produce la inyección y succión de la bomba hidráulica autoaspirante, con filtro de canasta, que genera un efecto de turbina hacia el interior de la cámara, provoca que el gel se comporte como un sólido elástico, que incrementa sustancialmente su viscosidad, por lo que ofrece mayor resistencia al paso de los proyectiles, de tal forma que los detiene en una menor distancia y sin producirles trazas ajenas al rayado particular del cañón del arma de fuego.

Pues el gel, por su particular composición molecular, envuelve y tiende a capturar a las balas como si fuera una red tridimensional que se forma por las partículas en suspensión de agua que evitan una abrasión sustancial sobre la estructura de los proyectiles.

La recuperación de las balas testigo realmente resulta extraordinariamente rápida, cuyo tiempo estimado es de 1 segundo para cada bala testigo; esto es desde el momento cuando se dispara el arma de fuego hasta que el proyectil queda depositado en la canasta recuperadora. Este proceso es realmente eficaz comparado con los otros equipos con la misma aplicación.

De tal manera que esta cámara, por ser automatizada, resulta mucho más eficiente para el laboratorio de balística del Inacif, puesto que se presentan gran cantidad de armas de fuego que deben ser sujetas a estudios forenses, cuya situación en Guatemala actualmente resulta bastante común. Por lo tanto, el beneficio también se obtiene con la agilización de las actividades de los peritos forenses.

Otro de los beneficios de la cámara, corresponde al diseño ergonómico, compacto y versátil del equipo en su conjunto. Puesto que ocupa apenas una superficie de 1,5 metros cuadrados, con una altura no mayor a 1,50 metros, con un peso aproximado de 450 kilogramos, incluyendo la cantidad de 260 litros de gel balístico. Además, por encontrarse montada sobre un carro con rodamientos industriales, permite que la cámara se desplace en giros hasta de 360° en distancias cortas, que la convierten en un equipo versátil, fácil de instalar, maniobrar, mover, trasladar, desarmar y proveerlo de mantenimiento.

Figura 9. Tipos de tanques recuperadores de proyectiles



Fuente: *Medios tecnológicos inteligentes*. <http://mti.mx/productos/camara-de-recuperacion-de-proyectiles/>. Consulta: 15 de marzo de 2017.

2.6. Estudios del cuarto de disparo

A continuación, se presentan las condiciones mínimas de funcionamiento que debe presentar el cuarto de disparo para la recuperación de proyectiles propuestos para el laboratorio del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala.

2.6.1. Iluminación

Para el cálculo de la iluminación se utilizará el método de los lúmenes y se deben conocer las dimensiones del cuarto de disparo.

- h (altura) = 2,30 metros
- a (ancho) = 3 metros
- b (largo) = 8 metros

La altura de las lámparas será la más alta posible debido a que el cuarto de disparo es de una altura normal.

Se Calculará el coeficiente $K = (a \times b) / ((h \times (a + b)))$; se utilizará esta fórmula por ser iluminación directa.

Para determinar el coeficiente de reflexión se utilizará la siguiente tabla:

Tabla I. **Coeficiente de reflexión**

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0,7
	claro	0,5
	medio	0,3
Paredes	claro	0,5
	medio	0,3
	oscuro	0,1
Suelo	claro	0,3
	oscuro	0,1

Fuente: *Coeficiente de reflexión*. <https://es.slideshare.net/CarlosMartin3/vision-e-iluminacion>. Consulta: 19 de marzo de 2017.

El cuarto de disparo tiene un techo claro (0,5), pared medio (0,3) y suelo oscuro (0,1).

Figura 10. Cálculo para el número de luminarias

1.00 Índice de local (k)
 A partir de la geometría del local, según método europeo

$$k = \frac{L \cdot a}{h(l + a)}$$

k= 1.00
 k= 1.00
 k, es un número comprendido entre 1 y 10

2.00 Coeficientes de reflexión
 De la **Tabla 2**

Techo= 0.50
 Pared= 0.30
 Suelo= 0.10

3.00 Factor de utilización
 De la **Tabla 3**

n= 0.22

4.00 Factor de mantenimiento
 De la **Tabla 4**

fm 0.80

5.00 Superficie de trabajo
 S= 24.00 m²

6.00 Flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{n \cdot fm}$$

Φ_T = 40909 lux

7.00 Flujo luminoso local
 Del tipo de luminaria

Φ_L = 2520.00 lux

7.00 Número de luminarias Cálculo del número de luminarias.

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} \quad \text{redondeado por exceso}$$

N= 9 und requeridas
 N= 10 und a usar
 N ancho= 2 @ 1.50 m
 N largo= 5 @ 1.60 m

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

El cuarto de disparo contará con 8 tubos de luz fluorescente de 32 watts, distribuidos en 4 lámparas con 2 tubos cada una. El factor de carga de enfriamiento para el alumbrado es FCE y será de 1.

2.6.2. Ruido

Según el artículo 182 del *Reglamento de salud y seguridad ocupacional, Acuerdo Gubernativo 229-2014* que se cita textualmente: “Se consideran lugares de trabajos ruidosos aquellos que empleen para el desarrollo de su actividad, fuentes generadores de ruidos, ya sean continuos cuyos niveles de presión sonora sean superiores a los ochenta y cinco decibeles (85 dB) (A) o de pico superiores a los noventa decibeles (90 dB) ciento cuarenta dB (C).”⁶

Por lo cual el nuevo cuarto de disparo para el laboratorio de balística del Inacif, se considera un lugar ruidoso, ya que dentro de él se alcanzarán los 125 decibeles por la detonación de las diversas armas de fuego.

Se debe tomar en cuenta que para el oído humano; ruidos arriba de los 140 decibeles producen daños irreversibles, es decir, sordera. Para tener una idea del tipo de ruido al que los peritos se someten en estos cuartos, los peritos que trabajen en estos ambientes deberán contar con el equipo de protección auditiva respectiva y el jefe de laboratorio de balística deberá considerar el tiempo de exposición a este ruido según el Acuerdo Gubernativo 229-2014 vigente.

⁶ Congreso de la República de Guatemala. *Acuerdo Gubernativo 229-2014. Reglamento de salud y seguridad ocupacional.* p. 50.

Tabla II. **Tiempo de exposición por día**

NPSeg (dB (A) lento)	Tiempo de exposición por día		
	Horas	Minutos	Segundos
85	8,00		
86	6,35		
87	5,04		
88	4,00		
89	3,17		
90	2,52		
91	2,00		
92	1,59		
93	1,26		
94	1,00		
95		47,40	
96		37,80	
97		30,00	
98		23,80	
99		18,90	
100		15,00	
101		11,90	
102		09,40	
103		07,50	
104		05,90	
105		04,70	
106		03,75	
107		02,97	
108		02,36	
109		01,88	
110		01,49	
111		01,18	
112			56,40
113			44,64
114			35,43
115			29,12
118			14,06
121			07,03
124			03,52
127			01,76
130			00,88
133			00,44
136			00,22
139			00,11
140			00,05

Fuente: Congreso de la República de Guatemala. *Acuerdo Gubernativo 229-2014. Reglamento de salud y seguridad ocupacional. p. 50.*

El diseño del nuevo cuarto de disparo deberá contemplar una intensidad de sonido máxima de 125 decibeles.

2.6.3. Ventilación

Según el artículo 169 del *Reglamento de salud y seguridad ocupacional, Acuerdo Gubernativo 229-2014* que se cita textualmente: “Todos los locales de trabajo deben contar con un sistema de ventilación que asegure la renovación del aire en relación con la calidad del perfil laboral y mantenga la temperatura en niveles tales que no resulte molesta o perjudicial para la salud de los trabajadores, si el proceso lo amerita.

Es prioridad implementar el funcionamiento de un sistema que permita acondicionar el aire de tal modo que regule la temperatura, la ventilación y circulación del aire. Para que la ventilación sea suficiente debe ser mayor o igual a 50 m³ por hora y por trabajador; este debe ser calculado estimando una renovación de cuatro (4) a ocho (8) veces por hora, en ambientes de oficina. La velocidad de circulación del aire para ambientes confortables debe prevalecer en 0,2 metro por segundo pero en ambientes calurosos debe situarse entre 0,5 y 1 metro por segundo.

En ningún caso el anhídrido carbónico o ambiental podrá sobrepasar la porción de 50/10,000 y el monóxido de carbono de 1/10,000.

Se prohíbe emplear braseros o sistemas de calor por fuego libre, salvo a intemperie y siempre que no impliquen riesgos de incendios o explosión.”⁷

⁷ Op. Cit. p. 46.

La ventilación del cuarto de disparo puede lograrse con cualquier combinación de medios de admisión y escape. Los sistemas empleados pueden comprender operaciones parciales de calentamiento, control de humedad, filtrado o purificación y en algunos casos, enfriamiento por evaporación.

Las necesidades higiénicas del aire consisten en el mantenimiento de unas condiciones definidas y en el aprovechamiento del aire libre. Para asegurar el bienestar de los trabajadores, las condiciones del aire respirable deben ajustarse al tipo de trabajo a efectuar: ligero, medianamente pesado y pesado.

Debe entenderse siempre que la ventilación es sinónimo de renovación o reposición de aire sucio o contaminado por aire limpio, por ejemplo, un sistema de climatización con una recirculación del aire al 100 % no puede considerarse como un sistema de ventilación.

Para medir o especificar la ventilación de un recinto hay que indicar el volumen de aire que se renueva en la unidad de tiempo en m^3/s , m^3/h o l/s . Lo más común es referir el volumen de aire que se renueva por ocupante y unidad de tiempo (cociente entre el caudal y el número de ocupantes del local) o por unidad de superficie y unidad de tiempo (cociente entre el caudal y los metros cuadrados de superficie del local).

Cada vez que se abren las puertas del cuarto de disparo se tiene lugar a la infiltración de aire desde el exterior. La entalpía de este aire es mayor que la del espacio del cuarto de disparo.

La diferencia entre la entalpía del aire que entra con la del cuarto de disparo representa una carga de calor que es preciso remover mediante el equipo de refrigeración. Esta carga incluye calor sensible del aire filtrado y el calor latente de condensación del vapor de agua presente en el aire.

Con base en el artículo 174 del *Reglamento de salud y seguridad ocupacional, Acuerdo Gubernativo 229-2014*, se procede a realizar el cálculo de temperatura y humedad relativa óptima para el cuarto de disparo cuyo diseño interior deberá ser de una temperatura de 22,5 °C equivalente a 72,5 °F.

Con estos datos se encuentra el calor removido; este valor es igual a 2,00 BTU / ft³ (ver tabla III, temperatura del cuarto de almacenamiento a 72,5 °F y humedad relativa de 60 %); para aplicar la siguiente ecuación consultada en el libro *Acondicionamiento de aire: principios y sistemas: un enfoque energético* de Edward Pita.

- Q ventilación = (volumen interno) (cambio de aire promedio, ver tabla III) (calor removido).
- Q ventilación = (2 120,21 Pie³) (9,3 recambios) (2,00 BTU / ft³) =
- Q ventilación = 39 435,95 BTU h equivalente a 3,25 tonelada de refrigeración.

Tabla III. Promedios de cambios de aire por 24 horas

Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 h	Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 h	Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 h	Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 h
200	33.5	800	15.3	5000	5.6	25,000	2.3
250	29.0	1000	13.5	6000	5.0	30,000	2.1
300	26.2	1500	11.0	8000	4.3	40,000	1.8
400	22.5	2000	9.3	10,000	3.8	50,000	1.6
500	20.0	3000	7.4	15,000	3.0	75,000	1.3
600	18.0	4000	6.3	20,000	2.6	100,000	1.1
						150,000	0.88 ^{a,c}
						200,000	.77

^a Para uso intenso, se multiplican los valores anteriores por un factor de servicio de 2. Para un período largo de almacenamiento, se multiplican por 0.6.

^b Para uso intenso, se multiplican los valores anteriores por un factor de servicio de 2. Para un período largo de almacenamiento, se multiplican por 0.6. Si hay 2 puertas en la misma pared, se multiplican por 1.25. Para el caso de 2 puertas situadas en paredes opuestas, se multiplican por 2.5, pero no se deben permitir dos puertas abiertas en paredes adyacentes u opuestas.

^c Extrapolado

Cortesía de Durham-Bush, Inc.

Fuente: PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire: principios y sistemas: un enfoque energético*. p. 348.

2.6.4. Seguridad industrial

El laboratorio de balística del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala está consciente del riesgo laboral de operar un cuarto de disparo dentro de sus instalaciones que conlleva una serie de pasos y procedimientos que se implementarán para proveer a sus trabajadores la máxima protección para evitar algún accidente.

Esa es básicamente la función de la seguridad industrial dentro del cuarto de disparo del laboratorio de balística.

Con base en lo anterior, el Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala cumplirá con las leyes en materia de seguridad industrial y ocupacional, por lo tanto, se fundamenta legalmente en *el Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas. Reglamento de salud y seguridad ocupacional*, que regula las condiciones generales de salud y seguridad ocupacional, como deben ejecutar sus labores los trabajadores y peritos del laboratorio de balística con el fin de proteger la vida, la salud y su integridad, en la prestación de sus servicios.

La seguridad industrial es un campo necesario y obligatorio en todo proceso que implique riesgo laboral para el operario o trabajador; en este campo se estudian, aplican y renuevas constantemente los procesos mediante los cuales se minimizan los riesgos en la industria.

Toda industria debe tener la responsabilidad de cumplir con una serie de normas y condiciones que deben prestarle a sus trabajadores con el fin de darles garantía de su seguridad y protección.

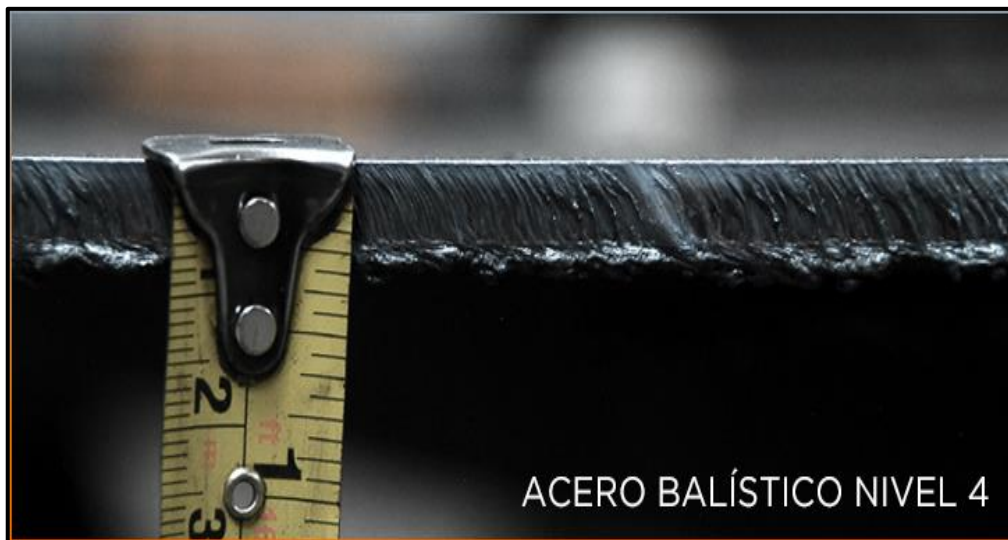
2.6.5. Blindaje

Blindar un cuarto de disparo es dotarlo de materiales resistentes a las balas y equiparlo con accesorios útiles para repeler un disparo; en esta aplicación, en especial, el laboratorio de balística busca implementar un cuarto de disparo que se adapte a los requerimientos de seguridad para realizar las pruebas balísticas sin exponer la vida del perito y sin repercusiones auditivas.

Usualmente, al blindaje en paredes se le incorporan los siguientes elementos:

- Láminas modulares de acero o aluminio galvanizado en el exterior.
- Acústica intermedia con materiales de madera.
- Lámina de blindaje nivel 4 en el área interna.

Figura 11. **Vista de pared con blindaje nivel 4**



Fuente: *Nivel de blindaje*. http://www.blindajes.com.mx/niveles_de_blindaje.html.

Consulta: 4de febrero de 2017.

El nivel 4 de blindaje es el indicado para el cuarto de disparo propuesto y es el más empleado en este tipo de aplicaciones, porque resiste impactos de proyectiles hasta calibre 7,62, disparados por las AK-47, un tipo de arma muy común entre la delincuencia organizada.

La velocidad que alcanzan estas balas es de 710 a 750 metros por segundo.

El blindaje de nivel 4 puede hacerse con acero, fibras sintéticas o una combinación de ambos materiales:

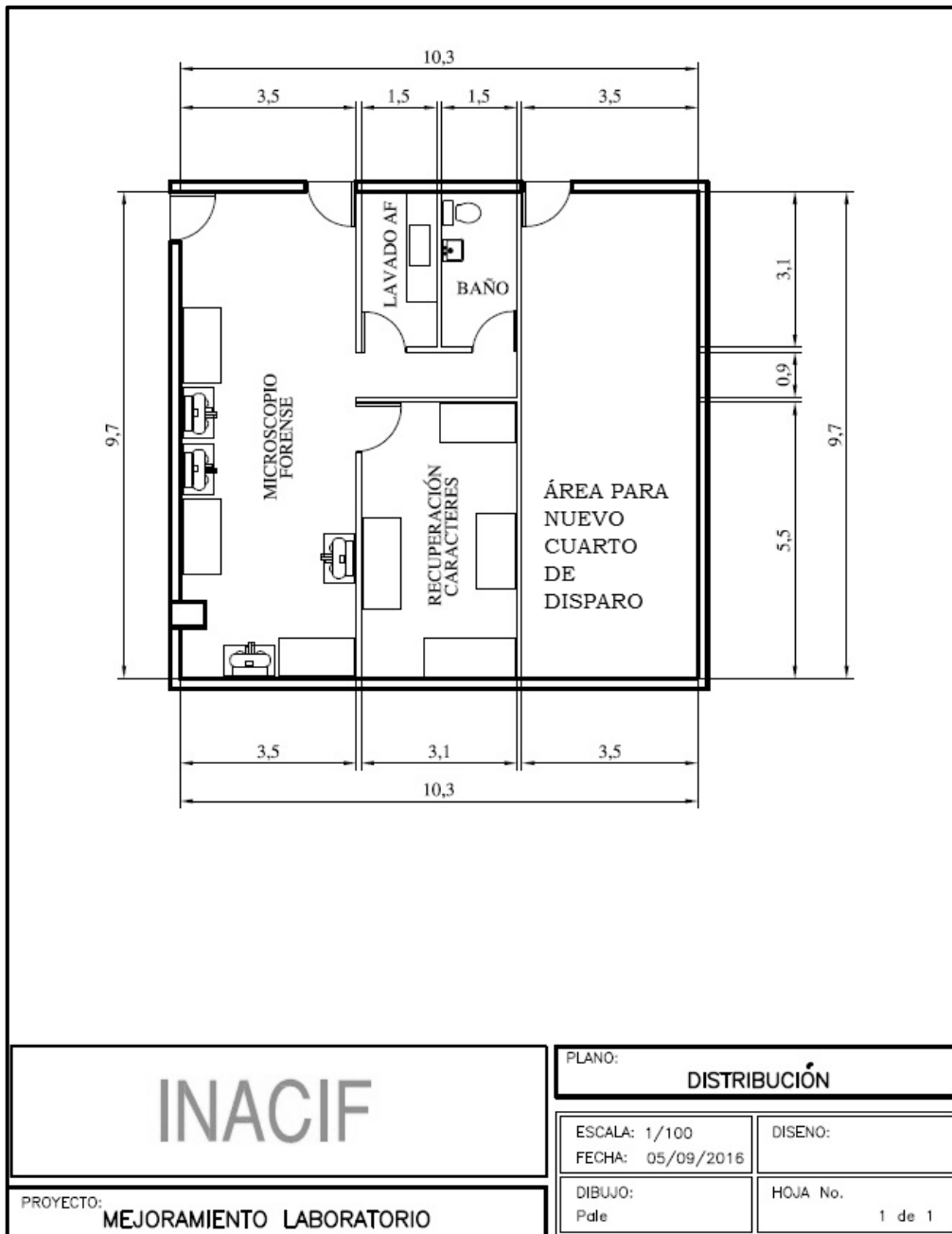
- Fibras aramidas se aplican de 40 a 60 capas del material dependiendo del fabricante; empleando otras fibras aramidas o polímeras se incorpora un blindaje de 19 a 22 mm de espesor.
- Para el caso de acero balístico, se usa el tipo medio, con aleación de manganeso y titanio.
- Una combinación de acero balístico en la pared del cuarto de disparo y fibras sintéticas para el techo. Dado el ángulo que supone hacer un disparo al techo del cuarto, las fibras sintéticas aumentan su resistencia al ser penetradas de manera oblicua.

Cabe señalar que las fibras aramidas tienen una vida útil de hasta 5 años, mientras que la resistencia del acero balístico no tiene caducidad.

2.7. Distribución del cuarto de disparo

A continuación, se presenta el plano de distribución de ambientes del nuevo cuarto de disparo para el laboratorio de balística del Inacif.

Figura 12. **Plano de distribución del nuevo cuarto de disparo**



Fuente: elaboración propia.

Los elementos que se instalarán en el cuarto de disparo del laboratorio de balística serán ubicados e instalados según las especificaciones y datos del fabricante, ya que se pretende poner a salvo la vida de las personas que intervendrán en el proceso de toma de huellas balísticas dentro del cuarto de disparo.

En toda instalación se tienen trayectorias típicas de ruido transmitido y reflejado; se debe diseñar la instalación para la mayor reducción posible, combinando técnicas de blindaje, amortiguación y uso de los materiales más adecuados; por lo cual, se tomarán las sugerencias del fabricante de los equipos a instalar.

2.8. Planes de acción y prevención ante incidentes

Un aspecto muy importante de la seguridad industrial del cuarto de disparo del laboratorio de balística es el uso de estadísticas, permite advertir en que parte de los procesos suelen producirse los accidentes para extremar las precauciones. La innovación tecnológica, el recambio de maquinarias, la capacitación de los trabajadores y los controles habituales son algunas de las actividades vinculadas a la seguridad industrial del cuarto de disparo del laboratorio de balística.

Sin embargo, la seguridad industrial del cuarto de disparo del laboratorio de balística es relativa, ya que a pesar de que el laboratorio de balística ofrezca los más altos estándares de calidad, es imposible determinar cuándo sucederá un accidente; también, es improbable saber si la seguridad que se tenga en ese momento será la adecuada para restringir los efectos del daño causado al operario o trabajador.

Por lo tanto, se dispondrán y desarrollarán planes de acción y prevención de incidentes para el personal a cargo del cuarto de disparo.

2.8.1. Lesiones personales

Las lesiones personales más frecuentes por no contar las medidas de seguridad para realizar las pruebas a las armas de disparo son:

- Lesiones auditivas
- Lesiones en articulaciones
- Lesiones traumatológicas
- Lesiones visuales

El Inacif deberá minimizar y asegurar la seguridad física de los peritos al momento del entrar en funcionamiento el nuevo cuarto de disparo del laboratorio de balística para reducir las lesiones personales por la toma de huellas digitales.

El cuarto de disparo deberá cumplir con estándares altos de calidad en los materiales y equipos, ya que esta actividad conlleva varios riesgos; por lo tanto, se debe proteger al perito con toda la tecnología disponible para salvaguardar su vida y evitar lesiones personales de gravedad.

2.8.2. Medio ambiente

El nuevo cuarto de disparo del laboratorio de balística deberá contar con todas las consideraciones para considerarlo amigable con el medio ambiente, debido a que los equipos para la recolección de huellas balística producen varios agentes contaminantes.

El laboratorio de balística está consiente de promover tecnologías que contaminen menos el medio ambiente, por lo cual se solicitará visitas periódicas al delegado del Ministerio de Medio Ambiente para realizar visitas y recorridos mensuales al cuarto de disparo para recibir recomendaciones acerca del uso de los equipos.

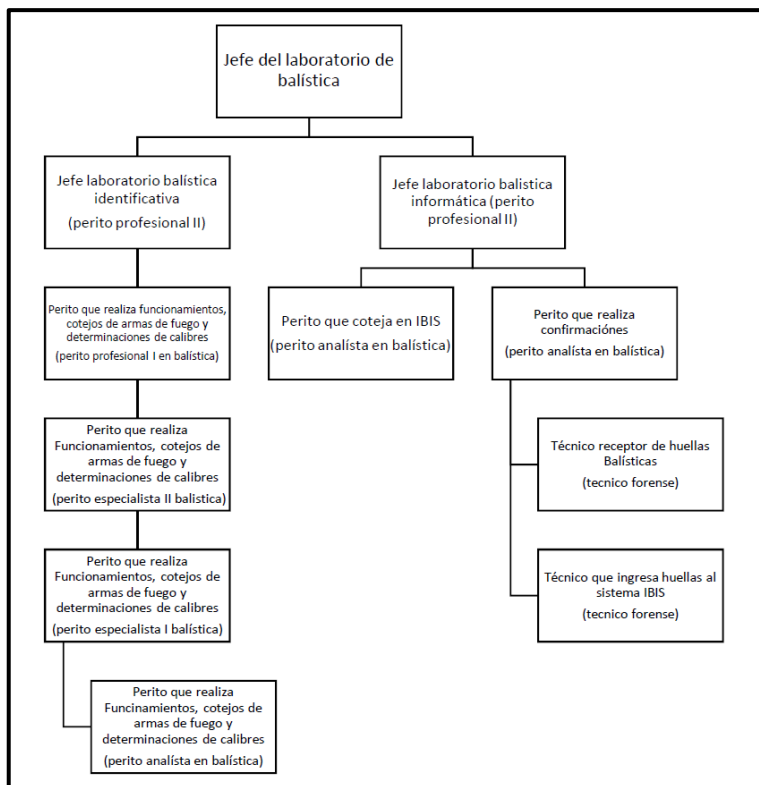
El beneficio directo al medio ambiente es que se utilizará menos energía para desarrollar todas las actividades diarias dentro laboratorio de balística; con esto, se ayuda al medio ambiente a reducir el consumo de petróleo que es el combustible principal de las plantas generadoras de electricidad, lo que beneficia a la población guatemalteca.

3. ESTUDIO ADMINISTRATIVO LEGAL

3.1. Organigrama

A continuación, se presenta el organigrama de puestos propuesto para el manejo del nuevo cuarto de disparo del laboratorio de balística del Inacif. En el inciso 3.2.1 se detallará cada puesto con sus funciones y atribuciones.

Figura 13. Propuesta de organigrama de puestos



Fuente: elaboración propia.

3.2. Planificación de recursos humanos

El departamento de recursos humanos del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala gestionará y proporcionará todo el recurso humano necesario para el buen funcionamiento del nuevo cuarto de disparo; el personal para este nuevo cuarto de disparo se irá incorporando gradualmente hasta llegar a los elementos propuestos en el organigrama presentado en la figura 12.

La capacitación del nuevo personal operativo para el nuevo cuarto de disparo estará a cargo del personal del laboratorio de balística, será impartida en la modalidad presencial, se deberá contar con todo el personal del laboratorio de balística, incluyendo técnicos y peritos en balística; serán capacitados por el Jefe del laboratorio de balística y criminología del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala, quienes impartirán 6 capacitaciones a sus peritos en horario de 8 A.M. a 12 P.M. para describir el funcionamiento, partes principales de los equipos, descripción de los procedimientos de seguridad y funcionamiento del nuevo cuarto de disparo.

Así mismo, se solicitará una capacitación por parte de la empresa que distribuya la nueva cámara de disparo, con el fin de resolver dudas de funcionamiento o algún problema después de implementar el nuevo cuarto de disparo dentro de las instalaciones del laboratorio de balística.

El departamento de recursos humanos del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala apoyará el proceso de selección y reclutamiento del personal idóneo para los nuevos puestos de trabajo.

3.2.1. Funciones de puestos

- Puesto: Jefe del laboratorio de balística
 - Función básica
 - Planificar, organizar, dirigir, coordinar y supervisar las actividades del laboratorio de balística. Así como realizar y supervisar la realización de peritajes de: determinación de calibre, funcionamiento de armas de fuego y comparación microscópica de los casos designados.
 - Funciones específicas
 - Atiende el contenido del reglamento interno de trabajo, reglamento disciplinario y/o cualquier disposición legal que regule a los trabajadores del Inacif.
 - Realiza el 100 % de los peritajes de los casos que le han sido designados, según lo establecido en los protocolos aprobados dentro del sistema de gestión de calidad.

- Realiza el 100 % de los dictámenes de los casos designados cuando corresponda en el formato aprobado según los aspectos de forma y técnicos en relación al tipo de análisis realizado, cuando corresponda.
 - Participa en juicios orales y otras diligencias dentro y fuera de la sede de trabajo donde se encuentra asignado, conforme la naturaleza de sus funciones como perito.
 - Brinda apoyo docente y de asesoría a peritos con menor experiencia para procesos analíticos, uso de equipo, optimización de resultados y seguimiento a lo establecido en los procedimientos aprobados dentro del sistema de gestión de calidad.
- Requerimientos del puesto
 - Título de ingeniero industrial, mecánico industrial o mecánico, licenciado en carrera afín al área.
 - 3 años de experiencia en el ejercicio de la profesión y 5 años en puesto similar.

- Habilidades: criminalística, oratoria forense en debate oral, gestión de dictámenes periciales, normas de seguridad en el laboratorio, uso de programas básicos de computadoras, liderazgo, trabajo en equipo, pensamiento analítico y orientación a resultados.
- Puesto: perito profesional II
 - Función básica
 - Realizar peritajes balísticos para establecer el estado de conservación y funcionamiento de todo tipo de armas de fuego y de las posibles relaciones con evidencias de hechos delictivos.
 - Funciones específicas
 - Asiste a comisiones fuera de sede de trabajo en la que se encuentra asignado, juicios orales y otras diligencias, de acuerdo a designación expresa o necesidades en el servicio.
 - Asiste a reuniones de trabajo, de ser nombrado, para conocer las políticas, planes y estrategias de trabajo en equipo con otras dependencias del Departamento Técnico Científico.

- Atiende casos emergentes, a solicitud de su jefe inmediato, de acuerdo a las necesidades en el servicio en cualquiera de las sedes periciales o áreas del Departamento Técnico Científico del Inacif de la República de Guatemala.
 - Cumple objetivos y obligaciones establecidos a nivel institucional, para su área específica de trabajo y para el cargo en que fue nombrado, así como instrucciones que emanan de su jefe inmediato, Jefatura del Departamento Técnico Científico o Dirección General.
 - Recibe, conforme rol y cumplimiento con la cadena de custodia, las solicitudes e indicios enviadas al área donde se encuentra asignado para el análisis correspondiente.
 - Informa sobre problemática que se presentan durante el desarrollo de las actividades diarias a su jefe inmediato.
- Requerimientos del puesto
 - Título de ingeniero industrial, mecánico industrial o mecánico, licenciado en carrera afín al área.
 - 5 años realizando peritajes balísticos.

- Habilidades: criminalística, metrología, gestión de dictámenes periciales, normas de seguridad en el laboratorio, uso de programas básicos de computadoras, trabajo en equipo, pensamiento analítico y uso de equipo de seguimiento y medición.
- Puesto: perito profesional I en balística.
 - Función básica
 - Apoyar al secretario general en la coordinación, evaluación y trámite de requerimientos del Departamento Técnico Científico.
 - Funciones específicas
 - Atiende directrices e instrucciones del perito que tiene a su cargo la Jefatura del área y/o sede pericial donde se encuentra asignado.
 - Cumple diligencias y comisiones que deban practicarse a solicitud de fiscales, juzgados, tribunales de sentencia y otras entidades en observancia de las leyes vigentes.

- Planifica, organiza y realiza diligencias y comisiones asignadas al equipo de trabajo que tiene a su cargo hacia los diferentes departamentos de la República de Guatemala de acuerdo a instrucción recibida, a solicitud de Tribunales de Sentencia, Jueces de Primera Instancia del Organismo Judicial, Ministerio Público y otros de acuerdo a la ley.
- Requerimientos del puesto
 - Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y Notario.
 - 3 años de experiencia en el ejercicio de la profesión y 5 años en puesto similar.
 - Habilidades: coordinación, organización, supervisión y manejo de personal. Manuales, leyes, reglamentos y normas que rigen a las instituciones gubernamentales.
- Puesto: perito especialista I balística
 - Función básica

- Realizar análisis para establecer el estado de conservación y funcionamiento de armas de fuego y de las posibles relaciones que hay con evidencias de hechos delictivos.
- Funciones específicas
 - Atiende actividades de seguimiento relacionadas con el mantenimiento correctivo y preventivo y administración del seguro de la flotilla de vehículos propiedad del Inacif, a solicitud de su jefe inmediato o por procedimiento establecido; realiza además informes, cuadros estadísticos, resúmenes, etc.; que reflejan el cumplimiento de los objetivos mensuales, semestrales, anuales, etc.
 - Supervisar a solicitud de su jefe inmediato las actividades de algunos miembros del personal de la dependencia donde se encuentra asignado.
 - Reporta problemas que se presentan, derivado de la actividad diaria que realiza en la dependencia donde se encuentra asignado, comunicándolo oportunamente a su jefe inmediato.
- Requerimientos del puesto
 - Título de ingeniero industrial, mecánico industrial o mecánico.

- 2 años realizando peritajes balísticos.
 - Habilidades: criminalística, metrología, gestión de dictámenes periciales, normas de seguridad en el laboratorio, uso de programas básicos de computadoras, trabajo en equipo, pensamiento analítico y uso de equipo de seguimiento y medición.
- Puesto: perito analista en balística
 - Función básica
 - Realizar peritajes balísticos para establecer, entre otros, el estado de conservación y funcionamiento de armas de fuego.
 - Funciones específicas
 - Realiza el 100 % de los peritajes de los casos designados según lo establecido en los protocolos aprobados dentro del sistema de gestión de calidad.
 - Opera el sistema informático de registro de peritajes dispuesto para ese efecto en tiempo real, para mantener actualizada la base de datos correspondiente a los casos asignados.

- Atiende situaciones de emergencia de acuerdo a las necesidades en el servicio que presta la institución.
 - Requerimientos del puesto
 - Título de ingeniero industrial, mecánico industrial o mecánico.
 - 2 años realizando peritajes balísticos.
 - Habilidades: criminalística, metrología, gestión de dictámenes periciales, normas de seguridad en el laboratorio, uso de programas básicos de computadoras, trabajo en equipo, pensamiento analítico y uso de equipo de seguimiento y medición.
- Puesto: técnico forense
 - Función básica
 - Brindar apoyo técnico a los profesionales designados para la realización de peritajes médico-legales (procesos de necropsia/exhumaciones), en la dependencia donde se encuentre asignado.
 - Funciones específicas

- Ejecuta las actividades establecidas en los protocolos de trabajo y/o instrumentos administrativos incorporados al sistema de gestión de calidad, proponiendo mejoras, modificaciones o nueva documentación, al área pericial y al área administrativo/financiera.
 - Ejecuta programas a implementarse en el Inacif, relacionados con su especialidad.
 - Registra información de los resultados obtenidos en la dependencia donde se encuentra asignado respecto a la ejecución de proyectos institucionales, bajo su responsabilidad.
 - Otras atribuciones asignadas por su jefe inmediato.
- Requerimientos del puesto
 - Graduado a nivel diversificado.
 - No se requiere experiencia.
 - Habilidades: manejo de la cadena de custodia en el área pericial y normas de bioseguridad.

3.3. Aspecto laboral

A continuación, se dan los lineamientos de aspecto laboral que se deben conocer y tener presentes antes de iniciar el procedimiento de disparo y recuperación de proyectiles dentro del cuarto de disparo.

3.3.1. Normas de seguridad al disparar

A continuación, se enuncian las normas de seguridad para realizar las pruebas de disparo dentro del cuarto de disparo del laboratorio por los peritos en balística:

- Tratar cada arma como si estuviera cargada, mientras no se haya cerciorado personalmente, de lo contrario, efectuar el procedimiento de descargar.
- Mantener el arma apuntando en dirección segura o en una dirección donde un disparo accidental no haga daño.
- Nunca apuntar con un arma a un compañero o perito dentro del cuarto de disparo.
- Siempre mantener el dedo fuera del disparador hasta que esté listo para disparar.
- Siempre mantener descargada el arma hasta que esté listo para dispararla, con cargador fuera y martillo abatido.

- Usar protección para ojos y oídos cuando se dispare.
- Asegurarse de que el arma esté limpia; antes de cargar inspeccionar el cañón para estar seguro de que está perfectamente limpio y libre de partículas extrañas. Disparar con una obstrucción en el cañón, sucio, lodo, grasa, proyectil trabado, etc., puede causar ruptura o ensanchamiento del cañón.
- Durante y después de disparar controlar las emociones.

3.3.2. Equipo de protección necesaria

Los equipos de protección personal comprenden todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.

Los equipos de protección personal constituyen uno de los conceptos más básicos en cuanto a la seguridad en el lugar de trabajo, son necesarios cuando los peligros no han podido ser eliminados por completo o controlados por otros medios.

Con base en el artículo 230 al 261 del *Reglamento de salud y seguridad ocupacional*, Acuerdo Gubernativo 229-2014, el Inacif deberá proporcionar equipo de protección a los peritos en balística para cumplir con la ley y garantizar seguridad a todo el personal involucrado en el funcionamiento del cuarto de disparo.

La protección mínima para los trabajadores según ley se puede clasificar en:

- Protección de la cabeza (cráneo)
- Protección de la vista
- Protección del oído
- Protección del aparato respiratorio
- Protección de extremidades superiores
- Protección de extremidades inferiores

El equipo de protección mínima que deberá proveer el Inacif al perito de balística dentro del cuarto de disparo, con base en el *reglamento de salud y seguridad ocupacional*, Acuerdo Gubernativo 229-2014, es el siguiente:

- Casco protector
- Lentes protectores
- Un par de tapones y orejeras
- Una máscara de depósito
- Un par de guantes de cuero
- Un par de botas de cuero con punta de acero
- Un chaleco antibalas
- Oberol de trabajo

Figura 14. **Chaleco antibalas**



Fuentes: *Tipos chalecos industriales.*

<https://equiposysuministrosramper.files.wordpress.com/2014/07/3.jpg>. Consulta: 15 de marzo de 2017.

Figura 15. **Equipos de protección**



Fuentes: *Equipos y suministros.*

<https://equiposysuministrosramper.files.wordpress.com/2014/08/9.jpg>. Consulta: 15 de marzo de 2017.

4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

4.1. Gases

Al momento de realizar los tres disparos, dentro de la cámara de disparo se forman gases, los cuales son contaminantes para el medio ambiente; por lo tanto, la nueva cámara de disparo deberá contar con un sistema eficiente de extracción de gases o residuos de disparos de armas de fuego; además, recolector de los casquillos expulsados por armas de fuego automatizadas, cuya versatilidad principalmente la integra un sistema de succión de humo, filtración, confinamiento y posterior eliminación de las partículas contaminantes que se desprenden de los disparos de armas de fuego; plomo, cobre, bario y antimonio, entre otros, que se manifiesta como una nube de gases que se genera en el ambiente exterior; también, se introduce al interior de la cámara, en cada disparo que se realiza con un arma para obtener y recolectar los elementos balísticos.

Tales gases contaminantes, al ser respirados continuamente por las personas, promueven con el tiempo serios daños en su salud. Es por ello que, al efectuar disparos con armas de fuego en ambientes cerrados; es necesario eliminar los gases contaminantes con los respectivos residuos metálicos, con dispositivos y filtros especiales vinculados con la información que señalan los estándares internacionales, como el *Standard guide for gunshot residue analysis - e1588-10*, que corresponde al estándar del análisis de los residuos de disparos de arma.

Figura 16. **Producción de gases al detonar un arma de fuego**



Fuente: *Residuos por arma de fuego*. <https://es.slideshare.net/waelhikal/residuos-de-disparo-por-arma-de-fuego.jpg>. Consulta: 1 de septiembre de 2017.

4.2. Agua residual

Dentro de la cámara de disparo se encuentra agua contenida que es contaminada por las partículas metálicas que se desprenden de los disparos de armas de fuego y del tratamiento del aire que también se contamina por los mismos motivos; las cámaras de disparo deberán tener un sistema innovador y versátil destinado al tratamiento eficiente y eficaz del agua, ya que esta agua residual no podrá desecharse al drenaje municipal sin antes haber recibido su tratamiento de aguas.

Figura 17. **Sistema de tratamiento para agua residual**



Fuente: *Plantas residuales*. <http://www.arfus.mx/home/rdx3ES>. Consulta: 8 de octubre de 2017.

4.3. Ruido

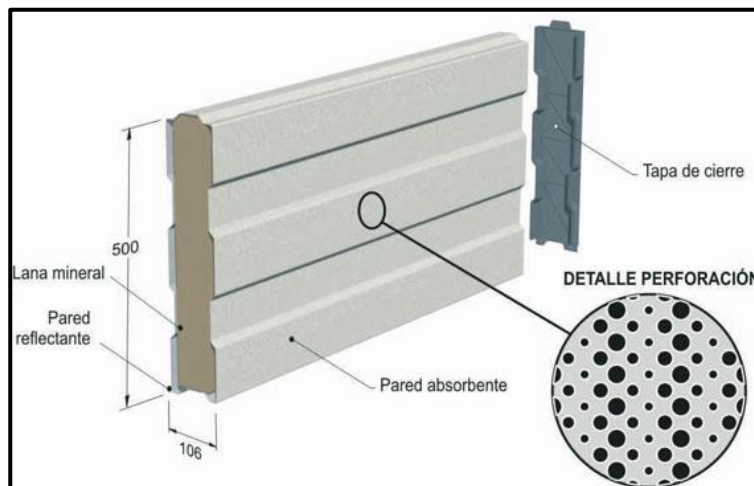
El nuevo cuarto de disparo deberá aislar los 125 decibeles de ruido que producirá al momento de realizar las pruebas de disparo; para tal fin las paredes de este cuarto deberán estar construido con materiales aislantes acústicos y ser instalados estratégicamente para lograr que el sonido procedente de la fuente sea irradiado por igual en todas direcciones para lograr un campo sonoro difuso ideal.

La clave para alcanzar un buen acondicionamiento acústico es tratar de minimizar la reverberación indeseada mediante el uso de madera fonoabsorbente en interiores de madera, revestimientos interiores, paredes y techos de madera.

El acondicionamiento acústico es un tipo de actuación habitual en salas de conciertos, auditorios, teatros, palacios de congresos, edificios públicos, salas de juntas y oficinas donde es necesaria una sonoridad excelente. Por eso, para el acondicionamiento de estos locales se utiliza específicamente material para acústica: paneles de madera fonoabsorbente, techos y paneles acústicos.

Para el nuevo cuarto de disparo se pretende reducir el ruido provocado por las ondas sonoras del disparo del arma de fuego para que sea controlado y no sea nocivo al personal dentro y fuera del recinto para evitar contaminación acústica. Por lo cual se deben emplear materiales de alta calidad en paredes y techos capaces de realizar el reacondicionamiento acústico dentro del recinto y control de la reverberación.

Figura 18. **Ejemplo de panel acústico**



Fuente: *Tipos de paneles acústicos.*

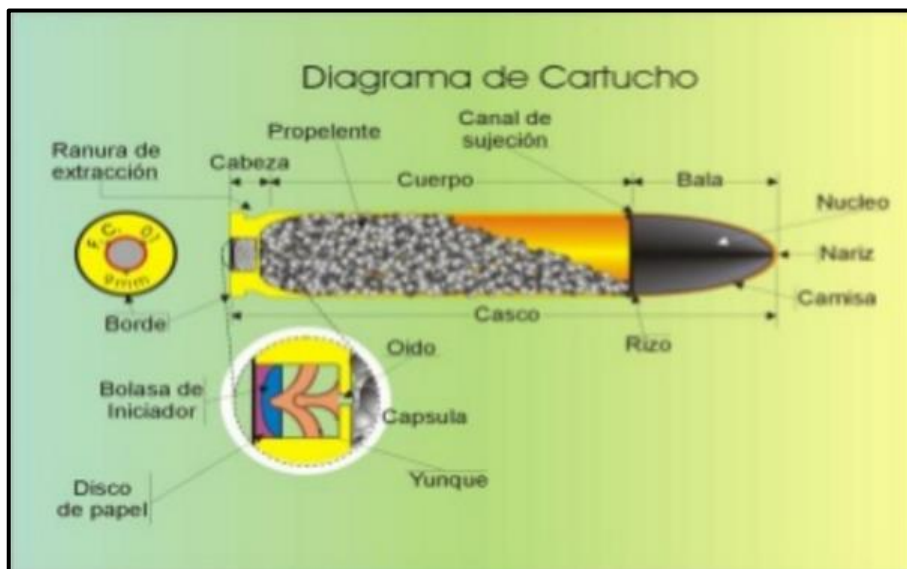
http://www.hiasa.com/recursos/img/Seguridad_vial/Productos/HA_500/1105440164_2742009111816.jpg. Consulta: 19 de abril de 2017.

4.4. Desechos sólidos de las pruebas de disparo

El manejo de desechos sólidos producidos por las pruebas de disparo es una parte importante, ya que no se podrá desechar a la basura común; primero los cascabillos forman parte de la evidencia de la huella balística, pero si se podrán desechar algunas partes metálicas que se forman durante el disparo.

Cuando se acciona un arma se generan partículas pequeñas durante la explosión del fulminante y salen del arma (humo). Las partículas se depositan sobre partes del cuerpo; estas partículas pequeñas son llamadas residuos inorgánicos de disparo de arma de fuego (RIDAF).

Figura 19. Partes de un cartucho



Fuente: *Residuos por arma de fuego*. <https://es.slideshare.net/waelhikal/residuos-de-disparo-por-arma-de-fuego.jpg>. Consulta: 18 de septiembre de 2017.

Físicamente, las partículas metálicas son esféricas e irregulares en el rango de tamaños de 0,5 a 100 μm ; las partículas metálicas son muy características; por lo tanto, la presencia de estas partículas forma la evidencia de accionar un arma de fuego.

Los desechos sólidos que normalmente se producen al momento de accionar un arma son:

- Plomo
- Antimonio
- Bario
- Silicio

Figura 20. **Desechos sólidos de pruebas de disparo**



Fuente: *Desechos sólidos en pruebas de disparo*. <http://www.arfus.mx/home/rdx3ES>

Consulta: 6 de enero de 2017.

4.5. Medidas de mitigación

A continuación, se presentan las siguientes medidas de mitigación que se pueden emplear desde el momento cuando entre en funcionamiento el nuevo cuarto de disparo del laboratorio de balística.

Figura 21. **Plan de medidas de mitigación del nuevo cuarto de disparo del laboratorio de balística**

PROYECTO: IMPLEMENTACIÓN DE NUEVO CUARTO DE DISPARO PARA EL LABORATORIO DE BALÍSTICA DEL INACIF					
UBICACIÓN:			LABORATORIO DE BALÍSTICA IDENTIFICATIVA		
FECHA:			ABRIL 2,017		
AREA DEL PROYECTO:			82 M2		
COSTO DEL PLAN DE MEDIDAS DE MITIGACION					
No.	DESCRIPCIÓN / MEDIDAS NECESARIA (ANUAL)	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Reforestación alrededor de las instalaciones del INACIF	25,00	Unidad	Q 25,00	Q 625,00
2	Construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales	1,00	Unidad	Q 200 000,00	Q 200 000,00
3	Instalar suavizador de agua para el tanque de recuperador de proyectiles	1,00	Unidad	Q 5 500,00	Q 5 500,00
4	Instalar clorinadores para el agua potable del cuarto de disparo	1,00	Unidad	Q 8 500,00	Q 8 500,00
5	Realización de muestreo y análisis físico químico del agua	1,00	Unidad	Q 350,00	Q 350,00
6	Manejo del agua de descarga del tanque recuperado de proyectiles	1,00	Unidad	Q 1 000,00	Q 1 000,00
7	Control y mantenimiento de los sistemas de iluminación, aire acondicionado, tanque recuperador de proyectiles, extractor de gases, etc.	10,00	Unidad	Q 1 500,00	Q 15 000,00
8	Monitorear los contenidos de bacterias y metales pesados dentro del cuarto de disparo, que estos no supere las concentraciones recomendadas internacionalmente (OPS, OMS, EPA).	1,00	Unidad	Q 350,00	Q 350,00
9	Capacitación al personal del laboratorio de balística identificativa para la implementación de las medidas de mitigación	1,00	Unidad	Q 1 500,00	Q 1 500,00
10	Conformación de un comité del manejo de desechos de sólidos	1,00	Unidad	Q 3 500,00	Q 3 500,00
11	Dotar al personal del laboratorio de balística identificativa de equipos adecuados para el control y extinción del fuego	1,00	Unidad	Q 2 000,00	Q 2 000,00
TOTAL ANUAL PLAN MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL PROYECTO					Q 238 325,00

Fuente: elaboración propia.

El costo de implementación de las medidas de mitigación del nuevo cuarto de disparo del laboratorio de balística del Inacif asciende a la cantidad de Q 238 325,00, cantidad que deberá ser considerada en el plan operativo anual del Inacif para el año 2018.

4.5.1. Precipitación del agua residual con hidróxido

La mayoría de las ciudades tratan el agua residual recogida a través de la red de alcantarillado antes de que sea vertida a un caudal próximo de aguas naturales. El agua de lluvia se recoge separadamente y, en el supuesto que no está muy contaminada, se vierte directamente a los cauces naturales.

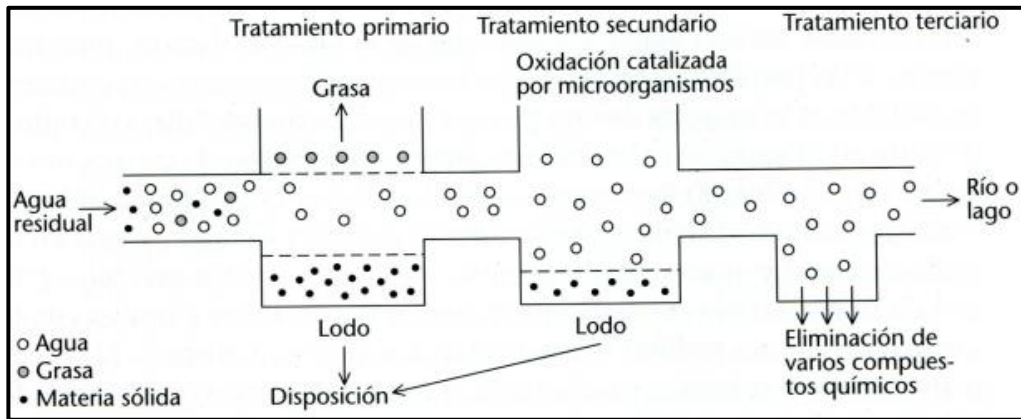
Un agua residual contiene fundamentalmente materia orgánica, aparte de numerosos objetos que la gente suele verter a los desagües. Así pues se tiene un particular diverso, lo que obliga a establecer diferentes actuaciones sobre el agua.

En la etapa de tratamiento primario (o mecánico), las partículas mayores (incluyendo la arena y el limo) se eliminan haciendo que el agua fluya a través de pozos donde van a depositarse lentamente en forma de lodos. Por otro lado, otra capa menos densa que el agua, formada por ceras, aceites, grasas y espumas (formadas por la reacción entre los jabones con el calcio y el magnesio) se retira de forma mecánica.

A través de este tratamiento se elimina un 30 % de la demanda bioquímica de oxígeno y eso que es solo un tratamiento mecánico del agua donde no se ejecuta ninguna acción química o biológica.

La cloración en esta etapa está muy desaconsejada ya que la carga orgánica que aún lleva el agua es suficiente para generar gran número de mutágenos clorados que pueden afectar a los seres vivos dependientes de dicha agua.

Figura 22. Tratamiento de aguas residuales



Fuente: *Química de las aguas naturales*. <http://www.ugr.es/~mota/Parte2-Tema08.pdf>.

Consulta: 18 de abril de 2017.

Por tal razón, es necesaria una etapa de tratamiento secundario (o biológico) cuando la mayor parte de la materia orgánica disuelta y suspendida en el agua se oxida biológicamente (formándose CO_2 y H_2O , y algo de NO_3) de forma rápida en reactores especiales por medio de ciertas bacterias aeróbicas que se mantienen en un sistema bien aireado para facilitar la oxidación.

Por lo cual se recomienda al Consejo Directivo del Inacif, la gestión e instalación de una planta de tratamiento de agua residual para tratar el agua que se recolecte de todo el proceso de recolección de huellas balísticas para evitar una contaminación directa al medio ambiente.

4.5.2. Adsorción del agua residual

La cámara de disparo únicamente requerirá agua corriente del grifo, eliminando con ello las complicaciones que representa el uso de un gel o cualquier otro fluido diferente al agua, que tiene que ser sustituido periódicamente, y por efectos de su contaminación, resulta muy difícil su tratamiento de filtración y eliminación de los residuos metálicos.

Además, de no ser tratadas convenientemente esos líquidos no podrán verterse directamente al drenaje público de la ciudad, por lo que se debe cumplir con las normas nacionales y/o internacionales que al respecto estén establecidas, pues en esta nueva era de la implementación de certificaciones y acreditaciones en todos los países, con normas como la ISO/IEC 17020:2012 y/o la ISO/IEC 17025:2005, aplicables a las diferentes especialidades forenses; serán requisitos indispensables que deberán cumplir los laboratorios para acreditarse, en este caso en particular, los departamentos y/o laboratorios de balística forense.

4.5.3. Manejo de desechos sólidos

La nueva cámara de disparo deberá contar con un filtrado independiente de la propia cámara de disparo, conformado por una bomba hidráulica, porta filtros y filtros especiales de alta calidad, que elimina residuos hasta de 0,5 micras (0,5 μm), por lo tanto, reúne las condiciones para confinar las partículas metálicas que arrojan los residuos de disparos de armas de fuego.

El sistema de filtración se encontrará conectado a la cámara de recuperación de proyectiles; utiliza tubería flexible y conexiones de alta calidad que permiten un funcionamiento confiable y eficiente del sistema de recolección de residuos sólidos.

El sistema de extracción de gases y recolector de casquillos, construido de perfiles y placas de aluminio de excelente calidad y que incluye rodamientos, conformado por un compartimento portacartuchos y filtro de aire que cumple con especificaciones industriales, brazo articulado tubular de 3 pulgadas de diámetro para la extracción de los gases. En el mismo carro, que además sirve como almacén, también el compartimento para incorporar el compresor de aire silencioso, libre de aceite, que además cuenta con una red para contener los casquillos expulsados por armas de fuego automatizadas y que estos queden depositados en la cubierta superior del carro.

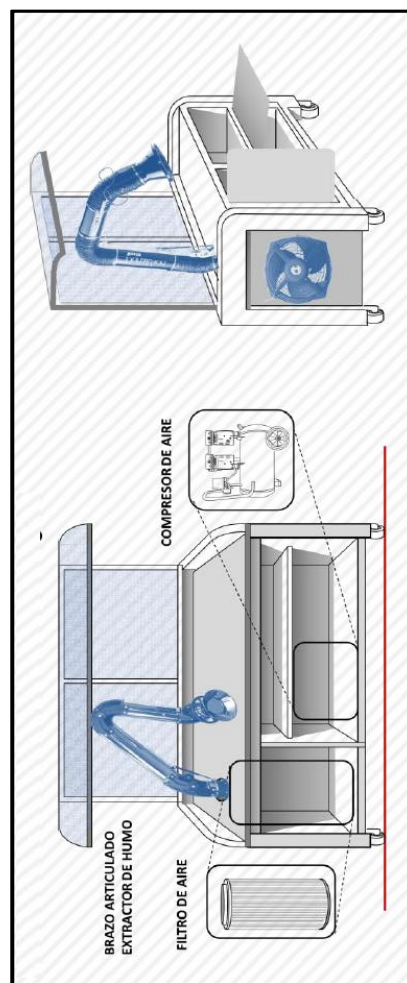
4.5.4. Extracción de gases

La nueva cámara de disparo deberá contar con un sistema integrado de extracción y filtrado de los gases contaminados producto de la combustión de la pólvora; para ello se deberá contar con un compartimento especial dentro del carro, donde se incorpora una carcasa portacartucho, donde se incorporan los filtros de aire con una capacidad de filtración de partículas de 0,5 a 2 μm .

También, se incorporará un extractor centrífugo y un brazo articulado tubular, que tiene la versatilidad de colocarse en la posición que el usuario requiera y que particularmente succiona los gases que se producen al disparar un arma de fuego.

Adicional, se integrará un segundo compartimiento donde se puede incorporar el compresor de aire silencioso, libre de aceite, que abastece de aire a los sistemas neumáticos de la cámara de disparo, así como para liberar periódicamente los contaminantes del filtro.

Figura 23. **Sistema de extracción de gases**



Fuente: *Sistema de extracción de gases*. <http://www.arfus.mx/home/rdx3ES>.

Consulta: 27 de octubre de 2016.

5. ESTUDIO ECONÓMICO

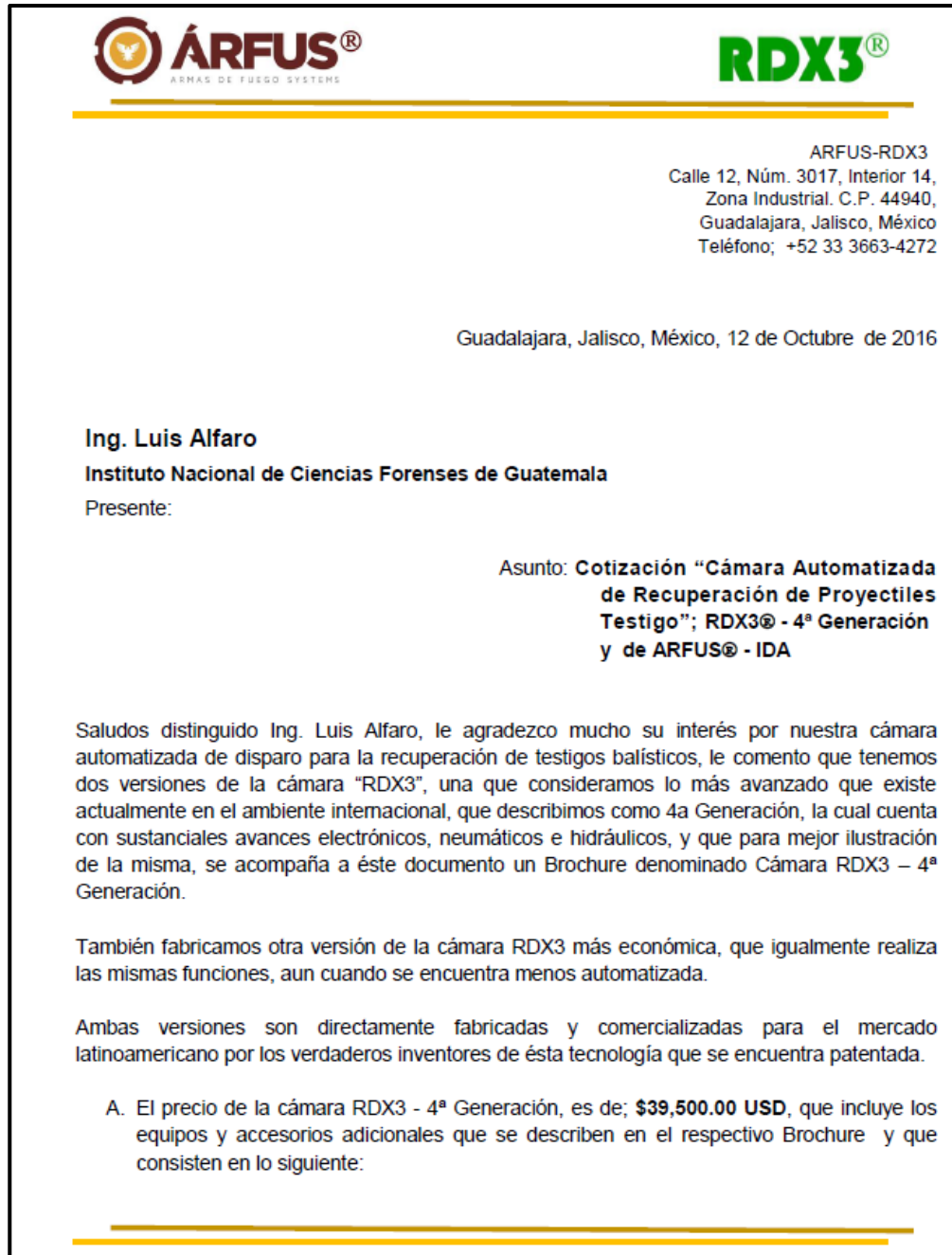
5.1. Compra de la nueva cámara de disparo

Los precios de las cámaras de disparo varían según el tipo de tecnología que se utilice; actualmente, se cuenta con cámara de disparo de ultrageneración, capaz de extraer las huellas balísticas en tiempo record; también, se hace más costoso la adquisición e implementación de este tipo de cámaras, ya que se requiere de equipo más sofisticado para dar lectura a las cámaras de disparo.


A través de la Unidad de Adquisiciones del Inacif se solicitaron cotizaciones a diversas empresas especializadas en la venta de las cámaras de disparo de última generación y tecnología. Solamente, la empresa Arfus fue la interesada en enviar su respectiva propuesta.

A continuación, se presenta la cotización enviada por la empresa Arfus, con sede en México, que detalla las especificaciones técnicas de la cámara automatizada de recuperación de proyectiles testigo, modelo y precio.


Figura 24. **Cotización de la cámara automatizada de recuperación de proyectiles**



Continuación de la figura 24.



ARFUS[®]
ARMAS DE FUEGO SYSTEMS



RDX3[®]

- Carro multipropósitos con brazo articulado extractor de humo, motor extractor y filtros de partículas suspendidas hasta de 0.5 micras.
- Sistema de filtración de Agua, con motor hidráulico secundario, porta filtros y filtros de agua para partículas hasta de 0.5 micras, con sus respectivas conexiones.
- Compresor de aire silencioso - libre de aceite.
- El suministro de 12 cartuchos especiales de espuma de poliuretano para el uso de un periodo mayor a 12 meses
- Incluye la puesta en operación y la respectiva capacitación del personal que consideren conveniente el usuario final.
- Incluye los viáticos del traslado de nuestro personal al sitio de instalación para la puesta en operación y capacitación por el tiempo que sea necesario.
- Un año de garantía contra defectos de fábrica.


No incluye la instalación de redes de: energía eléctrica, de agua potable y/o de drenaje (esto debe ser considerado por el usuario final).

B. La versión más económica de la RDX3, cuenta con un elevador mecánico de la posición vertical de la cámara, tiene un amortiguador neumático de suministro de aire manual, mediante el empleo de una bomba que nosotros proporcionamos. No se incorpora la pantalla HMI (Aplicaciones de interfase con el usuario), y no cuenta con los sistemas de filtración de aire ni de agua, por lo demás todo funciona igual que la cámara RDX3 - 4a Generación. El precio de ésta cámara es de **\$32,000.00 USD**, que además incluye lo siguiente:


- Estructura metálica con red de malla de nylon, para la captura de los casquillos o vainas expulsados por las armas de fuego automatizadas.
- El suministro de 12 cartuchos especiales de espuma de poliuretano para el uso de un periodo mayor a 12 meses.
- Incluye la puesta en operación y la respectiva capacitación del personal en sitio que consideren conveniente los usuarios finales.
- Incluye los viáticos del traslado de nuestro personal al sitio para la puesta en operación y capacitación por el tiempo que sea necesario.
- Un año de garantía contra defectos de fábrica.

- No incluye la instalación de redes de: energía eléctrica, de agua potable y/o de drenaje (esto debe ser considerado por el usuario final).

Continuación de la figura 24.



ÁRFUS®
ARMAS DE FUEGO SYSTEMS



RDX3®

C. El tiempo de fabricación de cada versión de la cámara RDX3 es de 6 semanas.

También confirmo que ambas versiones de la cámara **ya no requieren el uso de gel**, únicamente **emplean agua potable**, ello debido al sustancial avance que desarrollamos con respecto al nuevo sello reductor de la velocidad de los proyectiles disparados por armas largas, elaborado mediante una formulación especial de espuma de poliuretano y que comprobadamente no afecta o altera la huella particular balística en los proyectiles, los que nos permitió eliminar por completo el uso del gel, que finalmente resulta bastante costoso porque se tiene que cambiar periódicamente, también es demasiado sucio, muy difícil de filtrar y nada conveniente para desechar al drenaje público de la ciudad, por su alto grado de contaminación con residuos metálicos provenientes de disparos de armas de fuego.

Así pues nuestro nuevo sistema reductor nos proporciona la versatilidad de quitar o poner el sello fácil y rápidamente, mediante el abrir y cerrar una escotilla hermética que nos facilita el acceso inmediato al receptáculo o holder donde queda incorporado el sello.



Con respecto al calibre de las armas de fuego que se pueden disparar en la cámara RDX3, le comento que el Brochure o documento que se acompaña, en su página 16 aparece una tabla con los calibres de las armas de fuego largas (Alta velocidad) que se han disparado en la cámara, por lo que te puedo comentar que disparar armas de mano (pistolas y revólveres) de los calibres .22 L.R., 5.7x28mm, 25 Auto, .32 Auto, .38 Especial, .38 Super, .357 Magnum, 9x19mm (Luger/Parabellum), .40 S&W, 10mm Auto, .44 Rem. Magnum, .45 Auto, así como los calibres intermedios, o similares, sin problema se pueden disparar en la cámara RDX3.

Por medio de un segundo correo, con otra dirección personal, envió un video, para mayor ilustración, de las pruebas realizadas de la RDX3 transportada en nuestro remolque o tráiler ante autoridades militares de México.

Con respecto a los requerimientos de servicios e infraestructura que requiere la cámara RDX3, en cuanto a suministro de energía eléctrica, y servicios hidráulicos estos se encuentran señalados en la página 23 del respectivo brochure.

También te comento que nuestra empresa y ésta invención es realmente muy joven, sin embargo ya hemos comercializado 10 cámaras RDX3 destinados a laboratorios forenses y a universidades privadas que ofertan las licenciaturas y maestrías en Criminalística y Ciencias Forenses.

Continuación de la figura 24.



A. Licencia del programa **ARFUS®-IDA** (Identificador De Armas), que corresponde a un sistema de gestión de bases de datos, de arquitectura completamente abierta, aplicable al registro ágil y eficiente de la *identificación alfanumérica y gráfica de las armas de fuego* que se encuentran en resguardo de las instituciones de seguridad pública y de procuración de justicia, o que son puestas a disposición de los expertos en balística forense para efectos de investigación criminal, administrando los procesos de registro, archivo, elaboración de etiquetas con código bidimensional QR, así como de consulta rápida de los registros que hayan sido incorporados al sistema, mediante una serie de datos organizados que se relacionan entre sí, y que son recolectados y explorados por un sistema de información digital, realmente eficiente, versátil y eficaz. El precio de la licencia **ARFUS®-IDA** es de **\$10,000.00 USD**, que además incluye los siguientes módulos:

- Registro Criminalístico
- Registro Administrativo
- Registro de Indicios Balísticos
- Comparación Sistemática
- Búsqueda de Datos,
- Biblioteca Arfus

El sistema ARFUS®-IDA, además Incluye:

- Impresora Térmico Directo de etiquetas, de la marca Posline, modelo ITT4100B.
- Lector de código 2D para QR, de la marca Posline, modelo SC2155.
- Dos Ribbons de cera
- Dos rollos de etiquetas con adhesivo de 3x3 pulgadas, o del tamaño que el usuario requiera, que no sea mayor a la 4x4 pulgadas.
- Incluye la instalación del programa, la base de datos y la respectiva capacitación del personal en sitio, que consideren conveniente los usuarios finales.
- Incluye los respectivos viáticos del traslado de nuestro personal especializado al sitio para la instalación y capacitación.

No incluye: la computadora ni otros componentes y/o periféricos.

Con respecto al potencial envío de la cámara RDX3 a Guatemala, éste tendría un costo de **\$1,500.00 USD** por la vía marítima, al puerto que el cliente considere conveniente en ese país, estimando que el tiempo de traslado es; de 7 a 15 días.

Continuación de la figura 24.



Cualquier duda, aclaración o comentario que se tenga al respecto me encuentro a sus respetables órdenes para conversarlo.

Si requiere mayor información al respecto, también me lo hace saber por favor para enviársela inmediatamente.

Atentamente

OCTAVIO CIBRIAN VIDRIO
Director de Tecnología en Balística Forenses
Arfus - Armas de Fuego Systems
Movil; +52 33 11086482
Email; cibrian59@yahoo.com.mx
octavio.cibrian@arfus.mx

Fuente: *Cotización cámara automatiza*. <http://www.arfus.mx/home/ventasES>.

Consulta: 30 de octubre de 2016.

5.2. Instalación del equipo del cuarto de disparo

Las instalaciones del cuarto de disparo serán de un tamaño, construcción y diseño que facilite su mantenimiento y limpieza para cumplir con la extracción, manejo y protección de los equipos para el desarrollo del procedimiento.

Los espacios de trabajo entre los equipos y las paredes deben ser de por lo menos 50 centímetros, sin obstáculos, de manera que permita a los empleados realizar los deberes de limpieza en forma adecuada.

La instalación debe ser de construcción sólida, contar con una ventilación adecuada, buena iluminación natural y/o artificial y mantenerse en buen estado. Los materiales usados en la construcción no deben ser fuentes de sustancias que puedan contaminar, por tal razón, la madera no se permite como material de construcción.

Las instalaciones deben estar protegidas del ambiente exterior, de tal manera que impidan la entrada de animales, insectos, roedores y/o plagas u otros contaminantes del medio exterior.

5.2.1. Tanque recuperador de proyectiles

El primer paso para el proceso de identificación de armas de fuego y marcas de herramienta, corresponde a la obtención de los estándares de prueba de los componentes de la munición disparada (proyectiles y casquillos), la base para la comparación de las características de clase e individuales de los elementos balísticos recolectados como evidencia física.

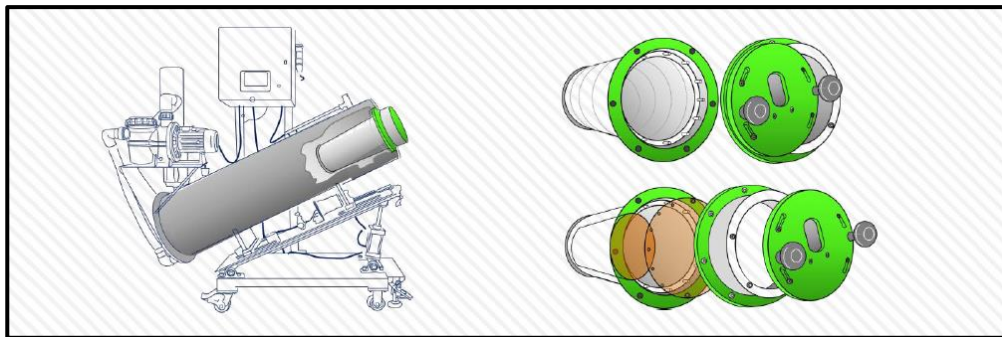
En el inciso 5.1 a través de la cotización presentada por la empresa Arfus, el costo del tanque de recuperador de proyectiles asciende a la cantidad de Q. 296 250,00.

Los casquillos percutidos, relativamente, son fáciles de conseguir; sin embargo, las muestras de proyectiles disparados deben recolectarse utilizando técnicas más complejas que permitan desacelerar con seguridad la velocidad de las balas en distancias cortas, para que sean recabadas como muestras testigo.

El requisito principal es que se lleve a cabo sin dañar el detalle microscópico en la superficie de las balas.

Por lo tanto, el tanque recuperador de proyectiles tiene la función de recolectar las balas testigo en las mejores condiciones estructuralmente posibles, consiguiendo una reproducción consistente de la particular huella balística incorporada por el rayado del cañón de cada arma de fuego, la que es utilizada en los estudios forenses de identificación de armas de fuego y marcas de herramienta, mediante el empleo de técnicas de microscópicas de comparación.

Figura 25. **Vista lateral de recuperador de proyectiles**



Fuente: *Recuperador de proyectiles*. <http://www.arfus.mx/home/rdx3ES>. Consulta: 18 de octubre de 2016.

De tal manera, el recuperador de proyectiles marca Árfus, por ser automatizada, resulta más eficiente para las instituciones que requieren las balas testigo de manera rápida y eficiente cuando se presentan gran cantidad de armas de fuego que deben ser sujetas a estudio forense.

Cuando se tiene que registrar gran cantidad de armas que emplean las instituciones militares o de seguridad pública, o que se encuentran registradas por particulares y se requiere obtener su particular huella balística, para su posible vínculo con eventos criminales, cuyo procedimiento actualmente resulta muy común en muchos países; por lo tanto, el beneficio también se obtiene con la agilización de las actividades de los expertos forenses.

Otro de los beneficios del recuperador de proyectiles marca Árfus, corresponde al diseño ergonómico, compacto y versátil del equipo en su conjunto, puesto que la cámara ocupa apenas una superficie de 1,20 m², con una altura no mayor a 1,88 metros, con una masa aproximada de 585 kilogramos, incluyendo la cantidad de 235 litros de agua.

Las estructuras y los mecanismos de la cámara se adaptan ergonómicamente a las condiciones físicas ordinarias de los seres humanos, que permite que su operación sea sencilla y amigable, sin que las personas tengan que realizar esfuerzos físicos mayores para su operación.

Los usuarios de la cámara únicamente requieren cumplir con las medidas de seguridad para el manejo de armas de fuego, colocando el cañón sobre el centrador para corregir adecuadamente la posición y orientación del arma de fuego.

De esta forma, se incrementa la seguridad para los usuarios del equipo, que evita al máximo los posibles incidentes que por error puedan cometer las personas que desarrollan siempre la riesgosa tarea de disparar las armas de fuego sujetas a estudio forense.

Las instituciones públicas hoy en día, más que nunca, tienen que hacer frente a la salud y el bienestar de sus empleados. Los empleados tienen que lidiar con los incrementos en los índices de producción y las demandas de calidad, mientras que los empleadores tratan de superar las reducciones de presupuesto, un incremento en el número de reclamos de compensación por parte de los trabajadores y por días laborales perdidos debido a lesiones.

Los trastornos musculares son de los reclamos de compensación más frecuentes por parte de los trabajadores con lesiones de espalda, un tipo de lesión que más encabeza la lista de solicitudes de permiso por parte del Igss.

La capacidad de comprender el concepto de ergonomía, de cómo identificar algunos de los factores de riesgo más comunes y cuáles soluciones prácticas deben utilizarse, contribuirán a reducir el número de lesiones musculares y proteger la salud del trabajador.

La Gremial de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional realizará visitas contantes al nuevo cuarto de disparo para realizar recomendaciones sobre las posturas adecuadas para realizar los procedimientos de trabajo dentro de dicha cámara.

La ergonomía también se presenta por el ajuste de altura de la cámara por medio del sistema neumático, que se posiciona conforme a la talla o las necesidades del usuario, que permite que este pueda realizar los disparos en posición completamente erguido y con los pies posados sobre el piso o en la plataforma (base hombre) incorporada en la cámara, lo cual genera una postura de firmeza y comodidad para el usuario, con ello se evitar inclinaciones incómodas o posiciones forzadas de las personas.

Figura 26. **Recuperador de proyectiles modelo RDX3**



Fuente: *Recuperador de proyectiles RDX3*. <http://www.arfus.mx/home/rdx3ES>.

Consulta: 30 de octubre de 2016.

5.2.2. Cámara de disparo

Como se describió en el capítulo 2, inciso 2.4, la cámara de disparo será la que actualmente cuenta el laboratorio de balística del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala, la cual se deberá adecuar dentro del nuevo cuarto de disparo y se deberán tomar las medidas de seguridad e instalaciones especiales para que este equipo sea funcional dentro del área.

Figura 27. **Cámara de disparo para escopetas de fabricación artesanal**



Fuente: elaboración propia.

5.3. Costos de adecuación del cuarto de disparo

A continuación, se presentan los costos de adecuación del nuevo cuarto de disparo para el laboratorio de balísticas del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala, los que se deben tomar en cuenta al momento de la implementación.

5.3.1. Costo de blindaje

A continuación, se presenta la cotización de dos empresas con especialidad en la construcción de cuartos con blindaje, solicitadas a través de la Unidad de Adquisiciones del Inacif.

Figura 28. Cotización de blindaje de paredes y techo, Nro. 1



INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES LRR
 4ta. Calle 4-174 Zona 3, Chimaltenango.
 Chimaltenango, Guatemala. C.A
 Nit: 3469023-9

-INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES LRR-

Ciudad de Guatemala, 03 de abril de 2017

Sr.
Luis Alfaro
INACIF

Respetable Señor:

Es un gusto saludarle y deseándole éxitos en todas sus actividades cotidianas.

Aprovecho esta oportunidad para presentarle la cotización referente al blindaje del cuarto de disparo para un área estimada 85.00 M2, el cual se desglosa en la siguiente descripción de trabajo:

LISTADO DE MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	<i>Lamina modular con blindaje Nivel 4 con acabado exterior de acero galvanizado y rellena de espuma de poliuretano (incluye materiales de sujeción)</i>	85,00	M2	Q2,500.00	Q212,500.00
TOTAL DE MATERIALES					Q212,500.00

SON: *Doscientos doce mil quinientos quetzales exactos*

Forma de pago: 50% anticipo y 50% contra entrega o en su defecto a convenir.

Tiempo de entrega: Inmediata.

Nos despedimos de ustedes, agradeciéndoles de antemano su confianza, esperando que la presente sea de mucha ayuda a la toma de decisiones y así poder servirles siempre de la mejor manera.

Atentamente,

Ing. Allen Raúl Roca Recinos
Cel. 52613457
Propietario

Fuente: Constructora Ingeniería y Construcciones LRR. Consulta: 3 de abril de 2017.

Figura 29. Cotización de blindaje de paredes y techo, Nro. 2



CONSTRUCTORA
"COEMPO"

Ciudad de Guatemala, 12 de Septiembre de 2017

Señores
INACIF
Presente

A través de la presente la cotización referente al proyecto: **BLINDAJE DE PAREDES Y TECHO PARA EL LABORATORIO DE BALISTICA IDENTIFICATIVA DEL INACIF**, el cual se desglosa en los siguientes renglones de trabajo.

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Lamina modular con blindaje Nivel 4 con acabado exterior de acero galvanizado y relleno de espuma aislante	M2	85.00	Q3,250.00	Q276,250.00
TOTAL FINAL					Q276,250.00

La GARANTIA será de 12 meses contados a partir de la fecha de entrega del proyecto

Atentamente,

Omar Porras
Propietario

Colonia 5 de Febrero Lote 10 zona 1, Chimaltenango, Chimaltenango
Tel.: 7839-7535 Cel.: 3039-2685
Email: construcoempogt@gmail.com


Fuente: Constructora COEMPO. Consulta: 12 de septiembre de 2017.

De las cotizaciones anteriores, la mejor propuesta económica es la de la empresa Ingeniería y Construcciones LRR, la cual asciende a la cantidad de Q. 212 500,00.

5.3.2. Costo de iluminación

A continuación, se presenta la cotización de dos empresas con especialidad en iluminación de ambientes interiores, solicitadas a través de la Unidad de Adquisiciones del Inacif.

Figura 30. Cotización de materiales para iluminación, Nro. 1



INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES LRR
 4ta. Calle 4-174 Zona 3, Chimaltenango.
 Chimaltenango, Guatemala. C.A
 Nit: 3469023-9

-INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES LRR-

Ciudad de Guatemala, 03 de abril de 2017

Sr.
Luis Alfaro
INACIF

Respetable Señor:

Es un gusto saludarle y deseándole éxitos en todas sus actividades cotidianas.

Aprovecho esta oportunidad para presentarle la cotización referente a los materiales para la iluminación del cuarto de disparo, el cual se desglosa en la siguiente descripción de trabajo:

LISTADO DE MATERIALES					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Lámpara para empotrar con difusor para 2'x2'	4.00	UNIDAD	Q580.00	Q2,320.00
2	Tube Fluorescente de 32 Watts	8.00	UNIDAD	Q15.00	Q60.00
3	Cinta de aislar	2.00	ROLLO	Q.65.00	Q130.00
4	Caja para empotrar con flip-on de 30 Amperios	1.00	UNIDAD	Q150.00	Q150.00
5	Alambre solido THHN calibre 10	1.00	ROLLO	Q329.00	Q329.00
TOTAL DE MATERIALES					Q2,989.00

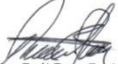
SON: Dos mil novecientos ochenta y nueve quetzales exactos

Forma de pago: 50% anticipo y 50% contra entrega o en su defecto a convenir.


Tiempo de entrega: Inmediata.

Nos despedimos de ustedes, agradeciéndoles de antemano su confianza, esperando que la presente sea de mucha ayuda a la toma de decisiones y así poder servirles siempre de la mejor manera.

Atentamente,



Ing. Allen Raúl Roca Recinos
Cel. 52613457
Propietario



Fuente: Constructora Ingeniería y Construcciones LRR. Consulta: 3 de abril de 2017.

Figura 31. Cotización de materiales para iluminación, Nro. 2



Ciudad de Guatemala, 12 de Septiembre de 2017

**Señores
INACIF
Presente**

A través de la presente la cotización referente al proyecto: **REMOZAMIENTO PARA EL AREA DE ILUMINACION PARA EL NUEVO CUARTO DE DISPARO PARA EL LABORATORIO DE BALISTICA IDENTIFICATIVA DEL INACIF**, el cual se desglosa en los siguientes renglones de trabajo.

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Instalacion de luminarias LED, que incluye lampara, balastros, tubos LED y mano de obra	Unidad	1.00	Q4,500.00	Q4,500.00
TOTAL FINAL					Q4,500.00

La GARANTIA será de 12 meses contados a partir de la fecha de entrega del proyecto

Atentamente,

**Omar Porras
Propietario**

Colonia 5 de Febrero-Lote 10 zona 1, Chimaltenango, Chimaltenango
Tel.: 7839-7535 Cel.: 3039-2685
Email: construcoempogt@gmail.com


Fuente: Constructora COEMPO. Consulta: 12 de septiembre de 2017.

De las cotizaciones anteriores, la mejor propuesta económica es la de la empresa Ingeniería y Construcciones LRR, la cual asciende a la cantidad de Q. 2 989,00.

5.3.3. Costo de ventilación

A continuación, se presenta la cotización de dos empresas con especialidad en la instalación de aire acondicionado, que deberá funcionar las 24 horas del día dentro del recito; las cotizaciones fueron solicitadas a través de la Unidad de Adquisiciones del Inacif.

Figura 32. **Cotización de materiales para aire acondicionado, Nro. 1**



INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES LRR
 4ta. Calle 4-174 Zona 3, Chimaltenango.
 Chimaltenango, Guatemala. C.A
 Nit: 3469023-9

-INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES LRR-

Ciudad de Guatemala, 03 de abril de 2017

Sr.
Luis Alfaro
INACIF

Respetable Señor:

Es un gusto saludarle y deseándole éxitos en todas sus actividades cotidianas.

Aprovecho esta oportunidad para presentarle la cotización referente al aire acondicionado para la ventilación del cuarto de disparo, el cual se desglosa en la siguiente descripción de trabajo:

LISTADO DE MATERIALES PARA EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Unidad de aire, tipo paquete, Marca Carrier, Modelo 50ZP-060, capacidad de 60,000 BTU	1.00	UNIDAD	Q24,500.00	Q24,500.00
2	Ducto Rígido de 20" X 12"	30.00	METRO	Q375.00	Q11,250.00
3	Aislante de fibra de vidrio de 20" x 12"	75.00	METRO	Q175.00	Q13,125.00
4	Difusores de 4 vías de 12" X 12"	2.00	UNIDAD	Q575.00	Q. 1,150.00
5	Filtro de 99.9995 %	2.00	UNIDAD	Q455.00	Q910.00
6	Anclajes para ducto rígido	1.00	GLOBAL	Q2,800.00	Q2,800.00
TOTAL DE MATERIALES					Q53,375.00


SON: Cincuenta y tres mil trescientos setenta y cinco quetzales exactos

Forma de pago: 50% anticipo y 50% contra entrega o en su defecto a convenir.

Tiempo de entrega: Inmediata.

Nos despedimos de ustedes, agradeciéndoles de antemano su confianza, esperando que la presente sea de mucha ayuda a la toma de decisiones y así poder servirles siempre de la mejor manera.

Atentamente,



Ing. Raúl Roca Recinos
Cel. 52613457
Propietario



Fuente: Constructora Ingeniería y Construcciones LRR. Consulta: 3 de abril de 2017.

Figura 33. **Cotización de materiales para aire acondicionado,
Nro. 2**



CONSTRUCTORA
"COEMPO"

Ciudad de Guatemala, 12 de Septiembre de 2017

**Señores
INACIF
Presente**

A través de la presente la cotización referente al proyecto: **ADQUISICION E INSTALACION DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL NUEVO CUARTO DE DISPARO PARA EL LABORATORIO DE BALISTICA IDENTIFICATIVA DEL INACIF**, el cual se desglosa en los siguientes renglones de trabajo.

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Adquisicion e instalacion de sistema de aire acondicionado para el nuevo cuarto de disparo, que incluye: sistema tipo paquete, capacidad para 60,000 BTU, accesorios y mano de obra	Unidad	1.00	Q63,500.00	Q63,500.00
TOTAL FINAL					Q63,500.00

La GARANTIA será de 12 meses contados a partir de la fecha de entrega del proyecto

Atentamente,

**Omar Porras
Propietario**

Colonia 5 de Febrero-Lote 10 zona 1, Chimaltenango, Chimaltenango
Tel.: 7839-7535 Cel.: 3039-2685
Email: construcoempogt@gmail.com

Fuente: Constructora COEMPO. Consulta: 12 de septiembre de 2017.

De las cotizaciones anteriores, la mejor propuesta económica es la de la empresa Ingeniería y Construcciones LRR, la cual asciende a la cantidad de Q. 53 735,00.

5.4. Costo de mano de obra

A continuación, se presenta la cotización de la Constructora Ingeniería y Construcciones LRR, con el costo actual para la mano de obra para la instalación de las láminas con blindaje nivel 4, instalaciones eléctricas, instalación del aire acondicionado, instalación del recuperador de proyectiles y la cámara de disparo para el laboratorio de balística.

Figura 34. **Costo de mano de obra para la instalación del nuevo cuarto de disparo**

 INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES LRR 4ta. Calle 4-174 Zona 3, Chimaltenango. Chimaltenango, Guatemala. C.A Nit: 3469023-9					
Ciudad de Guatemala, 03 de abril de 2017					
Sr. Luis Alfaro INACIF					
Respetable Señor:					
Es un gusto saludarle y deseándole éxitos en todas sus actividades cotidianas.					
Aprovecho esta oportunidad para presentarle la cotización referente a la mano de obra para el acondicionamiento de los equipos y sistemas principales del cuarto de disparo, el cual se desglosa en la siguiente descripción de trabajo:					
MANO DE OBRA					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Instalación y montaje de lámina modular con blindaje Nivel 4 con acabado exterior de acero galvanizado y rellena de espuma de poliuretano acústico	85.00	M2	Q300.00	Q25,500.00
2	Instalación eléctrica para sistema de iluminación	1.00	UNIDAD	Q1,500.00	Q1,500.00
3	Instalación y montaje de unidad de aire acondicionado, tipo paquete, Marca Carrier, Modelo 502P-060, capacidad de 60 000 BTU	1.00	UNIDAD	Q4,500.00	Q4,500.00
4	Instalación de recuperador de proyectiles RDX 3	1.00	UNIDAD	Q2,500.00	Q2,500.00
5	Instalación de cámara de disparo	1.00	UNIDAD	Q2,500.00	Q2,500.00
TOTAL DE MANO DE OBRA					Q36,500.00
SON: Treinta y seis mil quinientos quetzales exactos					
Forma de pago: 50% anticipo y 50% contra entrega o en su defecto a convenir.					
Tiempo de entrega: Inmediata.					
Nos despedimos de ustedes, agradeciéndoles de antemano su confianza, esperando que la presente sea de mucha ayuda a la toma de decisiones y así poder servirles siempre de la mejor manera.					
Atentamente,					
Ing. Allen Raúl Roca Recinos Cel. 52613457 Propietario					

Fuente: Constructora Ingeniería y Construcciones LRR. Consulta: 3 de abril de 2017.

La cotización anterior asciende a la cantidad de Q. 53 735,00; este costo es únicamente de mano de obra para la instalación de los equipos anteriormente descritos en la propuesta, ya que el Inacif no cuenta con equipo técnico y calificado para la remodelación de este nuevo cuarto de disparo, por lo cual se contratará a una empresa externa del Inacif para dicho fin.

La instalación se realizará en horario laboral de la institución; de 8:00 AM a 4:00 PM, una jornada laboral de 8 horas diarias para la instalación.

Figura 35. **Costo final de la implementación del cuarto de disparo**

 INACIF <small>Que la Ciencia a la Verdad</small>					
INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS FORENSES DE GUATEMALA					
PROYECTO: FACTIBILIDAD PARA UN CUARTO DE DISPARO A UTILIZARSE EN EL LABORATORIO DE BALÍSTICA DEL INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS FORENSES DE GUATEMALA					
COSTO DE MATERIALES, EQUIPOS Y MANO DE OBRA					
Descripción	Medida	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total	Total
Cámara RDX3 - 4ª generación	UNIDAD	1	Q296 250,00	Q296 250,00	Q296 250,00
Licencia del programa ARFUS®-IDA (Identificador de armas),	UNIDAD	1	Q75 000,00	Q75 000,00	Q75 000,00
Envío vía marítima de cámara RDX3	UNIDAD	1	Q11 250,00	Q11 250,00	Q11 250,00
Materiales para blindaje de paredes y techo	M2	85	Q2 500,00	Q212 500,00	Q212 500,00
Materiales para Iluminación de cuarto de disparo	UNIDAD	1	Q2 989,00	Q2 989,00	Q2 989,00
Equipo para ventilación y aire acondicionado	UNIDAD	1	Q53 375,00	Q53 375,00	Q53 375,00
Mano de obra para instalación de materiales y equipos para el nuevo cuarto de disparo	UNIDAD	1	Q36 500,00	Q36 500,00	Q36 500,00
TOTAL DEL PROYECTO					Q687 864,00

Fuente: elaboración propia.

La implementación del nuevo cuarto de disparo para el laboratorio de balística del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala, tiene un costo total que asciende a la cantidad de Q. 687 864,00. Cabe mencionar que las medidas preventivas por realizar, quedarán a cargo del laboratorio de balística; dichos costos de materiales, equipos y mano de obra se tomaron en cuenta para el costo total de la implementación.

6. ESTUDIO FINANCIERO

6.1. Financiamiento

Por parte del Consejo Directivo del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala se autoriza una cantidad de Q. 687 864,00 para la implementación del nuevo cuarto de disparo dentro del laboratorio de balística, por la modalidad de cotización, la cual deberá ser manejada por el Departamento de Compras para que realice los procedimientos de ley y se transparente el proceso de selección de la empresa, por medio del portal del Sistema de Adquisiciones y Contrataciones del Estado de Guatemala (Guatecompras).

Seguidamente, se efectuará la contratación del servicio a una empresa externa y experta en la construcción de cuartos de disparo y blindajes.

Esta empresa se encargará de la construcción, instalación y adquisición de equipos descritos en el capítulo anterior con respecto a la implementación total y funcional del nuevo cuarto de disparo del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala, con un tiempo de un año de garantía por equipos y sistemas especiales descritos anteriormente.

6.2. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es un término financiero, muy utilizado en las empresas para tomar decisiones de inversión; consiste en calcular los nuevos flujos de caja y el VAN (en un proyecto, en un negocio, etc.), al cambiar una variable (la inversión inicial, la duración, los ingresos, la tasa de crecimiento de los ingresos, los costes, etc.) De este modo, con los nuevos flujos de caja y el nuevo VAN, se podrá calcular y mejorar estimaciones sobre el proyecto en el caso de que esas variables cambiasen o existiesen errores de apreciación en los datos iniciales.

Para hacer el análisis de sensibilidad se compara el VAN antiguo con el VAN nuevo que dará un valor que, al multiplicarlo por cien, da el porcentaje de cambio.

Para la implementación del nuevo cuarto de disparo para el laboratorio de balística del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala, se utilizan estos criterios para analizar la inversión inicial, para tener un mejor panorama sobre esta inversión o si en dado caso es más factible seguir como se ha estado trabajando actualmente.

6.2.1. Valor presente neto

La fórmula para el cálculo del VAN se presenta en la siguiente figura; donde I es la inversión, Q_n es el flujo de caja del año n , r la tasa de interés con la que se está comparando y N el número de años de la inversión.

Figura 36. **Fórmula de VAN**

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Fuente: *Valor actual neto*. <http://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>. Consulta: 27 de abril de 2017.

Para el presente proyecto, N será igual a 5 años la inversión, r la tasa de interés con la que se está comparando que en este caso sería el 10 %.

Tabla IV. **Flujo neto de efectivo proyectado a 5 años**

<i>FLUJO NETO DE EFECTIVO</i>	
Año de operación	Ingresos totales*
0	
1	Q0.00
2	Q480,000.00
3	Q480,000.00
4	Q480,000.00
5	Q480,000.00

Fuente: elaboración propia.

El valor de Q480 000,00 se calcula con base en que actualmente el Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala gasta Q40 000,00 mensuales por concepto de arrendamiento por el espacio donde se encuentra el cuarto de disparo actual.

Figura 37. **Valor actual neto proyectado a 5 años**

FLUJO NETO DE EFECTIVO					
Año de operación	Ingresos totales*	Inversiones para el proyecto	Valor de Rescate		Flujo Neto de Efectivo
		Egresos totales	Valor Residual	Recup. De cap. De Trab.	
0					Q0.00
1	Q0.00	Q687,864.00	Q48,000.00		-Q639,864.00
2	Q480,000.00	Q200,000.00	Q42,000.00		Q322,000.00
3	Q480,000.00	Q200,000.00	Q36,000.00		Q316,000.00
4	Q480,000.00	Q225,000.00	Q32,000.00		Q287,000.00
5	Q480,000.00	Q225,000.00	Q28,000.00		Q283,000.00

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

6.2.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto; a mayor tasa interna de retorno, mayor rentabilidad; así, se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la tasa interna de retorno se compara con una tasa mínima o tasa de corte; el coste de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo, el coste de oportunidad utilizado para comparar la tasa interna de retorno será la tasa de rentabilidad libre de riesgo).

Si la tasa de rendimiento del proyecto supera la tasa de descuento, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza. Para el presente proyecto, la tasa de descuento será del 10 %.

Figura 38. Cálculo de tasa interna de retorno

Año de operación	Costos totales (Q.)	Beneficios totales (Q.)	Factor de actualización 10.0%	Costos actualizados (Q.)	Beneficios actualizados (Q.)	Flujo neto de efectivo act. (Q.)
0	0	0	1.000	0.00	0.00	0.00
1	Q687,864.00	Q48,000.00	0.909	Q625,330.91	Q43,636.36	-Q581,694.55
2	Q200,000.00	Q522,000.00	0.826	Q165,289.26	Q431,404.96	Q266,115.70
3	Q200,000.00	Q516,000.00	0.751	Q150,262.96	Q387,678.44	Q237,415.48
4	Q225,000.00	Q512,000.00	0.683	Q153,678.03	Q349,702.89	Q196,024.86
5	Q225,000.00	Q508,000.00	0.621	Q139,707.30	Q315,428.03	Q175,720.73
Total	Q1,312,864.00	Q2,106,000.00		Q1,234,268.45	Q1,527,850.68	Q293,582.23

Los indicadores financieros que arroja el proyecto son:

VAN=	293,582.23	Se acepta
TIR =	32.34%	Se acepta
B/C =	1.24	Se acepta

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

6.2.3. Relación costo beneficio

La relación costo beneficio compara de forma directa los beneficios y los costes. Para calcular la relación (B/C); primero se halla la suma de los beneficios descontados, traídos al presente, y se divide sobre la suma de los costes también descontados.

Para una conclusión acerca de la viabilidad de este proyecto, bajo este enfoque, se debe tener en cuenta la comparación de la relación B/C hallada en comparación con 1, así se tiene lo siguiente:

- $B/C > 1$, indica que los beneficios superan los costes, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.
- $B/C=1$, no hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costes.
- $B/C < 1$, muestra que los costes son mayores que los beneficios, no se debe considerar.

Según el cálculo realizado en la figura 38, B/C es igual a 1,24; por consiguiente se concluye que la implementación del nuevo cuarto de disparo para el laboratorio de balística es viable y rentable; por lo tanto, se prioriza el proyecto para realizarlo lo más antes posible.

CONCLUSIONES

1. Se realizó el análisis de factibilidad para la implementación del nuevo cuarto de disparo, para lograr obtener indicios indubitados de óptima calidad, sin dejar de proporcionar al perito un ambiente laboral seguro.
2. Se realizó la propuesta para la mejor alternativa para la construcción de un nuevo cuarto de disparo dentro de las instalaciones del laboratorio de balística del Instituto Nacional de Ciencias Forense de Guatemala.
3. Se realizó el plano de ubicación del nuevo cuarto de disparo para el laboratorio de balística del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala.
4. Se determinó la cantidad de lúmenes y el número de luminarias óptimas para la iluminación artificial del nuevo cuarto de disparo.
5. Se establecieron las especificaciones técnicas de diseño del nuevo cuarto de disparo, con base en las recomendaciones de los fabricantes de los equipos de recuperación de proyectiles y requerimientos del laboratorio de balística del Instituto Nacional de Ciencias Forense de Guatemala.
6. Se estableció el plan de acción y prevención ante incidentes dentro del nuevo cuarto de disparo, para controlar y reducir las lesiones al momento de realizar las pruebas de disparo correspondientes.

7. Se establecieron los lineamientos para realizar la capacitación al nuevo personal del laboratorio de balística, para el manejo y control de los nuevos procedimientos administrativos y técnicos para el correcto funcionamiento del nuevo cuarto de disparo.

RECOMENDACIONES

1. Realizar recorridos cada ocho días en los alrededores del cuarto de disparo para identificar situaciones cambiantes en los exteriores, en busca de desperfectos de construcción e instalación.
2. Realizar capacitaciones cada seis meses a todo el personal del laboratorio de balística para continuar con el proceso de mejora continua para garantizar su funcionalidad.
3. Realizar el cambio del agua residual de la cámara de disparo periódicamente y llevar un registro del lugar de desecho final.
4. Al finalizar las pruebas de disparo, clasificar los casquillos y proyectiles para llevar un mejor control al momento de ingresar las huellas balísticas al sistema IBIS.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asamblea Nacional Constituyente. *Constitución Política de la República de Guatemala*. Guatemala: Editorial Piedra Santa 1985. 34 p.
2. Congreso de la República de Guatemala. *Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas. Reglamento de salud y seguridad ocupacional*. Guatemala: Ministerio de Trabajo y Previsión Social de Guatemala 2014. 50 p.
3. GRIJALVA OSORIO, Estuardo René, *La investigación criminal en relación a la prueba de balística efectuada por la Policía Nacional Civil y su relación con el Departamento de Control de Armas y Municiones (DECAM)*. Guatemala: (s.e.), 2006. 32 p.
4. Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala. *Guía sobre el laboratorio de balística*. Guatemala: (s.e.), 2013. 19 p.
5. *Ley de armas y municiones*. Entidad: Congreso de la República de Guatemala, 1989. 27 p.
6. *Ley orgánica del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala*. Guatemala: Congreso de la República de Guatemala, 2006. 18 p.
7. MONTIEL SOSA, Juventino, *Manual de criminalística. Tomo I*. México: Ed. Limus S.A. de C.V, 1993. 60 p.

8. PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire: principios y sistemas: un enfoque energético*. 2a. ed. México: Noriega Limusa, 1999. 480 p.
9. SAUNDERSLOCLES, Roberto Jorge, *Tratado de balística, Tomo I*. Buenos Aires, Argentina: Ed. la Rocca S.R.L., 2005. 81 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Vista de cuarto de disparo actual**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Vista de recolección de proyectiles y cascabillos**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Prueba de disparo de arma de fuego**



Fuente: elaboración propia.

ANEXO

Anexo 1. Vista de instalación final de cámara de disparo RDX3



Fuente: *Cámara de disparo RDX3*. <http://www.arfus.mx/home/rdx3ES>. Consulta: 15 de septiembre de 2017.

