



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KIT DE CONVERSIÓN
NEUMÁTICO PARA UN SIMULADOR BALÍSTICO EN UNA
PISTOLA PIETRO BERETTA 92-FS DE CALIBRE 9 mm”**

RESPONSABLES

**TNTE. DE A. LÓPEZ PÉREZ, RENÉ ESTEBAN
SR. ENRÍQUEZ YÉPEZ, GUILLERMO ALFREDO**

DIRECTOR

ING. LOZA MATOVELLE, DAVID CÉSAR

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2018



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Certifico que el trabajo de titulación, **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KIT DE CONVERSIÓN NEUMÁTICO PARA UN SIMULADOR BALÍSTICO EN UNA PISTOLA PIETRO BERETTA 92-FS DE CALIBRE 9 mm”**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al Sr. René Esteban López Pérez con CI. 1714726252 y al Sr. Alfredo Guillermo Enríquez Yépez con CI. 1717992281, para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 26 de Enero del 2018

Sr. Ing. David Loza, Msc.
DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA E INGENIERÍA
MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Sr. TNTE. René Esteban López Pérez con Cl. 1714726252 y al Sr. Alfredo Guillermo Enríquez Yépez con Cl. 1717992281, declaro que este trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KIT DE CONVERSIÓN NEUMÁTICO PARA UN SIMULADOR BALÍSTICO EN UNA PISTOLA PIETRO BERETTA 92-FS DE CALIBRE 9 mm”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 30 de Enero del 2018

Sr. TNTE. René Esteban López Pérez
C.C. 1714726252

Sr. Alfredo Guillermo Enríquez Yépez
C.C. 1717992281



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA E INGENIERÍA
MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, Sr. TNTE. René Esteban López Pérez y el Sr. Alfredo Guillermo Enríquez Yépez, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la institución el presente trabajo de titulación : “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SOPORTE PROVISTO CON UN CONTROL MANUAL Y TELEOPERADO PARA LA AMETRALLADORA BROWNING CALIBRE 0.50 DE LOS VEHÍCULOS BLINDADOS DE EXPLORACIÓN PANHARD AML 90 DEL CICTE”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 30 de Enero del 2018

Sr. TNTE. René Esteban López Pérez
C.C. 1714726252

Sr. Alfredo Guillermo Enríquez Yépez
C.C. 1717992281

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación lo dedico, con mucho cariño y admiración:

A mis hijos: Daniela y Adrián López

A mi Esposa: Mayra Guerra

A mis Padres: René López y Cecilia Pérez

A mis hermanos: Fausto y Susan López

TNTE. DE A. López René

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación va dedicado a mis padres Rubén Patricio Enríquez Dávila y María Dolores Yépez Gonzalez; a mis hermanos Rubén Patricio Enríquez Yépez y Sandra Marly Enríquez Yépez; a mi novia Jessica Viviana Jácome Erazo, quienes han sido parte fundamental como fuente de motivación e inspiración para culminar con éxito esta etapa.

Guillermo Enríquez Yépez

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar un agradecimiento a Dios, por darme la fortaleza necesaria para continuar con un objetivo planteado en la vida.

A mi esposa Mayra por ser la compañera incansable, por tener la paciencia y brindarme el apoyo incondicional para poder cumplir esta meta.

A mis hijos Daniela y Adrián por ser la motivación, inspiración y el motor de mi vida para alcanzar este logro.

A mis padres René y Cecilia, gracias por sus consejos y su apoyo incondicional. Gracias por ser un ejemplo en mi vida, de ser una persona luchadora perseverante y constante que sin esos cimientos fomentados en casa no hubiese logrado alcanzar este objetivo.

A mi hermano Fausto por ser el ejemplo a seguir, por ser el líder, el consejero y la guía durante mi vida y la carrera militar.

A mi hermana Susan, por estar siempre pendiente de mi persona, ser mi amiga y brindarme todo el apoyo durante toda mi vida universitaria.

A mis cuñados Paúl y Fernanda, a mis sobrinos, tíos primos y a toda mi familia, por estar junto a mí, en los buenos y malos momentos.

A mi Director ING. David Loza por la guía, paciencia y supervisión, que durante el desarrollo del proyecto de titulación nos brindó.

Al CICTE, Centro de Investigación Científico Tecnológico del Ejército y de manera especial a mi Mayor Paredes Darwin por la colaboración brindada durante el transcurso del desarrollo del proyecto de titulación.

A todo el personal docente del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, que de una u otra manera colaboraron e impartieron los conocimientos suficientes, durante mi permanencia en esta prestigiosa Universidad,

A Guillermo Enríquez por la constancia, dedicación y sobre todo por no declinar durante este corto, pero a la vez duro objetivo que nos planteamos para lograr alcanzar nuestro objetivo.

TNTE. DE A. López René

Agradezco a Dios por haberme dado siempre la sabiduría y fortaleza para culminar con éxito el objetivo planteado hace varios meses atrás.

A mi padre Rubén Patricio Enríquez Dávila por enseñarme a amar cada vez más esta profesión gracias a cada proyecto que hemos compartido, a mi madre María Dolores Yépez Gonzalez por siempre tener las palabras exactas para motivarme cuando las cosas se ponían un poco difíciles.

A mis hermanos Rubén Patricio Enríquez Yépez y Sandra Marly Enríquez Yépez por demostrarme que a pesar de las circunstancias que se puede estar atravesando, siempre se puede salir adelante si se tiene el apoyo y motivación que solo un hermano lo puede brindar.

A mi novia Jessica Viviana Jácome Erazo por acompañarme durante el transcurso de mi carrera desde un inicio, por compartir varias materias y haber logrado juntos este objetivo.

A mi cuñada Erika Solorzano, mis sobrinos Dana Enríquez Solorzano, Tadeo Enríquez Solorzano, mi abuelita Pompeya Gonzalez, mis tíos y primos por hacer de esta etapa algo único y demostrarme que con un simple vaso de agua la familia siempre estará unida para apoyarse mutuamente.

A mi tutor de tesis, MSc. David Loza M, quien desde un inicio siempre nos motivó y ayudó, teniendo la paciencia para brindarnos su experiencia y consejos para estar siempre encaminados durante el proyecto

Al CICTE, Centro de Investigación Científico Tecnológico del Ejército por brindarnos las facilidades para que el proyecto pueda salir adelante y se haya logrado culminar de la mejor manera.

A los docentes de mi querida carrera de Ing. Mecánica, por compartir sus conocimientos, amistad y experiencia en cada materia cruzada y hacer de la etapa universitaria una aventura que quedará grabada por siempre en mi mente y corazón.

Al TNTE. DE A. René López, por demostrar responsabilidad, dedicación, perseverancia y apoyarme en momentos de ausencia, dando como resultado la culminación exitosa de nuestro proyecto de titulación.

Guillermo Enríquez Yépez

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
Resumen	xiii
Abstract	xiv
NOMENCLATURA USADA PARA EL CÁLCULO DE LA FUERZA Y VELOCIDAD DE RETROCESO	1
NOMENCLATURA USADA PARA EL CÁLCULO DE LA SOLDADURA	2
NOMENCLATURA USADA PARA EL CÁLCULO DE RESISTENCIA DE LOS PERNOS SELECCIONADO	3
NOMENCLATURA USADA PARA EL CÁLCULO DE LA CONSTANTE ELASTICA Y FUERZA DEL RESORTE	4
NOMENCLATURA USADA PARA EL CÁLCULO FUERZA DE RETROCESO USANDO EL KIT NEUMATICO	4
CAPÍTULO I	6
INTRODUCCIÓN	6
1.1 Planteamiento del problema	6
1.2 Antecedentes	7
1.3 Justificación e importancia.....	8
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo general	8

	x
1.4.2 Objetivos específicos	9
1.5 Alcance.....	9
1.6 Estructura del documento	11
CAPÍTULO II	13
ESTUDIO DEL ARTE	13
2.1 Tipos de arma de fuego	13
2.1.1 Armas por su tamaño.....	13
2.1.2 Por su calibre	14
2.2 Evolución del arma Pietro Beretta 92 FS	15
2.2.1 Pietro Beretta 92 FS.....	15
2.2.2 Pietro Beretta 92 FS Brigadier	15
2.2.3 Pietro Beretta 92 FS Centurion.....	16
2.2.4 Pietro Beretta 92 FS-C.....	17
2.2.5 Pietro Beretta 92 FS a utilizar	17
2.3 Tipos de polígonos virtuales	18
2.3.1 Simra II	18
2.3.2 Dvorak	19
2.3.3. Simaqtel	19
2.3.4 Codaltec	20
2.4 Tipos de gas usados en pistolas para polígonos virtuales	21
2.4.1 CO ₂	21
2.4.2 PCP	22
2.5 Resumen	23
CAPÍTULO III	24
DISEÑO Y ESTUDIO MECÁNICO DEL BANCO DE PRUEBAS Y DEL KIT NEUMÁTICO.....	24
3.1 VER ANEXO A.....	24
CAPÍTULO IV.....	25
CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS Y DEL KIT NEUMÁTICO	25
4.1 VER ANEXO B.....	25
CAPÍTULO V.....	26
COMPROBACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	26

5.1 VER ANEXO C.....	26
CAPÍTULO VI.....	27
ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO	27
6 Análisis económico	27
6.1.1 Costos directos	27
6.1.1.1 Costo de personal	27
6.1.1.2 Costo de materiales	28
6.1.2 Costos Indirectos	29
6.1.2.1 Gastos varios.....	29
6.1.3 Resumen de costos	29
6.2 Análisis de resultados para la viabilidad del proyecto.....	30
6.3 Resumen	30
CAPÍTULO VII	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
7 Introducción.....	31
7.1 Conclusiones.....	31
7.2 Recomendaciones	33
BIBLIOGRAFÍA	35
ANEXOS	37
A. CAPÍTULO III (DISEÑO Y ESTUDIO MECÁNICO DEL BANCO DE PRUEBAS Y DEL KIT NEUMÁTICO).....	37
B. CAPÍTULO IV (CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS Y DEL KIT NEUMÁTICO).	37
C. CAPÍTULO V (COMPROBACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS).	37
D. DIAGRAMAS DE FLUJOS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS Y DEL KIT NEUMÁTICO.....	37
E. PLANOS MECÁNICOS	37
F. MANUAL DE MANTENIMIENTO.....	37
G. MANUAL DE USUARIO	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro comparativo aire pre-comprimido vs dióxido de carbono ...	23
Tabla 8. Costo de personal	27
Tabla 9. Costos de construcción del kit neumático, banco de pruebas y sistema láser	28
Tabla 10. Gastos varios	29
Tabla 11. Resumen de costos	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Práctica de polígono virtual	9
Figura 2. Partes de la pistola Pietro Beretta	10
Figura 3. Tipos de armas largas y cortas	14
Figura 4. Tipos de calibres existentes	14
Figura 5. Pietro Beretta 92 FS	15
Figura 6. Pietro Beretta 92 FS Brigadier	16
Figura 7. Pietro Beretta 92 FS Elite	16
Figura 8. Pietro Beretta 92 FS Centurion	17
Figura 9. Pietro Beretta 92 FS-C	17
Figura 10. Polígono Virtual SIMRA	18
Figura 11. Polígono Virtual SIMAQTEL	20
Figura 12. Polígono Virtual CODALTEC	21

Resumen

El presente proyecto corresponde al diseño y construcción de un kit de conversión neumático para un simulador balístico en una pistola Pietro Beretta 92-FS de calibre 9 mm, adicional se diseñó y construyó un láser al inicio del tubo cañón con el fin de que pueda servir para el entrenamiento en polígonos virtuales, el arma se encuentra en dotación en los miembros del Ejército Ecuatoriano. Para conocer con más detalle el funcionamiento de dicha arma se procedió a utilizar una cámara de alta velocidad de la cual se pudo comprobar varios elementos previamente calculados, así como también fue necesario diseñar y construir un banco de pruebas con el fin de que al momento de realizar las pruebas de disparo los datos obtenidos se aproximen a la realidad. Posterior a eso y con el objetivo general planteado del diseño y construcción del kit neumático, después de su construcción se realizó varias pruebas para comprobar el comportamiento del arma e ir modificando los componentes del kit neumático hasta lograr minimizar las fugas existentes. Para el sistema láser implementado al igual que el kit fue necesario construirlo y modificarlo varias veces hasta lograr que no afecte ni altere las características principales del arma como por ejemplo su peso. Como resultado se logró un primer prototipo real y en funcionamiento para que sirva como base para posteriores mejoras e investigaciones.

PALABRAS CLAVE:

- **KIT NUEMÁTICO**
- **BANCO DE PRUEBAS**
- **SISTEMA LÁSER**
- **PISTOLA PIETRO BERETTA 92 FS 9 mm**

Abstract

The present project has relation with the design and construction of a kit pneumatic conversion for a ballistic simulator in a Pietro Beretta 92-FS caliber 9 mm gun. The kit pneumatic has a laser system in the barrel beginning, with the purpose to use in training at virtual polygons. Pietro Beretta 92-FS pistol is part of the equipment from the members of Ejército Ecuatoriano, for know the details about the pistol performance it was proceeded use a high speed camera for test the pre-calculated elements, it was necessary the design and construction of a banco de pruebas with the object that the Pietro Beretta 92-FS pistol shots are near of reality. After the test, and the general purpose of design and construction of a kit pneumatic, it was realized others tests to check the pistol performance modify the components and minimize the leaks found. It was necessary modify the laser system and kit pneumatic in several times for make sure that the weight and the main properties of the pistol are not altered. As a result it was got a first real functional prototype, that will help for future investigations.

KEYWORDS:

- **PNEUMATIC KIT**
- **TESTING BENCH**
- **LASER SYSTEM**
- **PISTOL PIETRO BERETTA 92 FS 9 mm**

NOMENCLATURA USADA PARA EL CÁLCULO DE LA FUERZA Y VELOCIDAD DE RETROCESO

SIGLA SIGNIFICADO

Mp	masa del arma
mb	masa del proyectil
vb	velocidad del proyectil
Ppistola	cantidad de movimiento de la pistola
Pbala	cantidad de movimiento de la bala
Vp	velocidad del arma
FPS	cuadros por segundo
#fotos	número de fotos
Dc	desplazamiento de la corredera
T	periodo
Vcc	velocidad de la corredera
Rpm	round per minute (disparo por minuto)
Fr	fuerza por la velocidad

NOMENCLATURA USADA PARA EL CÁLCULO DE LA SOLDADURA

SIGLA	SIGNIFICADO
h	altura de la garganta
b	ancho del ángulo
d	longitud del perfil
A	área de la soldadura
\bar{x}	centro de gravedad con respecto al eje x
\bar{y}	centro de gravedad con respecto al eje y
G	centro de gravedad
J _u	momento polar de inercia
J	segundo momento polar
M	momento
F _t	fuerza de trabajo
dist	distancia al centro de gravedad del ángulo
τ	esfuerzo cortante primario
r _{1..4}	radio al centro de gravedad 1 al 4
S _y	resistencia a la fluencia
S _u	resistencia a la tensión
S'	ciclos

NOMENCLATURA USADA PARA EL CÁLCULO DE RESISTENCIA DE LOS PERNOS SELECCIONADO

SIGLA SIGNIFICADO

$d_{1..3}$	distancia al centro de gravedad 1 al 3
F_r	fuerza de trabajo
d	distancia donde esta aplicada la fuerza
σ_{perno}	esfuerzo del perno
A_{perno}	área del perno
σ	resistencia mínima a la fluencia
$\sigma_{1,2}$	resistencia mínima a la fluencia por cada perno
F	fuerza actuante en el banco de pruebas
F_{perno}	fuerza que soporta cada perno
$F_{p1..3}$	fuerza soportada en el perno 1 2 y 3
$R_{p1..3}$	fuerza resultante en el perno 1 2 y 3
τ_p	esfuerzo cortante del perno
$\tau_{p1..3}$	esfuerzo cortante en el perno 1 2 y 3
σ_{equi}	esfuerzo equivalente
$f_{volcamiento}$	factor de volcamiento

NOMENCLATURA USADA PARA EL CÁLCULO DE LA CONSTANTE ELASTICA Y FUERZA DEL RESORTE

SIGLA SIGNIFICADO

Num	número de espiras
DM	diámetro mayor del muelle
d	diámetro del alambre de la espira
G	constante elástica del material
Kre	constante del resorte
Fre	fuerza del resorte

NOMENCLATURA USADA PARA EL CÁLCULO FUERZA DE RETROCESO USANDO EL KIT NEUMATICO

SIGLA SIGNIFICADO

des	desplazamiento
Dembolo	diámetro del embolo
Dvastago	diámetro del vástago
Mc	masa de la corredera
mp	masa del proyectil
Aembolo	área del embolo
Pnec	presión necesaria
Fvastago	fuerza del vástago
P	presión

F_{nec}	fuerza necesaria
g	gravedad
F_{piston}	fuerza del pistón
Peso	peso total de la corredera

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Con el estudio previo, análisis y problemática que existe en el desarrollo de armas a nivel nacional, se vio la necesidad prioritaria que tiene el Ejército Ecuatoriano para capacitar a sus soldados de una mejor manera y reducir los costos en la compra de munición.

Para ello se debe realizar un estudio de los que avances tecnológicos existen en el país y los países vecinos como es el caso de Perú, Colombia, Argentina entre otros, que tienen un avance significativo en la implementación de polígonos virtuales con sus respectivos kit's.

1.1 Planteamiento del problema

De acuerdo a la situación socioeconómica actual del Ecuador, en el ejército ecuatoriano no existen los suficientes recursos que se necesitan para poder capacitar y mantener a un soldado plenamente entrenado en el manejo de las armas en dotación que disponen. Quiere decir, que el precio de la munición y el traslado de los miembros de la fuerza terrestre a polígonos que brinden la seguridad adecuada para poder realizar tiro con munición real es demasiado costoso y los riesgos que corre el personal militar es muy alto. También, la inversión realizada en la compra de polígonos virtuales, que no brindan una realidad con la reacción del arma al ser disparada; no justifica su compra ya que no existe armamento adecuado para utilizarlos.

Por tal motivo que se ve necesario reducir los costos en capacitación del personal militar, desarrollando el uso de polígonos virtuales completos que pueden ser instalados en cada unidad militar. Por lo tanto es necesario crear un kit de conversión neumático el cual se aproximará a la fuerza de retroceso que produce una arma real y así poder mejorar y mantener un

entrenamiento programado de tiro de pistola por lo menos 3 veces al mes con su propia arma en dotación o una similar a ella, ya que no todos disponen de la misma Pietro Beretta 92 FS que va a ser utilizada en este estudio.

1.2 Antecedentes

Existen polígonos virtuales desarrollados e instalados en países vecinos con desarrollo socioeconómico similar al Ecuador, que sirven de entrenamiento para el personal militar, policial y compañías de seguridad.

En el país no existe una industria armamentista desarrollada, debido a que según el decreto ejecutivo 1121 emitido por la presidencia de la república manifiesta que:

Que F.M.S.B. SANTA BARBARA S. A. se constituyó mediante escritura pública celebrada ante el Notario Undécimo del cantón Quito, el 17 de diciembre de 1996, inscrita en el Registro Mercantil del Cantón Quito el 14 de enero de 1997, con el objeto de fabricar y comercializar municiones y, armas deportivas; producir y comercializar partes, piezas, elementos e implementos de metalmecánica liviana, servicios técnicos de mantenimiento de equipos, materiales y de armamentos de toda clase; y, producir y comercializar objetos metálicos para usos industriales (Presidente de la República , 2012)

De acuerdo al decreto antes mencionado se puede comprobar que no existe ninguna otra empresa certificada y avalada por parte del Ministerio de Defensa que investigue y fabrique partes de armas de fuego a nivel nacional.

Cabe recalcar que esta empresa, se ha dedicado a la repotenciación y remplazo de piezas de armas ya obsoletas. En lo que contempla en avances de investigación sobre armas neumáticas no existe ningún estudio hasta el momento.

1.3 Justificación e importancia

Al no poseer las instalaciones y las municiones necesarias, el factor tiempo y los recursos económicos están siendo mal aprovechados por las Fuerzas Armadas. La importancia del presente trabajo servirá para el entrenamiento de varios miembros de las diferentes instituciones que conforman las Fuerzas Armadas, al utilizar una pistola Pietro Beretta 92-fs de calibre 9 mm, adaptada una cámara neumática dando la impresión de estar manejando una pistola real, la misma que podrá ser utilizada en un polígono virtual, permitiendo el mejoramiento de habilidades de los usuarios, realizando una planificación semanal a bajo costo, reduciendo así el uso de municiones, cuya adquisición es un valor muy considerable en el presupuesto nacional asignado a las instituciones armadas.

También, el presente proyecto tiene la línea de investigación encaminada a la seguridad y defensa, cumpliendo así con el plan nacional del buen vivir en varios parámetros tales como mejorar la capacidad operativa de las Fuerzas Terrestre, impulsar la investigación y desarrollo tecnológico para la Defensa Nacional, disponer de Talento Humano capacitado y comprometido con los intereses Institucionales y del Estado, desarrollar las capacidades esenciales para cumplir misiones en operaciones de mantenimiento de paz y ayuda humanitaria en representación del estado ecuatoriano y por último aplicar principios de Economía de Defensa para optimizar y racionalizar los gastos de defensa. (Ministerio de Defensa Nacional, 2010)

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Realizar el diseño y construcción de un kit de conversión neumático para un simulador balístico en una pistola Pietro Beretta FS de calibre 9mm.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento digital en software CAD del arma y sus componentes.
- Cuantificar de forma experimental la fuerza de retroceso generada en el disparo.
- Diseñar los mecanismos de disparo del sistema de conversión del arma.
- Construir los elementos del kit de conversión mediante la utilización CAD/CAM.

1.5 Alcance

Dentro de la simulación de una práctica de tiro (ver figura 1), se requiere ofrecer el mayor realismo posible, el simulador permite al soldado utilizar su propia arma real, para que mantenga la familiaridad, el peso y la maniobrabilidad que tiene sobre su propia arma.



Figura 1. Práctica de polígono virtual
Fuente: DIGITALAVMAGAZINE, 2014

Se realizó una práctica de tiro con el arma Pietro Beretta 92-FS de calibre 9mm, para tener en claro, cual es el funcionamiento y desempeño en el momento de disparar con munición real.

Posteriormente se realizó un estudio de las partes, elementos y componentes que funcionan en los mecanismos de disparo, así como también cual es el funcionamiento del arma en sí. Consecuentemente tenemos que tener en claro cuál de los sistemas neumáticos posiblemente pueden integrar nuestro kit de conversión.



Figura 2. Partes de la pistola Pietro Beretta
Fuente: (Tristina,2016)

Para realizar dicho proyecto se procedió a levantar los planos de cada parte y elemento para que facilite el diseño y construcción del sistema de conversión neumático de la pistola Pietro Beretta 92-FS 9 mm, que se encuentra en dotación en el Ejército Ecuatoriano. Motivo por el cual, se procedió a la adaptación de un láser en el tubo cañón del arma mencionada, un sistema de aire comprimido en la alimentadora y el mecanismo de piezas para la activación del disparo, reproduciendo el efecto de retroceso que existe cuando se dispara con munición real.

Para un mejor desempeño del arma y obtener datos estadísticos con repetitividad se procedió a realizar un armazón de fijación de la pistola, el mismo que consta de planos para garantizar su correcto funcionamiento, una cámara de alta velocidad fue el instrumento medida para obtener la velocidad de retroceso de la corredera y así conocer la fuerza de retroceso que produce el arma.

El sistema implementado en el arma es una parte fundamental dentro de un simulador virtual que es el que permite fijar diversos ejercicios de agilidad

y precisión, como los que se realizan en una práctica de tiro o en situación real.

Por último, por razones de seguridad se tomó medidas de confidencialidad al no publicar detalles que pongan en riesgo la integridad del Ejército Ecuatoriano.

Cabe aclarar que el láser a implementar no será calibrado con respecto al polígono virtual que se está desarrollando actualmente ni con el polígono existente en el batallón 69, ya que este proceso todavía falta ser desarrollado de una mejor manera.

1.6 Estructura del documento

El capítulo uno se desarrolló la introducción al presente documento, el cual consta de las siguientes partes: planteamiento del problema, antecedentes, justificación e importancia, objetivos y alcance

El capítulo dos consta el estudio del arte donde se estudió y analizó otras investigaciones sobre los polígonos virtuales y kit's de conversión existentes en el mercado nacional.

El capítulo tres contiene la metodología y diseño del kit de conversión en el que consta de las siguientes partes: estudio previo de las partes y componentes del arma, diseño del banco de pruebas, y diseño del kit neumático.

En el capítulo cuatro se procedió a la construcción del banco de pruebas y el kit neumático.

El capítulo cinco consta del el análisis de los resultados obtenidos mediante la simulación en el software como también del funcionamiento del kit neumático.

Para el capítulo seis se realizó un análisis económico y financiero sobre los costos que fueron necesarios realizarlos para la construcción del presente proyecto.

Por último el capítulo siete consta de las conclusiones obtenidas al final del desarrollo del proyecto, como también recomendaciones que pueden aportar para un mejoramiento en futuras investigaciones.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DEL ARTE

El estudio del arte que comprende el capítulo II, se enfoca en conceptos básicos como tipos de arma de fuego que existen y sus diferentes calibres; tomando en cuenta que una de las armas en dotación que existen en el país, es la pistola Pietro Beretta de calibre 9 mm, es importante realizar un estudio de la evolución que ha tenido esta arma a través del tiempo. Adicional se va a realizar un análisis de los diferentes polígonos virtuales que están siendo comercializados en países de Latinoamérica, cabe recalcar que por motivos de seguridad no se puede acceder a toda la información que ocuparon en su diseño y desarrollo de todo el polígono virtual.

2.1 Tipos de arma de fuego

Existen varias clasificaciones en las cuales se puede dividir las armas de fuego, por tal motivo se ha seleccionado las más importantes que son: por su tamaño y por su calibre

2.1.1 Armas por su tamaño

Dentro de este grupo se tiene a las armas largas y cortas. En las primeras lo que predomina es su tamaño que va alrededor de los 90 cm, para su correcto uso se debe emplear tres puntos de apoyo que son las dos manos y el hombro; por ejemplo fusiles, carabinas, escopetas, rifles, entre otros. En las armas cortas su tamaño bordea los 20 cm y para su correcta aplicación puede ser accionado con una sola mano pero a nivel de fuerzas legales se ocupa las dos manos, algunos ejemplos en armas cortas son: pistolas, revolver, subametralladoras, entre otras (ver figura N° 3).



Figura 3. Tipos de armas largas y cortas
Fuente: (CDN Últimas Armas, 2016)

2.1.2 Por su calibre

Existen tres tipos de calibre para las armas de fuego que son: pequeño, mediano y grueso calibre (ver figura N° 4).

Las de pequeño calibre son las que tienen el diámetro del tubo cañón menor a 20 mm y estas municiones son del 5.56, 7.62, 9, y 11 mm.

Mientras que las de mediano calibre son las que tienen el diámetro del tubo cañón entre 20 y 75 mm en este grupo se encuentran las siguientes municiones 37, 38 y 40 mm.

Por último las de grueso calibre tienen su tubo cañón mayor a 75 mm como son 122.4, 127, 148, 155 y 160 mm.



Figura 4. Tipos de calibres existentes
Fuente: (K41 - KN3, 2016)

2.2 Evolución del arma Pietro Beretta 92 FS

2.2.1 Pietro Beretta 92 FS

El primer modelo del arma Pietro Beretta 92 FS fue entregado en el año de 1985 dando su uso para pruebas del ejército de los Estados Unidos, conocida como M9 de 9 mm es fabricada por la compañía Beretta USA. Su cañón es cromado, el guardamano es mejorado para ejecutar el tiro con ambas manos, su terminación bruniton ayuda para que no se resbale el arma y para una mayor seguridad consta de un seguro desconectador de gatillo (ver figura N° 5).



Figura 5. Pietro Beretta 92 FS
Fuente: (BP, 2016)

2.2.2 Pietro Beretta 92 FS Brigadier

La 92 FS Brigadier es una versión de bajo retroceso y alta durabilidad. La mira trasera incluida puede ser reemplazada por el usuario. Su presentación puede ser estándar o Inoxidable. La liberación del cargador reversible ayuda al operador utilizar cualquiera de las dos manos (ver figura N° 6).



Figura 6. Pietro Beretta 92 FS Brigadier
Fuente: (Beretta, 2016)

En el modelo Elite su principal mejora se encuentra en su cañón que es ligeramente recortado hasta un largo de 119 mm, también cuenta con un martillo esqueletizado para reducir el peso del arma logrando que su corredera gaste menos energía al momento de cargar la munición; esto le ayuda a que tenga una mayor fuerza de disparo.

Su última mejora se encuentra en la parte frontal de la Elite donde se puede colocar apuntadores láser o linternas (ver figura N° 7).



Figura 7. Pietro Beretta 92 FS Elite
Fuente: (Pistolas Beretta, 2016)

2.2.3 Pietro Beretta 92 FS Centurion

Ahora discontinuada, fue análoga a la Col Comandante 1911, existen dos versiones que son la 92 y 96. La ventaja de la Centurion es que se puede adoptar partes de la 92 FS aunque Beretta (creadora de las pistolas)

no recomienda ya que puede funcionar por un tiempo, y se experimentaría un mayor desgaste también la alimentación es menos fiable (ver figura N° 8).



*Figura 8. Pietro Beretta 92 FS Centurion
Fuente: (Beretta Centurion, 2016)*

2.2.4 Pietro Beretta 92 FS-C

Su versión es más compacta al modelo 92 FS, cuenta con un carro y cuadro más corto, y su alimentadora es para 13 cartuchos. Interiormente es igual al modelo 92 FS (ver figura N° 9).



*Figura 9. Pietro Beretta 92 FS-C
Fuente: (Beretta 2016, s.f.)*

2.2.5 Pietro Beretta 92 FS a utilizar

Una vez realizado el estudio de la evolución de la pistola Pietro Beretta, se va a basar el presente estudio en la pistola **Pietro Beretta modelo 92 FS**, ya que esta arma se encuentra en dotación de las Fuerzas Armadas del Ecuador. Al desarrollar este sistema se está aportando al desarrollo de un

polígono virtual, que va a mejorar el manejo del arma en dotación, su capacidad y reacción de como si fuese con munición real.

2.3 Tipos de polígonos virtuales

2.3.1 Simra II

El SIMRA II es un polígono virtual instalado en las Fuerzas Armadas de Argentina que permite en el entrenamiento al personal militar en el manejo y adaptabilidad de las armas portátiles que tienen en dotación, tal es el caso las pistolas Browning, FM Classic, Pietro Beretta que son de calibre 9mm; de los fusiles FAL de calibre 7.62mm.

Éste sistema, el retroceso del arma se produce por una manguera conectada un tanque de CO₂ (dióxido de carbono), por donde circula aire comprimido que le permite a la corredera abrirse y cerrarse, aproximándose a producir el retroceso normal de un arma disparada con munición real (ver figura N° 10). (Citedef, 2016)



Figura 10. Polígono Virtual SIMRA
Fuente: (Citedef, 2016)

2.3.2 Dvorak

El sistema implementado por la empresa DVORAK, tiene su mejora en la alimentación neumática, la cual ayuda al momento de simular el retroceso del arma.

La alimentación se realiza mediante un tanque embebido en la alimentadora, dotando al practicante de una sensación más cercana a la real al eliminarse los cables y mangueras visibles que pueden incomodar o distraer al personal al momento de su entrenamiento. (DVORAK, 2016)

2.3.3. Simaqtel

Es una empresa que trabaja en el desarrollo de Sistemas y Máquinas Inteligentes en el país vecino del Perú, donde el polígono virtual desarrollado fue diseñado para ser manejado de una manera muy sencilla, donde se puede seleccionar las armas con las que se desea realizar el entrenamiento, ya sean estos fusiles o pistolas.

El nuevo sistema de polígonos de tiro virtual realizado por SIMAQTEL SAC, se enfocó en el entrenamiento del personal de las Fuerzas Armadas, Fuerzas Policiales y Compañías de Seguridad.

El sistema es un conjunto de dispositivos electromecánicos de video y cómputo que están integrados con armas verdaderas modificadas, que reproducen la realidad de un Polígono de tiro de armas ligeras de fusil y/o pistola sin la participación de medios ígneos o fumígenos (ver figura N°11). (SIMAQTEL SISTEMAS Y MAQUINAS INTELIGENTES, 2016).



*Figura 11. Polígono Virtual SIMAQTEL
Fuente: (Simaqtel, 2016)*

2.3.4 Codaltec

Es un polígono virtual desarrollado para la Policía Colombiana, por parte de la empresa Corporación de Alta Tecnología (CODALTEC) radicada en este país. El simulador fue desarrollado con varios escenarios para mejorar en el manejo, familiarización de las armas y así mejorar su precisión y sobre todo su capacidad de reacción en cualquier escenario que se le presente a cada integrante de la institución; utilizan la pistola Sig Sauer SP2022 y el fusil Galil ar 5.56.

El sistema utilizado en las armas, es un sistema de gas comprimido, con sensores ópticos. El sistema Codaltec fue creado con el objetivo de ahorrar municiones y todos los recursos utilizados para la realización de los ejercicios de entrenamiento de los miembros de esta fuerza del orden.

La distancia a la que puede ser desarrollada este escenario es de hasta 200m, en proporciones reales (ver figura N° 12).



Figura 12. Polígono Virtual CODALTEC
Fuente: (Codaltec , 2016)

2.4 Tipos de gas usados en pistolas para polígonos virtuales

2.4.1 CO₂

Conocido como dióxido de carbono o también anhídrido carbónico, es un gas que proporciona potencia para un disparo semiautomático. Es considerado un gas contaminante para el medio ambiente, pero, al ser usado en bajas cantidades para el uso en armas se debe tener ciertas precauciones para evitar molestias y accidentes como son:

- Se debe evitar en lo posible que golpeen el suelo.
- Su almacenaje debe ser en un lugar seguro y separado de las armas.
- No se debe dejar en interiores cerrados que sean expuestos al sol.
- Se recomienda tener una buena ventilación en casos de que se vaya a disparar en áreas cerradas y en grandes cantidades.

Las pistolas, carabinas, rifles, entre otras armas, utilizan el CO₂ como un sistema de propulsión, por medio de un recipiente donde se almacena el CO₂ y una válvula que se acciona para el paso del gas que, en el caso de las armas es el gatillo disparador el que permite realizar el disparo del balín o la señal laser según sea el método de entrenamiento.

2.4.2 PCP

El acrónimo PCP nace por su significado en inglés “*Pre Charged Pneumatic*” que, traducido al idioma español se lo puede definir como “*Sistema de potencia por aire precomprimido*”, siendo este uno de los sistemas más antiguos y de los mejores en la historia de las armas que no utilizan pólvora.

Su funcionamiento es sencillo, se debe llenar de aire el depósito a cierta presión (depende de la capacidad del tanque), el sistema de regulación se encarga de la dosificación requerida para cada disparo,

Con la ejecución de cada disparo la presión existente en el depósito va disminuyendo en función a su curva de potencia que es característica de cada diseño. Según estudios realizados anteriormente la variación de velocidad entre cada disparo es muy reducida por lo que se obtiene disparos consistentes y precisos uno tras otro.

Las formas más comunes para llenar el depósito de gas PCP son las siguientes:

1. Por medio de un inflador manual, en este método el esfuerzo físico que se necesita por medio de la persona es mucho mayor y el tiempo empleado también aumenta.
2. Otro método utilizado y que brinda mejores resultados es con la ayuda de un tanque de buceo previamente cargado por aire. Aproximadamente son cargados con 3000 PSI, para esto se requiere de adaptadores que se los puede conseguir a precios bajos.
3. Por último, aunque un poco más costoso se puede adquirir un compresor eléctrico de alta presión el cual llega a la presión requerido en pocos minutos.

Para conocer el método de alimentación que se va a utilizar se estudió las ventajas y desventajas de estos dos sistemas (ver tabla N° 1),

considerando que la mejor opción y la seleccionada fue el sistema de aire comprimido.

Tabla 1.

Cuadro comparativo aire pre-comprimido vs dióxido de carbono

CUADRO COMPARATIVO DE AIRE PRE-COMPRIMIDO (PCP) vs DIÓXIDO DE CARBONO (CO2) EN ARMAS NEUMÁTICAS		
VENTAJAS Y DESVENTAJAS		
Gas	PCP	CO2
Vibración	No produce	No produce
Puntería	No afecta	No afecta
Temperatura	Insensible	A bajas temperaturas cambia de estado G-L y altas temperaturas explota
Máxima presión	204 bar	70 bar
Recarga	\$3	\$10

2.5 Resumen

En el capítulo dos se desarrolló el estudio del arte, donde fue necesario conocer más a fondo sobre la pistola que se utilizó en el desarrollo del proyecto, como por ejemplo el tipo de calibre que maneja la pistola y dentro de que clasificación se encuentra.

La evolución de la pistola fue necesaria conocerla ya que al existir varios modelos, es importante conocer si la pistola seleccionada se encuentra aún en fabricación, como también si son tomadas en cuenta para el uso en los polígonos virtuales que fueron estudiados.

Por último, conociendo que ya existen varios modelos de polígonos virtuales, fue importante estudiar los dos tipos de alimentación que son utilizados en el mercado, como son el gas comprimido y el CO2. Gracias a esto se pudo seleccionar el sistema que se utilizó en el proyecto.

CAPÍTULO III
DISEÑO Y ESTUDIO MECÁNICO DEL BANCO DE PRUEBAS Y
DEL KIT NEUMÁTICO

3.1 VER ANEXO A

CAPÍTULO IV
CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS Y DEL KIT
NEUMÁTICO

4.1 VER ANEXO B

CAPÍTULO V
COMPROBACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 VER ANEXO C

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

Pensando en los recursos económicos que implican el desarrollo del prototipo, es fundamental realizar el análisis económico para conocer a detalle donde se puede reducir los costos para una futura construcción y así conocer la viabilidad del proyecto.

6 Análisis económico

Para determinar el capital necesario para la realización del presente proyecto y evaluar si este es viable para su fabricación en serie según los requerimientos impuestos por la entidad auspiciante del proyecto el CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DEL EJÉRCITO CICTE, se procederá a analizar los costos directos e indirectos.

6.1.1 Costos directos

Los costos directos de un proyecto en general son los que influyen de una manera directa durante el desarrollo del mismo, por lo tanto se procederá a analizar los costos del presente proyecto.

6.1.1.1 Costo de personal

Tabla 2.

Costo de personal

Función	Días	Costo diario	Costo total
Soldador	1	40	40
Torno	15	6,67	100
Fresadora	15	6,67	100
Eléctrico	10	5	50
		TOTAL	290,00

6.1.1.2 Costo de materiales

Tabla 3.

Costos de construcción del kit neumático, banco de pruebas y sistema láser

COSTOS KIT NEUMATICO			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Tubo cañón parte superior	1	75	75
Tubo cañón parte inferior	1	75	75
Pieza paso gas	1	45	45
Tapón	1	12,5	12,5
Pistón	1	12,5	12,5
Seguro	1	0,5	0,5
Cilindro 3000 PSI	1	85	85
Manguera 3000 PSI	1	40	40
Fundición de alimentadora	2	10	20
Cañería de plástico	1	20	20
Pinza	1	16	16
Rulimanes	7	0,71	5
Silicone y rines	15	0,47	7
Cañería de acero	1	15,00	15
Retenedores	15	0,07	1
Alquiler de tanque 3000PSi	2	10,00	20
Válvulas	10	1,50	15
Recagar de tanque 3000PSI	3	3	9
Acople	1	40	40
		SUBTOTAL	513,5
		IVA 12%	61,62
		TOTAL	\$ 575,12

COSTOS BANCO DE PRUEBAS			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Plancha de acero	1	10	10
Pernos 5/16"	3	0,5	1,5
Perno	1	0,1	0,1
Arandelas de presión	3	0,25	0,75
Arandelas planas	4	0,25	1
Tuercas	3	1	3
Perfil L 75x75x6 mm	2	5	10
Platina	1	3	3
Accionador	1	3	3
Pieza para canal	1	15	15
Moldura izquierda	1	7	7
Moldura derecha	1	7	7
Neopreno 300x255x8 mm	1	5	5
Munición 9 mm para pruebas	60	1,5	90
		SUBTOTAL	156,35
		IVA 12%	18,762
		TOTAL	175,112

COSTOS SISTEMA LASER			
Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Impresión 3d	2	15	30
Elementos electrónicos	5	2	10
		SUB TOTAL	40
		IVA 12%	\$ 4,80
		TOTAL	44,8

Total de costos directos: \$835.03

6.1.2 Costos Indirectos

6.1.2.1 Gastos varios

Tabla 4.

Gastos varios

Descripción	Valor total
Útiles de oficina	20
Impresiones	25
Movilización	20
TOTAL	\$ 65,00

Total de costos indirectos: \$65.00

6.1.3 Resumen de costos

Tabla 5.

Resumen de costos

Descripción	Valor total
Costos directos	835,03
Costos indirectos	65
Imprevistos	50
TOTAL	\$ 950,03

6.2 Análisis de resultados para la viabilidad del proyecto

Si bien los costos totales necesarios para la realización del proyecto es de \$950.03 dólares americanos, se debe tomar en cuenta que para el diseño y construcción del kit neumático solamente se realizó una inversión de \$835.03 dólares americanos.

Lastimosamente como se detalla en el cuadro COSTOS KIT NUEMÁTICO, no se dispone de un valor exacto sobre una pistola Pietro Beretta 92FS la cual es necesaria para la utilización del kit.

Se solicitó al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, que se done dos pistolas Pietro Beretta 92FS calibre 9 mm dados de baja para el estudio y realización del proyecto pero, no se obtuvo una respuesta favorable.

6.3 Resumen

En el capítulo seis se analizó la viabilidad del proyecto para conocer si es rentable o no su fabricación en serie en un futuro. Dando como resultado que si es viable realizarlo ya que, aunque no se dispone de un valor exacto de un kit neumático que ocupan los diferentes polígonos virtuales antes estudiados al ser el primer prototipo desarrollado en el país es un costo muy bajo, considerando que existe solo un 37.35% de error en relación a la fuerza de retroceso obtenida.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7 Introducción

En el presente capítulo se expondrán las conclusiones y recomendaciones obtenidas a lo largo de la realización del presente trabajo de titulación.

7.1 Conclusiones

Se diseñó y construyó un kit de conversión neumática para una pistola Pietro Beretta 92-FS. De acuerdo al análisis realizado, los componentes que fueron reemplazados son los siguientes: el tubo cañón, la munición (calibre 9mm) y la alimentadora, por el motivo de que son las partes más fáciles de manipular en mencionada arma. Las piezas que conformaron el kit neumático fueron: un tubo cañón modificado con cámara de aire, un recipiente externo a presión, una nueva alimentadora con una cañería interna, una pieza conectora que permite el paso del gas hacia el tubo cañón y la pieza roscada que contiene el circuito láser.

Las nuevas partes del kit neumático fueron fabricadas para permitir una sensación semejante a la realidad para que el usuario pueda aplicar correctamente su entrenamiento. El mencionado kit funciona con una fuerza de retroceso de 72.58(N), es decir, que se tiene una sensación del 62.65% del valor de la fuerza de retroceso con munición real.

En el proyecto se realizó el despiece de las partes y componentes de la pistola Pietro Beretta (sumando alrededor de 60 piezas), por lo que se pudo caracterizar el comportamiento y funcionamiento del sistema integrado de mencionada arma de fuego. Lo cual, permitió seleccionar que partes deberían ser reemplazadas para construir las piezas del kit neumático, sin afectar el funcionamiento normal del arma.

Para cuantificar la fuerza de retroceso generada en el disparo fue necesario diseñar y construir un banco de pruebas, el cual fue validado con simulación numérica. Los resultados de la simulación fueron los siguientes: la fuerza de retroceso es de 115.867 N con una velocidad de la corredera de 3.024(m/s) que sería el valor teórico, mientras que el valor de la corredera real medido con la cámara de alta velocidad fue de 2.937 (m/s) con una fuerza de retroceso de 112.769 N, dando así un porcentaje de error de 2.67%. Lo cual indica que el valor calculado es aproximado a la realidad y las condiciones iniciales son las apropiadas. Las características que fueron consideradas fueron: el peso del arma, cadencias de disparo, la velocidad de salida de la bala, peso del proyectil, distancia de recorrido de la corredera fueron consideradas de una manera correcta para garantizar así la vida útil y funcionalidad del banco de pruebas.

Se diseñó el mecanismo de disparo considerando varios factores como son: material a mecanizar, precisión y acabado deseado, complejidad a la hora de su ensamble, disponibilidad de las herramientas necesarias para los diferentes agujeros y secciones que tiene el kit neumático. Tomando en cuenta estos factores se decidió realizar en acero K100 el pistón neumático, acero plata para el tubo cañón y la pieza conectora para el paso del gas, y por último en fundición de aluminio la alimentadora; todos estos materiales considerados ayudan que el peso del arma se asemeje a la realidad.

Se realizó la construcción de los elementos basados en el diseño CAD, donde fue especificado la precisión, y acabado requerido; mientras que para la construcción no fue posible realizarlo mediante CAM por lo que se realizó en tornos y fresadoras convencionales donde, no se logró tener la precisión deseada e hizo que exista la presencia de fugas internas afectando así la fuerza de retroceso del arma y el número de disparos que se puede alcanzar.

El prototipo primordialmente busca reducir costos en el gasto de la capacitación y entrenamiento del personal militar en el manejo de armamento de calibre menor. De acuerdo al análisis costo beneficio, el

personal militar gasta alrededor de \$0.52 centavos de dólar, por cada munición; y con el kit neumático por cada disparo gastaría \$0.05 centavos de dólar. Tomando en cuenta que se debe corregir algunas fugas posteriores, con el recipiente se logra 60 disparos, debido a que se maneja con una capacidad máxima de 0.8 litros a una presión máxima del recipiente de 3000psi, teniendo una presión de salida de la válvula del tanque de 250psi.

7.2 Recomendaciones

Se recomienda, impulsar el desarrollo de nuevos prototipos de kits neumáticos, para los distintos tipos de armas de calibre menor que mantiene en dotación el Ejército Ecuatoriano, tales como son: Glock, Taurus, Pistola HK, Smith Wesson, entre otras. Debido a que mencionado desarrollo, abaratará costos en el entrenamiento del personal militar.

Para cuantificar la fuerza de retroceso se recomienda utilizar sensores inerciales y acelerómetros, que tengan la capacidad de capturar los desplazamientos bruscos que se producen en un arma de fuego, o en su lugar, acudir a un centro tecnológico donde manejen un soporte técnico adecuado para dichos estudios y así poder analizar de mejor manera el retroceso de cualquier pistola.

Para mejorar el sistema de la señal láser implementado en la Pistola Pietro Beretta, se recomienda analizar otros tipos de sensores. Como por ejemplo: un sensor de choque, para que mejore el pulso de salida de la señal láser buscando así, un mejor ajuste de la señal en el polígono virtual a implementarse.

Se sugiere analizar alternativas en cuanto al material y los diferentes tipos de tratamientos térmicos que se pueden aplicar para la construcción de todos los elementos del kit neumático y banco de pruebas. En el proyecto se

realizó con materiales comunes en manejo de armamento (k100, acero plata).

Para la construcción de los elementos del kit de conversión se recomienda utilizar maquinas CNC de alta precisión. El kit actual posee ciertas fugas, debido a que no se cumplieron con las tolerancias especificadas debido al procedimiento de mecanizado realizado.

Se sugiere a la parte interesada del proyecto, realice una mejor gestión económica ya que en mencionado prototipo todos los costos fueron asumidos por los autores que desarrollaron el kit neumático. Por lo tanto buscando abaratar costos, se redujeron los parámetros de calidad en cuanto a construcción, bajando el desempeño del prototipo construido.

BIBLIOGRAFÍA

- McLaren, E. (7 de Junio de 2015). *FDRA - Fuerza Terrestre*. Obtenido de Ametralladoras: Browning M2 calibre .50 (USA): <http://fdra-terrestre.blogspot.com/2015/06/ametralladoras-browning-m2-calibre-50.html>
- BOHMAN, I. (2016). CATALOGO GENERAL.
- CICTE . (s.f.). *CICTE - Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Ejército / Información General*. Obtenido de <http://www.espe.edu.ec/portal/portal/main.do?sectionCode=1109>
- Instituto de Investigaciones Cientificas y Técnicas para la Defensa - Citedef*. (2016). Obtenido de http://www.citedef.gob.ar/?page_id=176
- Codaltec Corporación de Alta Tecnología*. (2016). Obtenido de <http://www.codaltec.com/es/productos/134/simulador-de-pol%C3%8Cgono-virtual>
- Cooke, G. W. (29 de Diciembre de 2006). Guía de referencia de Estados Unidos Infantería Armas de Gary. En *Browning M2 calibre .50 ametralladora*. EE.UU.
- ELIAS, J. (24 de Junio de 2008). *Desarrollo Y Defensa*. Obtenido de http://desarrolloydefensa.blogspot.com/2008_05_25_archive.html
- GLANCOLI, C. D. (2006). *Física. Principios Con Aplicaciones, Sexta Edición*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Instituto de Investigaciones Cientificas y Técnicas para la Defensa*. (2016). Obtenido de http://www.citedef.gob.ar/?page_id=176
- Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. (2008). La Estación Espacial Internacional (ISS) acoge el experimento español de tribología TRIBOLAB. *Tecnalia Corporación Tecnológica*.

- JEWETT, S. (2008). Física Para Ciencias e Ingeniería. En *Cantidad de Movimiento Lineal y Colisiones* (págs. 228-229). EDITEC S.A. de C.V.
- Ministerio de Defensa Nacional*. (2010). Obtenido de <http://www.defensa.gob.ec/>
- Santa Barbara. (19 de 04 de 2012). Obtenido de <http://www.santabarbara.gob.ec/wp-content/uploads/2016/03/8.Decreto-1121-Creaci%C3%B3n-EMSB-EP.pdf>
- Simaqtel*. (2016). Obtenido de <http://simaqtel.com.pe/project/poligonos-de-tiro-virtual/>
- The Army Maintenance Management System (TAAMS). (s.f.). *Manual Del Operador, Ametralladora Modelo M2HB/QCB .50 CAL*.
- Nisbett, R. G. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (Octava ed.). México D.F: McGraw-Hill.
- Norton, R. L. (2011). *DISEÑO DE MÁQUINAS, Un enfoque integrado* (Cuarta ed.). México: Pearson.

ANEXOS

A. CAPÍTULO III (DISEÑO Y ESTUDIO MECÁNICO DEL BANCO DE PRUEBAS Y DEL KIT NEUMÁTICO).

B. CAPÍTULO IV (CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS Y DEL KIT NEUMÁTICO).

C. CAPÍTULO V (COMPROBACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS).

D. DIAGRAMAS DE FLUJOS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS Y DEL KIT NEUMÁTICO.

E. PLANOS MECÁNICOS

F. MANUAL DE MANTENIMIENTO

G. MANUAL DE USUARIO

