

INSTITUTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO DEL EJÉRCITO

**ESCUELA DE POSGRADO
GRAL DIV EDGARDO MERCADO JARRÍN
CARRERA DE INGENIERIA DE SISTEMA DE ARMAS**



TESIS

**Diseño de una Línea de Producción de Balas sin Plomo en la Fábrica de Armas
y Municiones del Ejército - 2024**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
Maestro en Ingeniería de Sistemas de Armas**

PRESENTADO POR:

Bachiller Edgar Alexis Rosas Espinoza (0000-0002-1006-250X)

ASESOR:

Dr. William Bobadilla Saavedra (0000-0002-7175-0453)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tecnologías de propulsión y municiones

Lima, octubre del 2024

DEDICATORIA

A mi madre Consuelo
a mi amada esposa
Marcelina y a mi hijo
Edson Daniel

AGRADECIMIENTO

Al personal militar y civil de la FAME SAC, a la dirección, departamentos y administrativos del ICTE y a todos los docentes quienes nos dedicaron su tiempo y sus conocimientos.

INDICE GENERAL

CARÁTULA	
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE GENERAL	iii
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE TABLAS	vi
LISTA DE ACRÓNIMOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1 Formulación del problema	3
2.2 Objetivo de la investigación	7
2.2.1 Objetivo general	7
2.2.2 Objetivos específicos	7
2.3 Resumen de contribuciones	7
2.4 Estructura del trabajo de investigación	9
CAPÍTULO III ESTADO DEL ARTE	11
3.1 Antecedentes internacionales	11
3.2 Antecedentes nacionales	12
CAPITULO IV MARCO TEÓRICO	14
4.1 Conceptos Básicos	15
CAPÍTULO V DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	23
5.1 Metodología	23
5.2 Análisis de procesos en la planta de latón	24
5.2.1 Obtener la materia prima adecuada	24

5.3 Análisis de procesos en la planta de fabricación	34
5.3.1 Establecer la disposición de la maquinaria para el proceso productivo de la bala sin plomo	34

CAPITULO VI RESULTADOS Y DISCUSIONES	48
---	----

6.1 Experimentos y pruebas realizadas	48
---------------------------------------	----

6.2 Resultados	49
----------------	----

6.3 Evaluación general	54
------------------------	----

6.4 Dificultades no previstas y su solución	50
---	----

CAPITULO VII CONCLUSIONES RECOMENDACIONES	56
--	----

REFERENCIAS	60
--------------------	----

ANEXOS	61
---------------	----

Anexo 01 Comparativo de materia prima.

Anexo 02 Pruebas laboratorio de barra de latón 90/10.

Anexo 03 Modelo de encuesta, resultados y validez.

Anexo 04 Cálculo de corte de barras en tochos para bala.

Anexo 05 Pruebas de laboratorio de balas de latón 90/10.

Anexo 06 Equivalencia de dureza Brinell y Vickers.

Anexo 07 Grafico de perfil aerodinámico de bala latón 90/10.

Anexo 08 Calculo de presión de pólvora en casquillo con bala sin plomo

Anexo 09 Prueba en campo de tiro

Anexo 10 Prueba en laboratorio balístico.

Anexo 11 Declaración jurada de autenticidad.

Anexo 12 Autorización para publicación de tesis en repositorio del ICTE.

Anexo 13 Otros documentos que contribuyen a la investigación.

INDICE DE FIGURAS

Nombre de Figuras	N° Página
Figura 1 Operador en planta de plomo.....	06
Figura 2 Distribución en planta por productos.....	17
Figura 3 Distribución en planta por procesos... ..	18
Figura 4. Componentes de la munición.....	20
Figura 5. Esfuerzo de tracción	22
Figura 6. Esfuerzo de compresión.....	22
Figura 7. Materia prima para fundición	24
Figura 8 Temperatura de recocido de la barra de latón CuZn10.....	23
Figura 7 Corte de tochos y extrusión.....	24
Figura 11. Maquina combinada de estiramiento.....	28
Figura 12. Diagrama de tiempos fabricación de barra de Latón.....	29
Figura 13 Diagrama de procesos fabricación barra de latón.....	30
Figura 14 Especificaciones técnicas de barra de latón.....	32
Figura 15. Materia prima proveedores externos.....	33
Figura 16 Fundición de plomo.....	35
Figura 17. Proceso de banda de latón 90/10.....	37
Figura 18 Diagrama de tiempos de procesos de bala con plomo	39
Figura 19 Diagrama de procesos de bala con plomo	40
Figura 20 Maquina de embutido de formación de bala PB31/14.....	42
Figura 21 Diagrama de tiempos de procesos de bala.....	43
Figura 22 Diagrama de procesos de bala sin plomo.....	44
Figura 23 Maquina de embutido y medidor de forma.....	46
Figura 24 Presentación de balas con plomo y sin plomo.....	50
Figura 25 Pruebas de tiro en campo y laboratorio balístico.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Nombre del Tablas	N° Página
Tabla 1. Cuadro de objetivos generales y específicos	23
Tabla 2. Especificaciones técnicas de la barra de latón 90/10	31

LISTA DE ACRÓNIMOS

Nombre del Acrónimo	Significado	N° Página
FAMESAC	Fábrica de Armas y Municiones del Ejército.	01
CuZn10	Cobre 90% Zinc 10%.	01
CuZn30	Cobre 70% Zinc 30%.	02
OSHA	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional.	03
NPS	Nivel de Plomo en la Sangre.	03
LEP	Límites de Exposición Permisibles.	05
EPP	Equipos de Protección Personal	06
UTILLAJE	Aceros especiales que transforman el Latón.	13
EETT	Especificaciones Técnicas	19
HB	Dureza Brinell	27
HV	Dureza Vickers	27

RESUMEN

El avance de la tecnología actual está revolucionando la industria de la munición creando nuevos productos o mejorando las ya existentes, existen nuevas tecnologías para la transformación de la materia prima y nuevos métodos de procesos de fabricación de la munición; cumpliendo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS); es por ello que empresas de venta de armas y municiones como la de FN Herstal de Bélgica, BORCHERS de España, CBC de Brasil, están produciendo la munición donde no se ha incluido el proceso de transformación del plomo que en pruebas realizadas traducen sus características de funcionamiento tanto en la penetración como en precisión y protección al trabajador como al medio ambiente; sin embargo la Fábrica de Armas y Municiones del Ejército FAMESAC viene desarrollando sus líneas de producción de munición con procesos de fabricación de balas con plomo, utilizando la materia prima Cobre, Zinc y Plomo, en una disposición de planta con altos costos en el transporte de subproductos de una planta a otra, usando máquinas en una disposición por procesos y antigua, existiendo emanación de gases en el ambiente por la presencia del plomo en su transformación y manipulación de carga hacia las plantas; en ese sentido el objetivo es diseñar una nueva línea de producción de munición sin plomo usando una metodología con la transformación tecnológica de la materia prima para obtener nuevas barras de latón, a través de una mejora de procesos con una adecuada disposición de la maquinaria a emplear para obtener el producto libre del plomo; se espera que los resultados con esta metodología, generen una reducción de tiempos en los procesos de fabricación, el desarrollo tecnológico de la materia prima, una disponibilidad de planta optima, reducción de los costos de fabricación y la obtención de la bala sin plomo. El impacto del presente estudio, se traducen en ahorrar tiempo en los procesos, el uso tecnológico de la materia prima al dejar de usar el plomo, protegiendo el medio ambiente de trabajo del operador, la no dependencia de proveedores externos, al no adquirir bandas de latón 90/10 debido que se fabricarán las barras en la planta de latón y la oferta de un nuevo producto, lo que generará el aumento de la competitividad y rentabilidad en la empresa.

PALABRAS CLAVE: Proceso productivo, tecnología del material, municiones, costos, materia prima.

ABSTRACT

The advancement of current technology is revolutionizing the ammunition industry by creating new products or improving existing ones. There are new technologies for the transformation of raw materials and new methods of ammunition manufacturing processes; complying with the Sustainable Development Goals (SDG); that is why arms and ammunition sales companies such as FN Herstal of Belgium, BORCHERS of Spain, are producing ammunition where the lead transformation process has not been included, which in tests carried out translate its operating characteristics both in penetration and precision and protection to the worker and the environment; However, the Army Weapons and Ammunition Factory FAMESAC has been developing its ammunition production lines with lead bullet manufacturing processes, using raw materials Copper, Zinc and Lead, in a plant layout with high costs in the transportation of by-products from one plant to another, using machines in an old and process-based layout, with gas emissions into the environment due to the presence of lead in its transformation and handling of loads to the plants; in this sense, the objective is to design a new lead-free ammunition production line using a methodology with the technological transformation of the raw material to obtain new brass bars, through an improvement of processes with an adequate layout of the machinery to be used to obtain the lead-free product; it is expected that the results of this methodology will generate a reduction in times in the manufacturing processes, the technological development of the raw material, an optimal plant availability, reduction of manufacturing costs and obtaining the lead-free bullet. The impact of this study is translated into saving time in the processes, the technological use of raw materials by stopping the use of lead, protecting the operator's work environment, not depending on external suppliers, by not acquiring 90/10 brass strips because the bars will be manufactured in the brass plant and the offer of a new product, which will generate an increase in competitiveness and profitability in the company.

KEYWORDS: Production process, material technology, ammunition, costs, raw material.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La producción de munición de la “FAMESAC” actualmente es la tradicional con dos líneas de producción principales de munición la de 7.62 x 51 mm y 9 x 19 mm el cual éste último abordaremos para la tesis, en vista que hasta la fecha la empresa sigue fabricando munición con balas de núcleo de plomo por partes como subproductos en diferentes plantas de producción como la planta de plomo, la planta de fabricación, y la planta de latón, a partir de bandas de latón 90/10 y materia prima plomo, adquiridas todo ello de proveedores externos; fabricación donde existe traslado de los subproductos de una planta a otra con tiempos extensos y en una disposición de la maquinaria en planta por procesos, que aumentan el costo de la producción. En el mercado internacional y regional de munición es bastante competitiva, dado que el costo de una caja de 50 cartuchos de munición calibre 9 mm, CBC Brasil (20.21€ =83 soles), RWS Alemania (23€ =94.5 soles), y la munición “FAMESAC” es de 89 soles, precios que relativamente entre ambas empresas es el costo promedio, pero se tiene que tener en cuenta la exportación del proveedor extranjero, por lo que la “FAMESAC” debe conservar altos estándares de calidad mejorando sus procesos buscando alternativas de producción y por ello obligados a mejorar la calidad reduciendo los costos de producción, optimizando procesos, mejor utilización de la materia prima, mejor disposición de la maquinaria en la línea de producción; con estos procesos para controlar parámetros como el peso, volumen, temperatura, tiempo, operación del equipo y capacitación de los empleados, en particular para modificar o mejorar estos procesos aumentando la rentabilidad y confiabilidad de la calidad del producto, con información actualizada documentada y es por ello que las empresas de esta manera aportan mejoras diarias.

Para ello, la “FAMESAC” desde el 2017 cuenta con certificación ISO 9001:2008 de calidad con la prestigiosa entidad certificadora SGS del Perú, lo que obliga a los operadores considerados proveedores internos seguir los lineamientos establecidos por esta norma en la exigencia de calidad del producto por parte del departamento de control de calidad, quienes con sus formatos de control de los procedimientos de producción certifican la calidad del material que reciben del proyectil para los distintos calibres de munición por la “FAMESAC” y éste requiere de un esfuerzo por mantenerla y por tanto de los procesos productivos a fin de optimizar y reducir los costos de

producción. El Perú es un país productor de materia prima como el cobre, zinc y otros metales, que actualmente la "FAMESAC" adquiere para ser utilizados y procesados en sus plantas inicialmente como barras, luego se le da el valor agregado transformando estas materias primas, en la transformación de la aleación llamada barra de latón (CuZn30) que contiene un porcentaje de 70% de cobre y 30% de zinc, llamado también latón de cartuchería, por sus propiedades de ductilidad y maleabilidad que facilita su transformación en la producción de casquillos y balas componentes de la munición con plomo, es en este sentido la presente tesis tiene como objetivo explicar el desarrollo de una línea de producción de bala sin plomo en la gestión del AF - 2024, los cuales se han analizado tanto la tecnología de la materia prima elaborada como subproducto inicial y que va a ser transformada con la disposición de planta por productos que se ha propuesto para su implementación y/o ser mejorados continuamente por las gestiones posteriores a fin de obtener mejores resultados en la munición para su desarrollo, utilidad y por consiguiente la protección de la salud del operador mejorando cada día la calidad y eficiencia de la empresa.