



POSGRADOS

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

RPC-SO-30-NO.506-2019

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROPUESTAS METODOLÓGICAS Y
TECNOLÓGICAS AVANZADAS

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD
DE TRABAJO Y
ESTANDARIZACIÓN DE LOS
TIEMPOS EN LAS PRUEBAS DE
ENSAYO DE COMPRESIÓN EN
PUNTERAS DE SEGURIDAD EN
EL LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES
(LAEV)

AUTOR(ES)

JONATHAN GONZALO RIOS ERAZO

DIRECTOR:

RENÉ PATRICIO QUITIAQUEZ
SARZOSA

QUITO – ECUADOR
2022

Autor(es):



Jonathan Gonzalo Rios Erazo
Ingeniero en Biotecnología de los Recursos Naturales
Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por
la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.
jrios@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



René Patricio Quitiaquez Sarzosa
Ingeniero Mecánico
Magíster en Gestión de la Producción
rquitiaquez@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2022 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

Jonathan Gonzalo Rios Erazo

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE TRABAJO Y
ESTANDARIZACIÓN DE LOS TIEMPOS EN LAS PRUEBAS DE
ENSAYO DE COMPRESIÓN EN PUNTERAS DE SEGURIDAD EN
EL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y
VIBRACIONES (LAEV)**

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a mis padres Gloria (†) y Gonzalo quienes a pesar de las circunstancias siempre se esforzaron por darme la mejor educación. Gracias a su amor y ejemplo hoy puedo decir que he alcanzado este logro en mi vida profesional.

A mis hermanos quienes también son mi inspiración y quisiera también ser la suya gracias por su apoyo y cariño y aunque quizás nuestras vidas tomen rumbos diferentes siempre los tengo presente en mi mente y corazón.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a la vida la oportunidad de poder alcanzar este nuevo logro en mi carrera profesional, que me permitió obtener nuevos conocimientos y perfeccionar los ya adquiridos.

A mi madre Gloria Erazo Balseca (†) por darme la vida, su cariño y amor. A mi padre Gonzalo Rios Vivanco por ser mi ejemplo, mi amigo y pilar fundamental en mi vida. Por último, a mis hermanos José y Jenny por todo su apoyo y cariño.

A mi familia, amigos y compañeros por estar ahí cada vez que los necesite y supieron ofrecerme sus palabras de afecto y aliento.

Al M.Sc. Patricio Quitiaquez por su guía, recomendaciones y consejos en todo este proceso siendo mi profesor en el pregrado y mi tutor en este posgrado. Gracias por todo su tiempo y dedicación.

A la Escuela Politécnica Salesiana a sus autoridades, y cuerpo docente que supieron impartir sus conocimientos no solo en las cátedras dictadas sino también con su experiencia en el ámbito laboral.

Por último, quiero hacer un especial agradecimiento a la Escuela Politécnica Nacional que me dio la oportunidad de desempeñarme profesionalmente, al Ph.D. Wilson Guachamín jefe del LAEV y al especialista M.Sc. Jonathan Castro por toda su apertura para el presente trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	II
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE ANEXOS	VII
NOMENCLATURA	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
OBJETO DE ESTUDIO	3
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
OBJETIVOS	5
OBJETIVO PRINCIPAL	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	5
ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	6
CAPÍTULO 1	8
1. MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO	8
1.1 Introducción	8
1.2 Marco teórico	9
1.2.1 Reseña histórica del calzado de seguridad	9
1.2.2 Ensayos mecánicos en calzado de seguridad	9
1.2.3 Ensayo de compresión en punteras de seguridad	12
1.2.4 Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones (LAEV)	13
1.2.5 Tipos de punteras de seguridad	14
1.2.6 Evaluación de tiempos de trabajo	15
CAPÍTULO 2	19
2. METODOLOGÍA	19
2.1 Introducción	19
2.2 Diseño de la investigación	19
2.2.1 Ejecución del estudio de tiempos	19
2.2.2 Muestreo del trabajo	20

2.2.3	Metodología del muestreo.....	21
2.2.4	Verificación de la muestra de ensayo	21
2.3	Tipos de investigación	22
2.3.1	Investigación descriptiva	22
2.3.2	Investigación experimental.....	22
2.3.3	Investigación estadística	22
2.4	Técnicas e instrumentos	23
2.5	Herramientas de lean manufacturing.....	23
2.5.1	Metodología de las 5 S	24
2.5.2	Metodología KANBAN	26
2.6	Operacionalización de las variables.....	26
2.7	Conclusiones del capítulo.....	29
CAPÍTULO 3.....		30
3.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	30
3.1	Introducción.....	30
3.2	Situación actual.....	30
3.2.1	Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones.....	30
3.2.2	Determinación de posibles problemas.....	32
3.2.3	Flujograma	32
3.2.4	Máquinas e instrumental.....	35
3.2.5	Equipos y accesorios	35
3.2.6	Procedimiento de ensayo	36
3.2.7	Corrección de valores y reporte de resultados	39
3.2.8	Análisis de punteras por tipos.....	39
3.2.9	Valoración del desempeño de los operarios.....	40
3.2.10	Estudio de tiempos y movimientos situación actual	43
3.2.11	Análisis del tiempo de ensayo.....	44
3.2.12	Capacidad de diseño y capacidad productiva	47
3.2.13	Cálculo del OEE	50
3.2.14	Herramienta 5 S	51
CAPÍTULO 4.....		57
4.1	Introducción.....	57
4.2	Título de la propuesta	57
4.3	Justificación	58
4.4	Objetivos.....	58

4.5	Estructura de la propuesta	58
4.6	Desarrollo de la propuesta	59
4.6.1	Capacitación y concientización del trabajo en equipo.....	59
4.6.2	Análisis del diagrama de flujo de operaciones	59
4.6.3	Implementación de las 5s y las tarjetas Kanban	60
4.6.4	Determinar los tiempos obtenidos con la nueva metodología.....	66
4.6.5	Determinar los valores de disponibilidad, rendimiento y OEE	68
4.7	Análisis económico	69
4.8	Comprobación de la hipótesis	73
4.9	Evaluación ambiental.....	73
4.10	Conclusiones del capítulo.....	74
	CONCLUSIONES.....	75
	RECOMENDACIONES.....	76
	REFERENCIAS	77
	ANEXOS	79

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Ciclo de las 5 "S"	25
FIGURA 2. Organigrama interno del LAEV	31
FIGURA 3. Layout instalaciones LAEV	31
FIGURA 4. Diagrama de Ishikawa	32
FIGURA 5. Flujograma Procesos LAEV	34
FIGURA 6. Eje del ensayo del calzado	36
FIGURA 7. Ubicación del cilindro para el ensayo de compresión.....	37
FIGURA 8. Flujograma - Ensayo de compresión en puntera	38
FIGURA 9. Tipos de punteras ensayadas por años.....	39
FIGURA 10. Pareto tipo de punteras	40
FIGURA 11. Valoración Sistema Westinghouse.....	41
FIGURA 12. Valores General Electric para número de ciclos	43
FIGURA 13. Porcentaje de cumplimiento 5S LAEV	53
FIGURA 14. Detalle fotográfico situación LAEV	55
FIGURA 15. Diagrama de flujo de operaciones – ensayo punteras	60
FIGURA 16. Detalle fotográfico LAEV actual	64
FIGURA 17. Comparación implementación 5"S"	65
FIGURA 18. Ejemplo de pizarra Kanban	65
FIGURA 19. Muro Kanban – LAEV	66
FIGURA 20. Ingresos vs Pronósticos LAEV 2018-2022	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ensayos de compresión realizados en punteras año 2019-2021	3
Tabla 2. Abreviaturas y unidades	13
Tabla 3. Técnicas de la Ingeniería de Métodos	16
Tabla 4. Técnicas de la Ingeniería de Tiempos	16
Tabla 5. Tipos de desperdicios, síntomas, causas y herramientas.....	24
Tabla 6. Operacionalización de variables independientes	27
Tabla 7. Operacionalización de variables dependientes.....	28
Tabla 8. Tipos de punteras ensayadas	39
Tabla 9. Ficha de observación (Ensayo de compresión en punteras).....	44
Tabla 10. Calificación operador	45
Tabla 11. Cálculo suplementos operador	45
Tabla 12. Cálculo de tiempos – situación actual	46
Tabla 13. OEE ensayo de compresión	51
Tabla 14. Valores de OEE recomendados.....	51
Tabla 15. Cuestionario diagnostico 5S.....	52
Tabla 16. Simbología American Society of Mechanical Engineers (ASME).....	59
Tabla 17. Comparación parámetros 5 "S"	64
Tabla 18. Cálculo de tiempos - Método propuesto	67
Tabla 19. Ingresos ensayos de compresión 2018-2021 y proyección 2022	70
Tabla 20. Inversión propuesta	71
Tabla 21. Flujo efectivo neto.....	72
Tabla 22. Datos propuesta.....	72
Tabla 23. Valores VAN y TIR	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Organigrama LAEV-EPN	79
Anexo 2. Procedimiento PE-LAEV-02-00	80
Anexo 3. Constitución LAEV	81
Anexo 4. Número mínimo de muestras NTE INEN ISO 20344.....	83
Anexo 5. Ejemplo informe técnico- LAEV	84
Anexo 6. Suplementos Organización Internacional del Trabajo	86
Anexo 7. Data histórica ensayos de compresión LAEV 2019-2021	87
Anexo 8. Plantilla Máquina Tinius Olsen.....	88
Anexo 9. Reglamento de limpieza – LAEV	89
Anexo 10. Procedimiento PT-LAEV-02-00	90
Anexo 11. Cuestionario situación actual 5S	91

NOMENCLATURA

ASME: Siglas de la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos.

Calzado de seguridad: Calzado que incorpora elementos para proteger al usuario de las lesiones que puedan ocasionar los accidentes.

Corte: Recubrimiento que se encuentra en la superficie externa del tope.

Composite: Combinación de materiales sintéticos que presentan mejores características en su conjunto.

Empeine: Parte superior del pie, entre los dedos y la unión con la pierna.

Forro: Recubrimiento que se encuentra en la parte interior del tope.

Hidrólisis: Descomposición de sustancias orgánicas por acción del agua.

Kanban: Proviene del japonés y su traducción literal es tarjeta con signos o señal visual.

Materiales poliméricos: Grupos moléculas compuestas por unidades estructurales repetidas (monómeros) que normalmente están conectadas por enlaces químicos.

Lean Manufacturing: Metodología de organización de trabajo enfocado en minimizar las pérdidas y eliminar el desperdicio.

LAEV: Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones.

SAE: Siglas del Servicio de Acreditación Ecuatoriano.

Tope de seguridad: Componente integrado en el calzado diseñado para proteger los dedos del usuario frente a los impactos y compresiones.

RESUMEN

El primer capítulo de esta investigación se centra en el aspecto teórico sobre las punteras de seguridad, su uso, los tipos de punteras que existen en el mercado, y los ensayos mecánicos aplicables. Se realiza una breve referencia al laboratorio LAEV, los ensayos que en este se realizan, y la normativa utilizada. También se describe la ingeniería de métodos y tiempos y sus principales herramientas.

En el segundo capítulo se describe el diseño de la investigación, la metodología a usarse para determinar el muestreo y los tiempos de trabajo. Además, se realiza una descripción puntual de los tipos de investigación y su aplicación en el presente trabajo. Se incluye también la definición de las metodologías 5 S y Kanban que se utilizarán como herramientas de mejora continua.

Para el tercer capítulo, se realiza una explicación de la conformación del laboratorio, mediante el uso de herramientas técnicas se describen los principales procesos y los probables problemas que pueden presentarse en los ensayos. Con la aplicación del estudio de tiempos se logra establecer el tiempo estándar, los tiempos de para, la capacidad real del laboratorio, el rendimiento y disponibilidad como indicadores de la productividad. Adicional se realiza un análisis del estado de orden y limpieza en el lugar de trabajo.

En el último capítulo se procede al análisis de la implementación propuesta para solventar los problemas detectados. Con la aplicación de las metodologías y herramientas descritas anteriormente se realiza nuevamente el análisis de tiempos y se incluye además el diagrama de flujo de operaciones. Obteniendo resultados positivos en los indicadores propuestos y evidenciando una clara reducción en los tiempos de ensayo comprobando la hipótesis inicial. Por último, se evidencia la viabilidad de la presente propuesta por medio de los indicadores VAN y TIR del análisis económico.

Palabras claves: Ensayo de compresión, tiempo de ensayo, metodología 5S, Kanban

ABSTRACT

The first chapter of this research is focused on the theoretical aspect of safety toe caps, their use, the types of toe caps that exist in the market, and the applicable mechanical tests. A brief reference is made to the LAEV laboratory, the tests carried out there, and the regulations used. Engineering method, times and their main tools are also described.

The second chapter describes the research design, the methodology to be used to determine the sampling and the work times. In addition, a specific description of the types of research and its application in the present investigation is made. It also includes the definition of the 5 S and Kanban methodologies that will be used as tools for continuous improvement.

For the third chapter, an explanation of the conformation of the laboratory is made, through the use of technical tools the main processes and the probable problems that may arise in the tests are described. With the application of the time's study it is possible to establish the standard time, the stop times, the real capacity of the laboratory, the performance and availability as indicators of productivity. In addition, an in order analysis state and cleanliness in the workplace is carried out.

In the last chapter the proposed implementation to solve the problems detected is analyzed. With the application of the methodologies and tools described above, the analysis of times is carried out again and the flow chart of operations is also included. Obtaining positive results in the proposed indicators and showing a clear reduction in test times, verifying the initial hypothesis. Finally, the viability of this proposal is evidenced by means of the VAN and TIR indicators of the economic analysis.

Key words: Compression test, test time, 5S methodology, Kanban

INTRODUCCIÓN

Según Rupérez et al. [1] a lo largo del tiempo se han propuesto diferentes materiales entre las que se destacan el uso de cueros para la comodidad y seguridad del calzado de forma que estos brinden un alto grado de confort y eviten la presencia de lesiones o accidentes por su uso.

Las normas internacionales ASTM F2412, ASTM F2413 y las nacionales NTE INEN ISO 20344 y NTE INEN ISO 20345 determinan las exigencias mínimas y los procedimientos de ensayo para que el calzado proteja los pies de los trabajadores contra varios riesgos como son: impacto, compresión, conductividad eléctrica, estática y perforaciones como lo menciona Enright [2].

Irzmańska [3] y Pérez [4] manifiestan que el calzado de protección industrial desempeña un papel esencial en la efectividad del trabajo y la seguridad personal debido a las propiedades que mantienen los elementos y materiales que lo componen que pretenden brindar a la vez seguridad y confort.

El ensayo de compresión aplicado a punteras de acero u otras aleaciones metálicas e inclusive el uso de tejidos poliméricos según Erden & Ertekin [5] en calzado de uso industrial se traduce en la base fundamental para asegurar la protección del pie frente a riesgos mecánicos de caída de objetos u otro tipo de incidentes que puedan provocar la afectación de este.

El ciclo de tiempo del trabajo puede aumentar a causa de un mal diseño del producto, un mal funcionamiento del proceso o periodos improductivos imputables a la dirección o a los trabajadores. Como lo manifiesta Ortiz [6] la evaluación de los tiempos estándares es una técnica que permite minimizar la cantidad de trabajo, eliminar los movimientos innecesarios y substituir métodos.

Entre las principales características para la elección del material de la puntera de seguridad están la forma del calzado y el uso que se va a dar al zapato, las aleaciones de acero son las más utilizadas por ser las más económicas y tiene mayor robustez

frente a otros materiales. Estudios como los realizados por Costa et al [7] determinan que ciertas aleaciones de acero de diseño liviano pueden ser utilizadas en espesores más reducidos obteniendo una mayor deformación plástica otorgando un menor peso a la puntera.

Además de punteras con aleaciones de acero existen aleaciones de aluminio, material termoplástico (composite), fibra de vidrio, y fibra de carbono las cuales difieren en resistencia, ligereza, flexibilidad y durabilidad. Que también son susceptibles de ensayos mecánicos como lo afirma Saba et al [8]. Tanto la fibra de vidrio como la de carbono son de las más costosas del mercado actual. El tiempo de vida útil de las punteras depende del material utilizado, del trabajo a realizar entre otros factores, pero se estima que varíe entre 4 a 6 meses según lo propone [9].

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones pretende acreditar el ensayo de compresión en punteras de acero mediante el Servicio de Acreditación Ecuatoriana SAE por lo que es fundamental evaluar la capacidad real de trabajo del laboratorio, así como estandarizar los tiempos de este ensayo.

Por lo que el presente estudio pretende dotar de técnicas de ingeniería industrial que permitan impulsar una mayor productividad, así como normalizar los diferentes tiempos de ensayo recopilando información de importancia para determinar la capacidad de trabajo permitiendo generar sugerencias innovadoras que permitan mejor de forma sustancial el sistema actual de ensayo, así como llegar a generar la acreditación que su vez permitirá mayores ingresos.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La metodología para usarse en este estudio es realizar una investigación de tipo experimental y estadística ya que lo que se pretende lograr es determinar los tiempos de trabajo como lo explican Kanawaty [10] y García [11] bajo las condiciones de ensayo actuales con el fin de obtener la capacidad real del laboratorio.

Las normativas se han adaptado a la realidad del laboratorio a través del procedimiento técnico PE-LAEV-02-00 el cual en su parte pertinente describe el ensayo como aplicar una carga progresiva por medio de una placa de presión sobre la puntera del calzado hasta alcanzar una fuerza de compresión determinada a una velocidad específica. Como resultado de este ensayo se obtiene la medida del testigo para determinar si cumple con la medida de seguridad requerida.

De igual manera se usarán técnicas estadísticas como diagramas de Pareto, histogramas, diagramas de flujo de proceso para poder determinar que problemas o cuellos de botella son los que generan mayor retraso en el ensayo como lo describe Ustate [12] y Villacreses [13] por lo tanto en todo el tiempo se podrán optimizar estos puntos y obtener tiempos menores.

OBJETO DE ESTUDIO

Para el estudio de tiempos hay dos métodos básicos el continuo y el de regreso a cero. En este caso se utilizará el método continuo de observación directa empleando como principal instrumento el cronómetro y dejarlo correr mientras dura el estudio. Mosquera [14].

En esta técnica el cronómetro se lee en el punto terminal de cada elemento o acción, mientras las manecillas están en movimiento como lo manifiesta Correa et al [15]. También se utilizarán datos históricos y muestreos del trabajo que se desarrolla en el ensayo indicado.

En la Tabla 1 se muestran el histórico de los ensayos realizados en punteras de seguridad en los tres últimos años.

Tabla 1. Ensayos de compresión realizados en punteras año 2019-2021[16]

Año	# de ensayos realizados	Norma utilizada	Modelo de calzado
2019	11	ASTM F2412 y F2413	zapatos y botines de seguridad
2020	6	ASTM F2412 y F2413	botas y botines de seguridad
2021	2	ASTM F2412 y F2413	botas y botines de seguridad

Se requiere observar y determinar la incidencia de los tiempos de ensayo en la compresión de punteras de seguridad con el fin de poder calcularlos apropiadamente, analizarlos bajo la metodología propuesta y medir su afectación a la capacidad real del trabajo que se realiza.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

A nivel de los laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional no existe una determinación de la capacidad operativa ni tampoco un estudio de los tiempos de ensayo.

Al ser un ensayo que se pretende acreditar este estudio permitirá con mayor claridad definir el tiempo adecuado en el que se lo debería ejecutar, determinar las limitantes que se pueden presentar en el procedimiento, así como tener en cuenta los factores asociados tanto a nivel de personal como equipos utilizados.

Se ha elegido el ensayo de compresión en punteras de seguridad de calzado de uso industrial, por ser una de las pruebas técnicas que más genera ingresos y que mayor demanda tiene con un valor aproximado de \$2200, correspondiente a ensayos realizados en el año 2019.

La medición del trabajo a su vez ayudará a mejorar el tiempo de entrega de los informes técnicos que emite el LAEV a sus clientes especialmente externos lo cual a su vez conllevará un aumento en la capacidad de ensayos de este tipo que se puedan realizar manteniendo la exactitud y arrojando datos confiables y verificables.

Debido a los factores enunciados anteriormente es que se presenta este estudio con el fin de conocer la real capacidad que posee el LAEV en ensayos de compresión que a su vez será una directriz para mejorar la eficiencia tanto en los tiempos de ensayo como en los tiempos de entrega de los informes resultantes.

OBJETIVOS

OBJETIVO PRINCIPAL

Determinar la capacidad de trabajo para el ensayo de resistencia a la compresión en punteras de seguridad, en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Cuantificar la real capacidad de trabajo del LAEV mediante el análisis de los tiempos de ensayo obtenidos durante el periodo comprendido en los últimos 3 años.
2. Mejorar los métodos aplicados de las normativas técnicas ASTM e INEN-ISO en el ensayo de compresión en punteras.
3. Determinar metodologías que permitan estandarizar los procedimientos aplicados en el ensayo de compresión en punteras de calzado.

HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La capacidad real de trabajo del laboratorio es menor a la instalada debido a que existen tiempos muertos en la realización del ensayo de compresión en punteras de seguridad. El análisis de tiempos debe tener una actitud interrogativa de manera que se pregunte si se justifica una actividad además de analizar críticamente las operaciones que se realizan, aportando al mejoramiento de los métodos empleados actualmente.

Entre las opciones que existen para mejorar los métodos de trabajo están: eliminar, combinar o reordenar los elementos que comprenden dicha tarea.

VARIABLES

Las variables definidas para el presente trabajo son:

* Variables Dependientes. – Tiempo de preparación de las muestras, capacidad real de trabajo, tiempo de uso máquina universal de ensayos, tiempo del ensayo.

* Variables Independientes. – Velocidad de la máquina universal de ensayos, carga máxima registrada, altura de la plastilina a ser deformada que debe ser la mínima requerida por la norma, temperatura de ensayo.

ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se realizará en su totalidad en las instalaciones del LAEV de la Escuela Politécnica Nacional, el cual pertenece a la Facultad de Ingeniería Mecánica. El método cubre el procedimiento aplicado a ensayos de compresión en punteras de calzado de seguridad.

Para los resultados del ensayo se hará uso de una máquina universal de ensayos marca Tinius Olsen, así como para la estimación de los tiempos se utilizará un cronometro y también un termohigrómetro que medirá la temperatura y el porcentaje de humedad. Los resultados de los ensayos realizados con este procedimiento serán expresados en el sistema dual. Sin embargo, para cualquier evaluación o comparación solamente se considerarán los valores del Sistema Internacional.

Se determinará la situación actual en el ensayo de compresión de punteras de seguridad desde la recepción de las muestras hasta la entrega del informe técnico correspondiente verificando mediante técnicas de identificación los posibles cuellos de botella que puedan generarse en el proceso para tratarlos y determinar si estos inciden directamente en los tiempos de las pruebas del ensayo y en la capacidad real del laboratorio.

Las mejoras propuestas se aplicarán en optimizar los tiempos de ensayo, y en la disminución de tiempos muertos para ejecutar los trabajos de manera más eficiente y logrando maximizar las ganancias mejorando de esta manera también la productividad del laboratorio.

CAPÍTULO 1

1. MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

1.1 Introducción

El primer capítulo presenta las características del ensayo de compresión en punteras de seguridad, una breve reseña histórica del uso de calzado de seguridad, de los ensayos mecánicos, los diversos tipos de punteras en cuanto a su estructura y composición.

Se incluye además un resumen de la creación del laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones, los principales ensayos que se realizan y su ubicación dentro de la Escuela Politécnica Nacional.

Las características de cada calzado se delimitan por una serie de ensayos que establecen sus prestaciones o limitaciones. Estas limitaciones están en función de los requisitos expresados en normativas técnicas de aceptación verificadas a nivel nacional e internacional. Los ensayos deben estar basados en estándares que permitan asegurar la calidad y la generación de resultados válidos

Se trata además de los tiempos de ensayos, su evaluación, la determinación de estos mediante diferentes herramientas y técnicas, la aplicación, así como los posibles beneficios y problemas relacionados.

También se menciona de manera general la aplicación de la ingeniería o estudio de métodos que permite dividir tareas complejas en elementos simples de trabajo estudiando cada elemento para ordenarlo o eliminarlo, investigando así una mejor combinación y secuencia de movimientos, logrando así métodos más eficientes.

Por último, se indican los campos de aplicación para las herramientas tanto en el análisis de tiempos como para el estudio de métodos.

1.2 Marco teórico

1.2.1 Reseña histórica del calzado de seguridad

Desde el origen del hombre en el planeta ha buscado proteger su cuerpo es así como ya en la época de piedra se fabricaban una especie de sandalias para los cazadores y demás miembros de clanes o tribus. Con el paso del tiempo los materiales para fabricar calzado fueron evolucionando desde simples hojas, pasando por pieles de cabra o vaca. De aquí en adelante el calzado se fue adaptando cada vez más a las actividades que se desarrollaban de ahí que nace el calzado para el trabajo o de uso industrial.

Para el año de 1642 en Inglaterra se desarrolló la primera producción de calzado para uso militar tanto zapatos como botas creando las primeras empresas manufactureras de calzado como lo manifiesta Arias [17]. A mediados del siglo XIX surgen las primeras máquinas especializadas en la confección de zapatos, pero es partir de la cuarta década del siglo XX que suceden los grandes cambios en esta industria con la aparición de las gomas y materiales sintéticos.

Los continuos accidentes laborales y las pésimas condiciones de trabajo obligaron a los países a promulgar leyes que regulen la seguridad en el trabajo, así como el uso de equipos de protección personal que resguarden a los trabajadores y mejoren la protección ante posibles heridas o afectaciones.

1.2.2 Ensayos mecánicos en calzado de seguridad

La razón para el empleo de calzado de seguridad dentro de una organización es la protección personal ante eventualidades en el trabajo, por ejemplo: caída de elementos pesados, manipulación de elementos cortopunzantes, deslizamiento en áreas sucias o quedar atrapado con maquinaria en funcionamiento.

En el calzado de seguridad, además de la protección que ofrece, hay otros factores agregados de importancia y que favorecen a brindar satisfacción al portador: el confort y la estética.

En el calzado en general se tienen las siguientes características según lo afirma la norma NTE INEN ISO 20345 [18]:

- Propiedades de la suela
- Cuidado de los dedos
- Resistencia a factores ambientales
- Estanqueidad

Para el empeine

- Grosor
- Protección contra las rasgaduras
- Propiedades de tracción
- Resistencia a la flexión
- Impregnación y absorción de agua
- Valor del pH del cuero
- Protección frente a la hidrólisis

En cuanto al forro:

- Resistencia al desgarramiento y fricción
- Permeabilidad al agua
- Valor del pH del cuero

Para la lengüeta se tiene:

- Resistencia al desgarramiento
- Valor del pH del cuero

En la plantilla se tiene:

- Grosor
- Valor del pH
- Resistencia a la abrasión

Para la suela son:

- Existencia y tipo de resaltes
- Protección contra rasgaduras, fricción y flexión
- Protección frente a la hidrólisis
- Resistencia de unión entre capas
- Protección frente a temperaturas altas e hidrocarburos

En general los calzados de seguridad deben prestar como mínimo las siguientes prestaciones según lo afirman Lazaro & Muñiz [19]:

Calzado de seguridad, Clase I

- Caída de elementos con energía máxima de impacto de 20 kg (196 J).
- Resistencia a la compresión de la puntera: 1500 kgf (14.7 kN) de carga estática.
- Protección ante el doblado.
- Protección frente a la corrosión, en punteras de metal.

Calzado de seguridad, Clase II

- Resistencia a la perforación de la suela de seguridad: 110 kgf (1078 N) a una velocidad máxima del punzón de 12.5 mm/min.
- Protección ante el doblado.
- Protección frente a la corrosión, en el caso de punteras de metal.

Calzado de seguridad, Clase III

- Caída de elementos con energía máxima de impacto de 2.0 kg (196 J).
- Resistencia a la compresión de la puntera: 1500 kgf (14.7 kN) de carga estática.
- Protección ante el doblado.
- Resistencia a la perforación de la suela de seguridad: 110 kgf (1078 N) a una velocidad máxima del punzón de 12.5 mm/min.
- Protección frente a la corrosión, en punteras de metal.

Pueden existir calzados de seguridad especiales para los diversos riesgos asociados impacto, pinchazos o aplastamiento. Dichos calzados deberán cumplir requisitos establecidos y sus características estarán garantizadas por la marca o suministrador correspondiente.

1.2.3 Ensayo de compresión en punteras de seguridad

Este ensayo se generó ante la necesidad de las empresas ecuatorianas de calzado industrial de poder cumplir con las normativas nacionales e internacionales expedidas por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) que produce y anuncia las normas y certificaciones técnicas de consentimiento voluntario, y el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN a través de las normas técnicas ASTM F2412 E ASTM F2413 y NTE INEN ISO 20345 e NTE INEN ISO 20344. que proporcionan los requisitos técnicos tanto para el ensayo como para la aprobación de los diferentes ensayos realizados en calzado de uso industrial.

Para regularizar los procesos de ensayo se definió la elaboración de los procedimientos específicos de ensayo y siendo la compresión de punteras de seguridad un ensayo que se pretende acreditar ante el SAE se elaboró el procedimiento PE-LAEV-02-00 (Anexo 1) donde se identifica de manera técnica las propiedades de resistencia que deben poseer dichas punteras.

Mediante el ensayo de compresión en punteras de seguridad se pretende determinar las propiedades de resistencia del calzado de seguridad para comprobar si estos cumplen con los requisitos mínimos de rendimiento establecidos en las normativas ya

descritas y verificar si protegen de manera total los pies de los trabajadores ante riesgos de caída de objetos, corte o aplastamiento.

- **Abreviaturas**

En la Tabla 2 se muestran las abreviaturas correspondientes a la terminología básica para el ensayo de compresión:

Tabla 2. Abreviaturas y unidades [20]

Parámetro	Abreviatura	Unidades	
		SI	Sistema inglés
Longitud calibrada	lo	mm	In
Velocidad de compresión	VC	mm/min	in/min
Altura (min) de seguridad	As	mm	In
Fuerza de compresión	Fc	N	Lbf

1.2.4 Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones (LAEV)

El LAEV de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional iniciaron sus actividades en 1960, con el propósito de ejecutar prácticas en beneficio a la formación profesional de los estudiantes como parte de las actividades de docencia a alto nivel, aplicando, observando y analizando los principios físicos que se realizan en el LAEV.

A través del tiempo, los cambios institucionales y el avance tecnológico, y la búsqueda por parte del medio externo de realizar ensayos de diferente tipo para validación de sus artículos, ha elevado el reconocimiento del LAEV a nivel nacional e internacional, brindando integridad y confiabilidad en los trabajos realizados.

De acuerdo con la revisión realizada con base en los registros de la solicitud de ensayos, el ensayo de compresión en punteras de calzado en el LAEV se realiza desde aproximadamente el año 2001 bajo normativa ANSI Z41, que fue sustituido por 2 normas ASTM nuevas para el año 2005, denominadas F2413 “Requisitos de Desempeño” y F2412 Técnicas para el ensayo de punteras.

El LAEV adopta esta nueva normativa para el año 2008 y de aquí en adelante se registrará por las normas ASTM F2412 y F2413. Para al año 2019 bajo la normativa del SAE para la acreditación del laboratorio se procede a la regularización de la documentación legal por lo que se establece como primer paso la elaboración de un documento de constitución del LAEV (Anexo 3) donde además se establece la misión y visión, así como los servicios que se ofertan.

1.2.5 Tipos de punteras de seguridad

Según lo publicado por [21] entre las punteras de seguridad que se encuentran actualmente en el mercado están:

- Fibra de carbono
- Fibra de vidrio
- Acero reforzado
- Aluminio
- Composite

Puntera de fibra de carbono. - En la actualidad es la más ligera del mercado, permite una mejor resistencia al impacto y a la compresión.

Puntera de fibra de vidrio. - Es extremadamente rígida, ofrece también ligereza y resistencia además posee memoria elástica y es aislante del frío y calor.

Punteras de acero. - Son muy pesadas, se oxidan fácilmente con el agua, ofrece gran protección frente a cortes, golpes o perforaciones y tienen un precio económico.

Punteras de aluminio. - Son extremadamente ligeras y resistentes tienen un mayor confort y producen menos fatiga en el trabajador. Su precio es mayor por su costo de fabricación.

Punteras de composite. - Son punteras fabricadas en materiales de fibra de vidrio, carbono o plástico o la combinación de estas. Son cómodas, ligeras y flexibles no se

oxidan sin embargo tienen como desventaja que no igualan en resistencia a las de acero además de que son más costosas.

1.2.6 Evaluación de tiempos de trabajo

La Ingeniería de Métodos y Tiempos es una ciencia de finales del siglo XVII y principios del XIX. Su aplicación se considera como esencial a la hora de aumentar los índices de productividad en cualquier tipo de empresa, ayudando en el desarrollo y estandarización de sus procesos.

- *Antecedentes*

Barbier [22] asocia principalmente el origen de la aplicación del método científico a las organizaciones. Para Krick [23] “la Ingeniería de Métodos se ocupa de la investigación del ser humano dentro del proceso de producción”. También puede describirse como el diseño del proceso productivo en lo que se refiere al ser humano.

La tarea reside en decidir dónde se articula el ser humano en el proceso de convertir materias primas en producto terminado y decidir cómo puede el hombre desempeñar más efectivamente las tareas que se le asignan”. Así mismo, Maynard [24] la define como “el conjunto de técnicas de análisis, que centran su atención sobre la mejora de la efectividad hombre-máquina”.

La mayoría de los conceptos asocian a la Ingeniería de Métodos como el estudio de tiempos y movimientos, sin embargo, otros autores la definen como una técnica diferente otorgándole el nombre de “Medición del Trabajo”. Así, el estudio de movimientos precisa el cómo se realiza el trabajo y la medición de este.

- *Técnicas de la Ingeniería de Métodos y Tiempos*

Correa et al [15] mencionan las principales técnicas o herramientas de la ingeniería de métodos y tiempos como se resume en las tablas 3 y 4.

Tabla 3. Técnicas de la Ingeniería de Métodos [15]

Ingeniería de Métodos	
Diagrama de procesos	Gráfico de proceso que incluye las operaciones, inspecciones, transportes, esperas y almacenamientos
Diagrama de operaciones	Gráfico de proceso que incluye la secuencia de operaciones e inspecciones de un trabajo o actividad
Diagrama de recorrido	Plano a escala que muestra la continuidad y los flujos de los elementos en el proceso productivo
Diagrama de actividades múltiples	Registra las respectivas actividades de varios objetos de estudio (máquinas u operarios) según una escala de tiempo común
Diagrama bimanual	Describe la operación realizada por cada mano en una escala de tiempo común
Diagrama hombre-máquina	Permite conocer paralelamente las actividades realizadas por un operador y su(s) máquina(s) a cargo
Gráfico de trayectoria	Cuadro de datos cuantitativos sobre los movimientos de trabajadores, materiales o equipo entre lugares y tiempos dados.
Economía de movimientos	Principios relacionados al uso del cuerpo humano, la disposición y estado del lugar de trabajo; y el diseño de las herramientas o aparatos
Estudio de micro movimientos	Estudio de los movimientos a mayor detalle, descomponiendo las operaciones en elementos o movimientos básicos
Análisis de operaciones	Procedimiento que involucra la finalidad de las operaciones, diseño y manipulación de los materiales, condiciones de trabajo, etc.

Tabla 4. Técnicas de la Ingeniería de Tiempos [15]

Ingeniería de Tiempos	
Muestreo del trabajo	Estima el porcentaje del tiempo total, empleado por una persona en una actividad, analizadas estadísticamente
Cronometraje	Medición del tiempo que requiere un operador a ritmo normal para cierta actividad, por medio de un cronómetro
Estándares de tiempos predeterminados	Utilización de tablas con estimaciones de los tiempos según movimientos básicos durante una fase de planeación
Datos estándares	Tiempos tomados de bases de datos de estudios de tiempos pasados
Experticia	Son dados por la opinión experta de una persona con experiencia

Para la mejora de los procesos productivos se puede hacer uso de las técnicas descritas incluyendo las condiciones y el tipo de trabajo, así como el rediseño y una mejor distribución de las herramientas, equipos y el personal. Optimizando los tiempos estándar, con la reducción de los ciclos de trabajo y la eliminación de las actividades que no generen valor añadido al proceso.

Entre los campos donde se pueden aplicar la Ingeniería de Métodos y Tiempos están:

- Delineación de plantas empleando diagramas de recorrido, procesos y de hilos para lograr una mejor repartición del espacio según el flujo de materias primas y productos terminados.
- La Ingeniería de Métodos es parte fundamental en el diseño de los puestos de trabajo, de los ensayos y en la documentación de la metodología para mejorar el control de calidad de una organización.
- Para mejoras y comparaciones entre las técnicas de producción en busca de generar mayor productividad
- En la supervisión de la administración para sistematizar y llevar un control tanto de operaciones como de máquinas, materiales y personal que permita medir la eficiencia.

1.3 Conclusiones del capítulo

Los ensayos mecánicos en calzados de seguridad representan la conformidad de los productos en relación con la normativa vigente tanto a nivel del país como internacionalmente. Además, que generan confianza en la calidad de los productos que se elaboran.

El LAEV establece métodos y técnicas de ensayo que permiten emitir informes técnicos de conformidad dichos resultados están avalados por la experticia de los colaboradores. El análisis de tiempos y la ingeniería de métodos representan herramientas útiles y necesarias para determinar posibles problemas en los procedimientos desarrollados mejorando los índices de productividad y eliminando procesos que no generan valor.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Introducción

En este capítulo se presentan los procedimientos para el análisis de los posibles problemas que se muestran en el análisis de los tiempos de ensayo. La aplicación de estas técnicas no representa un valor adicional para el laboratorio al contrario generan información relevante que podrá ser utilizada en futuros proyectos de investigación.

Además de lo anteriormente enunciado se determina las líneas de investigación en asociación con la realidad del laboratorio. Donde la investigación estadística y la experimental representan el pilar fundamental en que se basarán los resultados obtenidos. Por último, se deberá realizar el seguimiento de los procedimientos y herramientas implementadas para verificar su eficacia.

2.2 Diseño de la investigación

2.2.1 Ejecución del estudio de tiempos

El analista debe registrar toda la información pertinente obtenida concerniente a la operación. La agrupación de la información será:

- Identificación del estudio cuando sea necesario
- Información del proceso, el método, la instalación o la máquina.
- Datos relacionados al operador
- Descripción y duración del estudio

Para llevar a cabo este análisis se deben considerar los siguientes puntos de interés y aplicables a cualquier artículo

- Propósito de la operación
- Forma de la pieza
- Rigor y especificaciones

- Material
- Proceso de fabricación
- Preparación de patrones
- Condiciones de trabajo
- Manejo de materia prima
- Distribución de maquinaria
- Principios en movimientos de economía

2.2.2 Muestreo del trabajo

Este método según García [11] puede emplearse para estudiar el flujo de materiales, la causa y magnitud de las interferencias con relación a las ejecuciones eficaces y la repartición de las asignaciones a un grupo de individuos, de forma que la carga laboral sea equitativa.

Ventajas

1. No requiere observación de un analista en periodos de tiempo prolongados
2. Reduce el tiempo manual
3. El número empleado total de horas-hombre es mínimo
4. Las observaciones medidas con cronómetro al operador no son extensas
5. El trabajo de grupo lo puede analizar una sola persona

Desventajas

1. No es rentable económicamente estudiar una sola operación hombre-máquina
2. No proporciona información detallada sobre los elementos de la operación como otras técnicas.
3. No presenta registro detallado del método empleado
4. Es más difícil explicarlo a la gerencia y a los trabajadores

Esta técnica tiene diversas aplicaciones entre las que se menciona:

- El tiempo empleado por una persona en el progreso de una actividad
- Tiempo productivo e improductivo de máquinas, operaciones y personal
- Magnitud de los tiempos perdidos y las causas que los originaron
- Tiempos de preparación, efectivo e improductivo y las causas que los motivaron
- Número de máquinas y personas necesarias para efectuar una labor
- Los pagos de salarios especialmente los de obra indirecta y de oficina

2.2.3 Metodología del muestreo

Como pasos principales en la metodología de muestreo se detallan los siguientes:

- Definición de las metas incluyendo la especificación de las categorías de actividad
- Diseño del procedimiento de muestreo
- Compilación de datos mediante la ejecución del plan de muestreo diseñado
- Proceso de cálculos
- Exposición de resultados

2.2.4 Verificación de la muestra de ensayo

Según la tabla 1 de la norma NTE INEN-ISO 20344 (Anexo 4) se requieren tres pares de calzado que dependerán de las tallas máximas y mínimas que se deseen proveer. Se ensayará un par de la talla más baja, un par de una talla intermedia y otro de la mayor talla. Para ello se verificará que los modelos de los calzados a ensayar sean los mismos y que los tres pares de calzado correspondan a las tallas antes mencionadas.

2.3 Tipos de investigación

Rojas [25] establece una clasificación de los principales tipos de investigaciones que se resumen a continuación:

2.3.1 Investigación descriptiva

Exhibe el conocimiento de la realidad de acuerdo a como son observadas o percibidas por el investigador se presentan en un tiempo y espacio dado. También son utilizadas en trabajos cuyo propósito sea descubrir las características y propiedades de ciertos hechos o fenómenos.

A través de la investigación descriptiva se podrán visualizar y determinar el tiempo que transcurre en la realización de los ensayos, así como la presencia de tiempos muertos o de movimientos innecesarios en los procesos de ensayo de compresión en punteras de seguridad.

2.3.2 Investigación experimental

En este tipo de investigación es el científico el que incide o interviene sobre el objeto o actividad estudiada, a fin de determinar si existen cambios importantes en lo analizado. Se establecen así mismo relaciones de causa-efecto.

Este tipo de investigación se utilizará de manera permanente en la presente investigación ya que lo que se pretende es mejorar los tiempos de ensayo de acuerdo con la modificación de las variables que afecten este proceso.

2.3.3 Investigación estadística

La estadística es el método de análisis en este tipo de investigación. Por lo que se trata de hacer uso de esta para aproximarnos a la realidad del fenómeno o hecho que se estudia.

Mediante el uso de herramientas estadísticas se puede determinar los tiempos en los ensayos de compresión, así como el análisis estadístico de los mismos. Además, se realizará comparaciones entre los distintos tipos de punteras y si estos afectan de algún modo al tiempo de las pruebas.

2.4 Técnicas e instrumentos

Se hará uso de herramientas para determinar los posibles cuellos de botella que puedan presentarse en los procesos analizados. Entre ellas están el uso de flujogramas, diagramas de Pareto, diagrama de Ishikawa entre otros, se hará también uso de la observación sistemática, realizando a la vez una validación de la base de datos histórica de los ensayos de compresión realizados en años anteriores.

También se elaborará de gráficas y tablas donde se presenten los datos de forma más clara y concisa los resultados alcanzados en la presente investigación.

2.5 Herramientas de lean manufacturing

El proceso lean o esbelto se basa en el sistema de producción desarrollado por la empresa japonesa Toyota como lo describe Gutiérrez [26] donde se enfoca el flujo de los procesos y en minimizar la las actividades que no generen valor al proceso.

Dichas actividades son conocidas como mudas o desperdicios de las cuales se identifican siete tipos que son: sobreproducción, esperas, trasportación, sobre procesamiento, inventarios, movimientos y retrabajos.

En la tabla 5 se muestra una descripción detallada de los siete tipos de desperdicios, síntomas, causas y herramientas que podrían reducir dichos desperdicios.

Tabla 5. Tipos de desperdicios, síntomas, causas y herramientas.[26]

Desperdicio	Síntomas	Causas posibles	Herramientas
Sobreproducción	Aumento de inventarios Tiempo de ciclos extensos	Gran tamaño de lotes Desbalance en materiales	Just in time Realizar solo las actividades necesarias
Esperas	Operadores parados Retrasos producción	Pobre programación Mala calidad	Balancear cargas laborales Eliminar actividades
Transportación	Largas distancias de recorrido Excesivo movimiento de partes	Distribución de planta pobre Inventarios altos	Flujo continuo Mejorar la distribución de la planta
Sobrepcesamiento	Autorizaciones redundantes Costos directos altos Inventarios obsoletos	Pruebas excesivas Políticas inadecuadas Sobreproducción	Simplificar procesos Eliminar operaciones Minimizar tiempos de preparación
Inventarios	Incumplimiento plazos de entrega Doble manejo de partes	Falta de control visual Diseño deficiente	Just in time Celdas de trabajo Administración visual
Movimientos	Baja productividad	Mala calidad materiales	Desarrollo de proveedores
Retrabajo	Alta tasa de defectos Procesos de retrabajo	Poca capacitación	Control de procesos

2.5.1 Metodología de las 5 S

Metodología que permite mediante la participación de los involucrados mantener lugares limpios, ordenados, y seguros. Se origino en Japón y se basa en los principios de orden, limpieza y disciplina. Se aplica en casi todos los ambientes de trabajo donde exista desorden y desperdicios frecuentes.

Se compone de los siguientes elementos:

* **Seiri** (seleccionar). Mantener en los espacios de trabajo solo los materiales y elementos que consideremos necesarios y eliminar lo que nos sea útil.

* **Seiton** (ordenar). Todo elemento debe tener un lugar definido de manera que el acceso a dicho elemento sea fácil. Esto se refleja en la organización del puesto de trabajo.

* **Seiso** (limpieza). La limpieza del lugar y de las cosas debe realizarse con esmero no solo para tener un mejor ambiente laboral sino para hacerlo más seguro para todos.

* **Seiketsu** (estandarizar). Este elemento pretende mantener las acciones alcanzadas por aplicación de las anteriores 3 S mediante su aplicación continua.

* **Shitsuke** (disciplina). Incentiva a la autodisciplina de los miembros de una organización una vez alcanzadas con éxito las 4 anteriores S. Implica también realizar revisiones periódicas de y control continuo.

Como queda establecido esta metodología cumple un ciclo que deben cumplirse para garantizar el éxito de su aplicación como se observa en la figura 1



FIGURA 1. Ciclo de las 5 "S" [27]

2.5.2 Metodología KANBAN

La palabra Kanban proviene del japonés y se traduce como tarjetas visuales. Este concepto ha ido evolucionando hasta el presente y actualmente se trata de un sistema basado en señales con un desarrollo similar a un sistema de flujo que se organiza mediante un sistema pull o estrategia de jalónamiento.

Un sistema pull optimiza los inventarios debido a que solo se produce el bien o servicio si el cliente lo requiere como lo afirma Salazar [28] es decir la producción se ajusta a la demanda real.

Las principales reglas del Kanban según Garzas [29] son:

1. Representar el trabajo y las fases de producción o flujo de trabajo
2. Establecer el límite del trabajo en curso
3. Calcular el tiempo de una tarea completa (“lead time”).

2.6 Operacionalización de las variables

La operacionalización de las variables permite trasladar una variable desde un nivel abstracto a un plano más real o concreto. Es decir, la o las variables son susceptibles de ser medidas.

A continuación, en las tablas 6 y 7 se presentan la operacionalización de las variables tanto dependientes como independientes.

Tabla 6. Operacionalización de variables independientes [16]

<i>CONCEPTUALIZACIÓN</i>	<i>CATEGORÍAS</i>	<i>INDICADORES</i>	<i>ÍNDICE</i>	<i>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS</i>
<p>Ensayo de compresión de la puntera</p> <p>Mediante el uso de la máquina universal de ensayos se comprime la puntera del calzado de seguridad hasta las 2 500lbf. Se coloca un cilindro de plastilina que es medido luego del ensayo. Se mide la deformación y se compara con lo establecido en la Norma.</p>	<p>Parámetros de ensayo en la compresión de la puntera.</p>	<p>Velocidad de la Máquina Universal de Ensayos</p>	<p>100 mm/min [5 mm/min]</p>	<p>Reloj analógico máquina universal de ensayos/Display</p>
		<p>Altura de la probeta de plastilina</p>	<p>12,7 mm</p>	<p>Calibrador digital</p>
		<p>Carga máxima registrada</p>	<p>2500 lbf [15 kN] Valor constante en todo el ensayo</p>	
		<p>Temperatura de ensayo</p>	<p>Según normas (ASTM F2412 y ASTM F2413) NTE INEN 20344 y NTE INEN 20345</p>	<p>Termohigrómetro</p>

Tabla 7. Operacionalización de variables dependientes [16]

<i>CONCEPTUALIZACIÓN</i>	<i>CATEGORÍAS</i>	<i>INDICADORES</i>	<i>ÍNDICE</i>	<i>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS</i>
<p>Tiempo de trabajo. Es el tiempo que cada trabajador dedica a la ejecución del trabajo por el cual ha sido contratado. Se contabiliza por el número de horas que el empleado ha de desempeñar para desarrollar su actividad laboral dentro del periodo de tiempo de que se trate</p>	Tiempo de trabajo	Tiempo de preparación de muestras		Experimental
		Tiempo de uso de la Máquina Universal de Ensayos.		Toma del tiempo Cronómetro
		Tiempos de para o muertos.		Reloj

2.7 Conclusiones del capítulo

Una vez analizada la metodología para el estudio de tiempos es importante tener en cuenta que el éxito de la metodología depende en su mayor parte de clasificar la información adecuadamente. El muestreo de trabajo es un arma eficaz para vigilar mejor las actividades y obtener resultados positivos debido al mejor aprovechamiento del tiempo.

En este proyecto se hará uso de la investigación descriptiva, experimental y estadística que en su conjunto permitirá el desarrollo y análisis de los procesos identificando de manera oportuna los elementos o factores que requieren atención y que pueden ser modificados de manera que sean susceptibles de mejorar. Por lo que además de lo ya expuesto se hará el uso intensivo de herramientas y metodologías que ayuden con este fin.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1 Introducción

El laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones realiza ensayos técnicos de tracción, dureza, flexión, compresión, etc. en materiales metálicos, de toda clase. También realiza ensayos de carga, y compresión en muestras dentales, ciertos polímeros y en pruebas de calidad en calzado de seguridad.

El laboratorio mantiene en uso equipos de cierta antigüedad, pero funcionales que permiten realizar dichos ensayos. A estos equipos se han adaptado elementos que facilitan las tareas y permiten obtener valores más precisos.

3.2 Situación actual

3.2.1 Laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones

Actualmente el LAEV se encuentra bajo la dirección del Departamento de Ingeniería Mecánica y ofrece sus servicios tanto a estudiantes como a clientes del medio externo.

En la Anexo 1 se determina el lugar que ocupa el laboratorio dentro de la Escuela Politécnica Nacional.

El LAEV a su vez mantiene una organización interna como se aprecia en la figura 2 de manera que permite desarrollar sus actividades de forma sistemática.

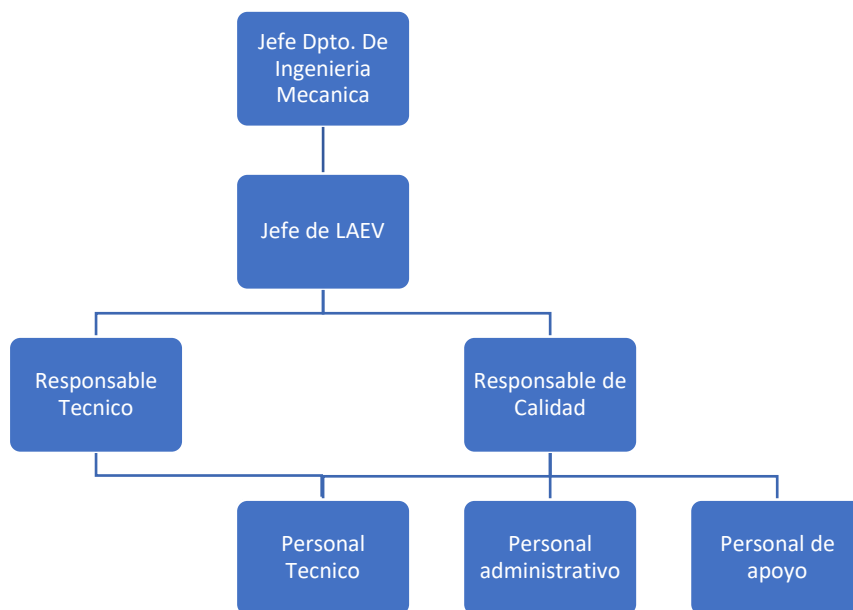


FIGURA 2. Organigrama interno del LAEV [16]

Dentro del LAEV se encuentran identificados los espacios hasta donde pueden ingresar estudiantes y clientes del medio externo (Figura 3). El Laboratorio tiene varios espacios con acceso controlado, debido a la naturaleza de los documentos y equipos disponibles.



FIGURA 3. Layout instalaciones LAEV [16]

3.2.2 Determinación de posibles problemas

En la figura 4 mediante la espina de Ishikawa o espina de pescado se propone la identificación del problema con sus causas y el problema o efecto que se pretende solucionar.

El objetivo principal de la herramienta “espina de pescado” es proponer posibles soluciones o salidas a los problemas encontrados facilitando la discusión y el análisis.

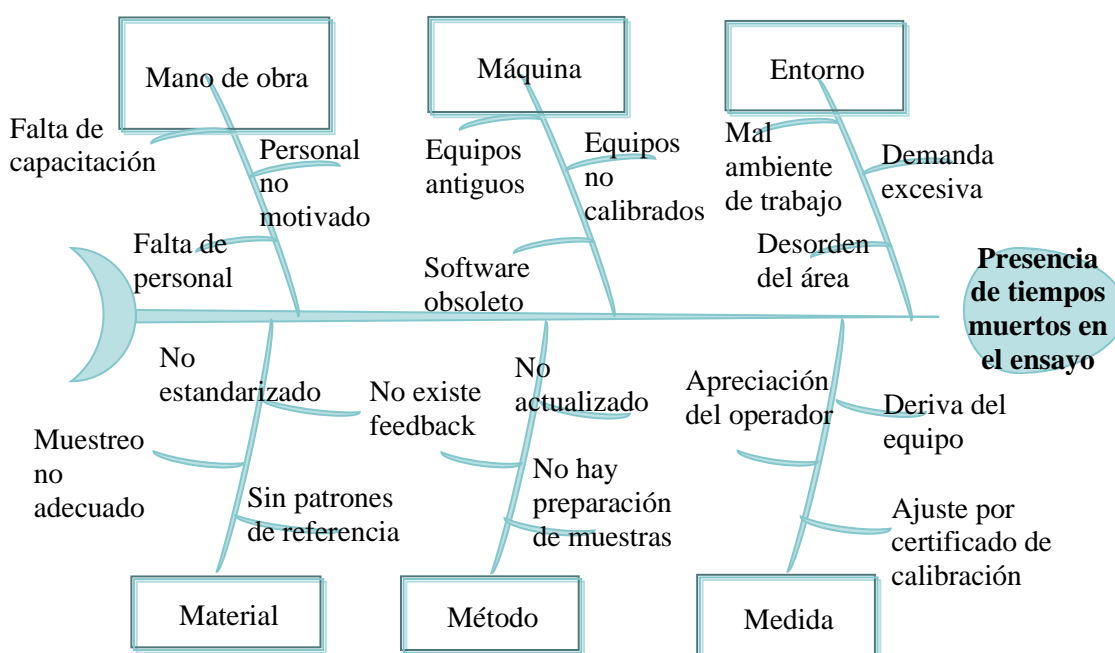


FIGURA 4. Diagrama de Ishikawa [16]

3.2.3 Flujograma

El diagrama de flujo o flujograma según Manene [30] es una representación gráfica dentro de una secuencia de operaciones desglosando el proceso en operaciones más simples con la finalidad de resolver problemas de un modo metodológico.

Como conclusión el flujograma al ser una herramienta de fácil manejo y de representación sencilla es factible separar el procedimiento que se realiza en LAEV.

Diagrama de flujo 1

Proceso: Inicio-Fin LAEV

En la figura 5 se establece el diagrama de flujo para el proceso desde la solicitud del ensayo hasta la entrega del informe que se realiza acorde a la siguiente descripción:

- 1. Recepción de solicitud:** El solicitante se contacta con el laboratorio de manera personal o por otros medios correo electrónico, teléfono, página web. El especialista revisa las condiciones del ensayo requerido y si es factible o no realizarlos en el LAEV, si es factible se solicita un documento formal dirigido al jefe del Departamento de Ingeniería Mecánica donde se indique los ensayos a realizar, así como el número de muestras y la normativa (en caso de haberla) a aplicarse. En el caso que no se factible se deriva el trabajo a otro laboratorio de la EPN que lo pueda realizar.
- 2. Cotización del ensayo y emisión de orden de trabajo:** Una vez llegado al acuerdo de la realización del ensayo bajo las condiciones descritas anteriormente se procede a la elaboración y envío de la cotización del ensayo, si el cliente acepta se registra en el sistema del laboratorio. A la vez se emite la orden de trabajo en el sistema SISLAB de la EPN.
- 3. Recepción e identificación de las muestras:** El cliente una vez realizado el pago de la cotización emitida se acerca a dejar en el laboratorio las muestras a ensayar debidamente rotuladas para su registro. El especialista revisa dichas muestras en el caso de existir alguna observación se lo indica al cliente y si el cliente acepta ensayar pese a esta desviación se procede al ensayo. Indicando al cliente que esta desviación constara en el informe técnico entregado.
- 4. Realización del ensayo:** El analista es el encargado de la realización de los ensayos dependiendo del número de muestras y la complejidad del ensayo se le indica oportunamente al cliente el tiempo que se demorará hasta la entrega del informe técnico. Una vez finalizado el ensayo el analista redacta el informe.

5. Revisión y entrega del informe: El especialista es el encargado de revisar y de ser el caso corregir el informe redactado, para finalmente enviarlo al jefe de laboratorio quien realiza una última revisión y lo firma. Una vez finalizado el trabajo se contacta con el cliente para el envío (documento electrónico) o el retiro del documento en físico.

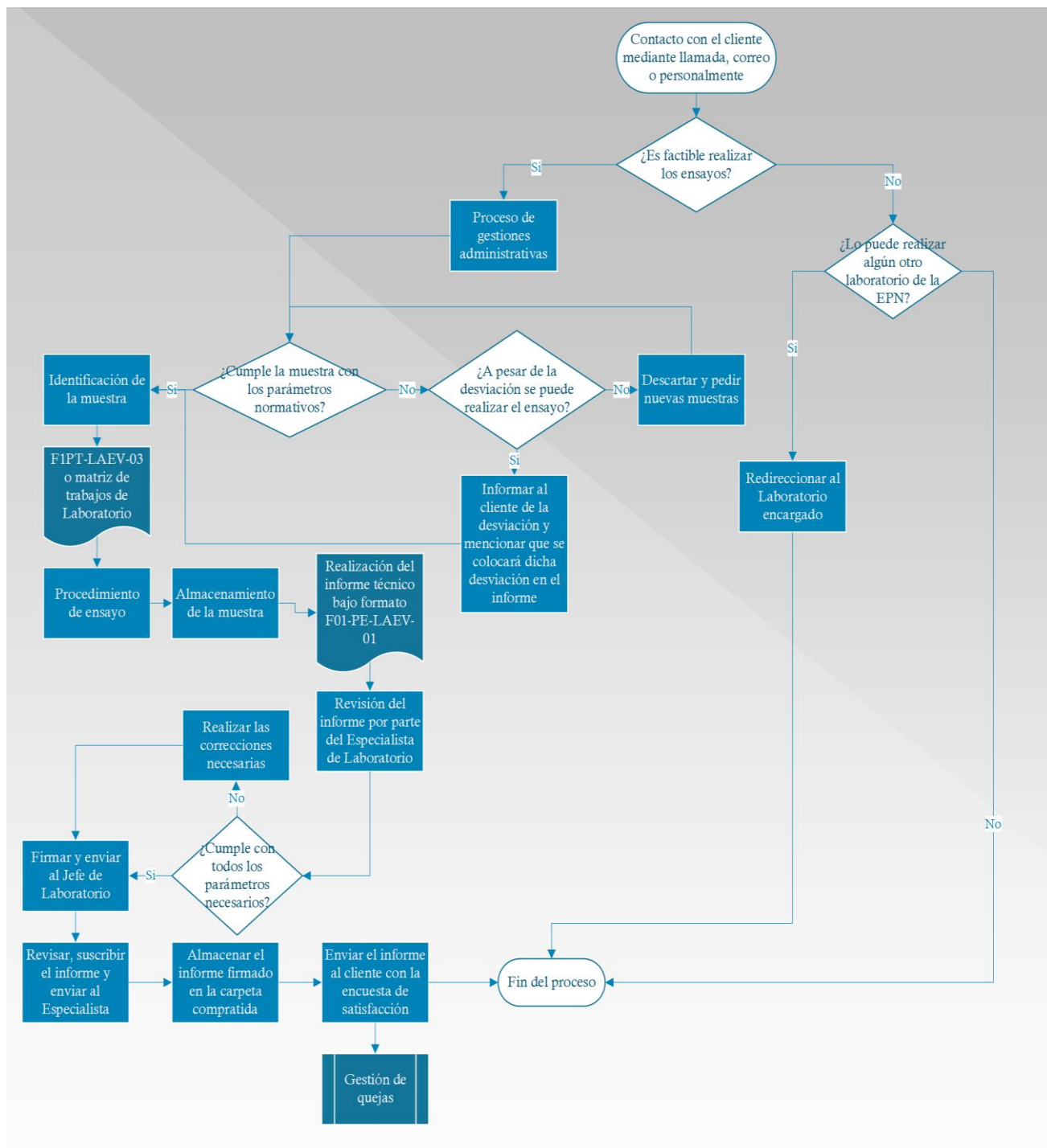


FIGURA 5. Flujograma Procesos LAEV [20]

- **Ensayo de compresión en punteras**

3.2.4 Máquinas e instrumental

Las máquinas y equipos utilizados en la realización del ensayo de compresión en calzado están en relación con las recomendaciones que la norma NTE INEN-ISO 20344. A continuación, se presenta el listado de máquinas y equipos necesarios para realizar el ensayo de compresión en calzado de seguridad.

Para la realización del ensayo de tracción es fundamental contar con equipos que permitan mantener la velocidad normativa (5 ± 2 mm/min) y admita la aplicación de una fuerza de $20 \text{ kN} \pm 1\%$. En el LAEV se cuenta con dos máquinas universales de las siguientes características:

- **Marca:** Tinius Olsen
- **Modelo:** Super L
- **Capacidad:** 132 000 lbf (587 165 N)
- **Velocidad:** La velocidad se regula con una manivela asociada a una válvula en el caso de la máquina universal analógica y mediante software en la máquina universal digital

3.2.5 Equipos y accesorios

Los equipos necesarios para la realización del ensayo son los siguientes:

- Calibrador con resolución de 0,01 mm
- Plato de compresión
- Cilindro de plastilina de (25 ± 2) mm de diámetro y (20 ± 2) mm de altura para calzado de talla inferior o igual a 40 y de (25 ± 2) mm de altura para tallas superiores.
- Dispositivo de sujeción para ensayo de compresión en calzado

3.2.6 Procedimiento de ensayo

En la presente investigación se aplica tanto la norma NTE INEN ISO 20344 y 20345 como la ASTM F2412 y 2413 por la adaptabilidad que presenta esta última a la realidad del laboratorio y del mercado nacional en cuanto a ensayos de seguridad en calzado.

Antes de realizar cualquier ensayo (por lo menos una vez al día) se debe verificar el movimiento de los cabezales de la máquina universal de ensayos hasta los puntos máximos y mínimos.

Diagrama de flujo 2

Proceso: Ensayo de compresión en punteras de seguridad

En la figura 8 se establece el diagrama de flujo para el ensayo de compresión en punteras de seguridad que se realiza acorde a la siguiente descripción:

Se determina el eje de ensayo. - Para ello, se coloca el zapato sobre un plano horizontal y contra uno vertical (Figura 6) que toque la orilla de la suela en los puntos A y B, del lado interno del calzado. Se establecen dos planos verticales, en ángulo recto con el primero, que se encuentren en los puntos X e Y, puntera y tacón. Se dibuja una línea desde X hasta Y (línea de eje).

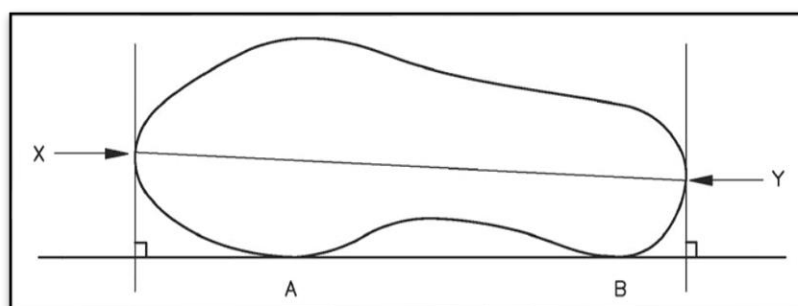


FIGURA 6. Eje del ensayo del calzado [20]

- Se realiza un corte de 30 mm en el frente del calzado por detrás del borde trasero del tope. Se separa completamente el corte enrasándolo con el borde posterior del zapato. Si el zapato se suministra con plantilla extraíble, el ensayo se ejecuta con ella colocada en su sitio.
- En el cuaderno de los datos primarios se debe codificar el ensayo con el número de la solicitud, además se debe colocar la fecha de ensayo, hora de inicio y hora de fin.
- Se coloca el cilindro de plastilina sobre una de sus bases en el interior de la probeta como se verifica en la figura 7. Se ubica la probeta en el aditamento de sujeción y se ajusta.

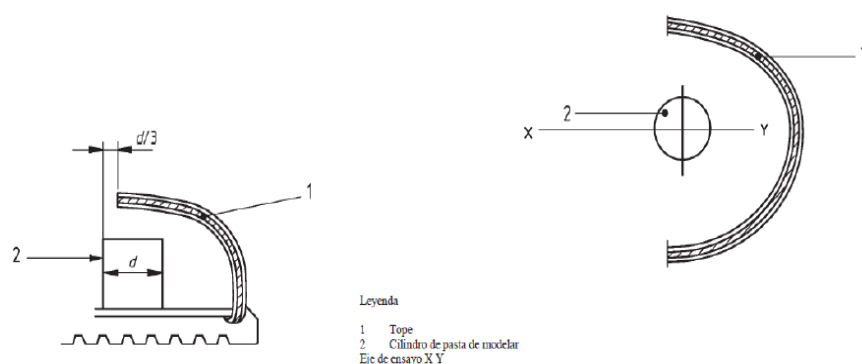


FIGURA 7. Ubicación del cilindro para el ensayo de compresión [18]

- Se coloca el plato de compresión en la máquina universal de ensayos
- Se coloca el dispositivo de sujeción en la máquina universal, se acerca el cabezal hasta el punto de contacto, se encera la carga y posición y se inicia el ensayo.
- Se regula la velocidad del ensayo con la manivela hasta alcanzar la carga solicitada de acuerdo con la normativa.
- Se retira el dispositivo de sujeción y se mide la altura mínima del cilindro con el calibrador.
- Al finalizar el ensayo se debe colocar el cabezal fijo y móvil en la parte inferior

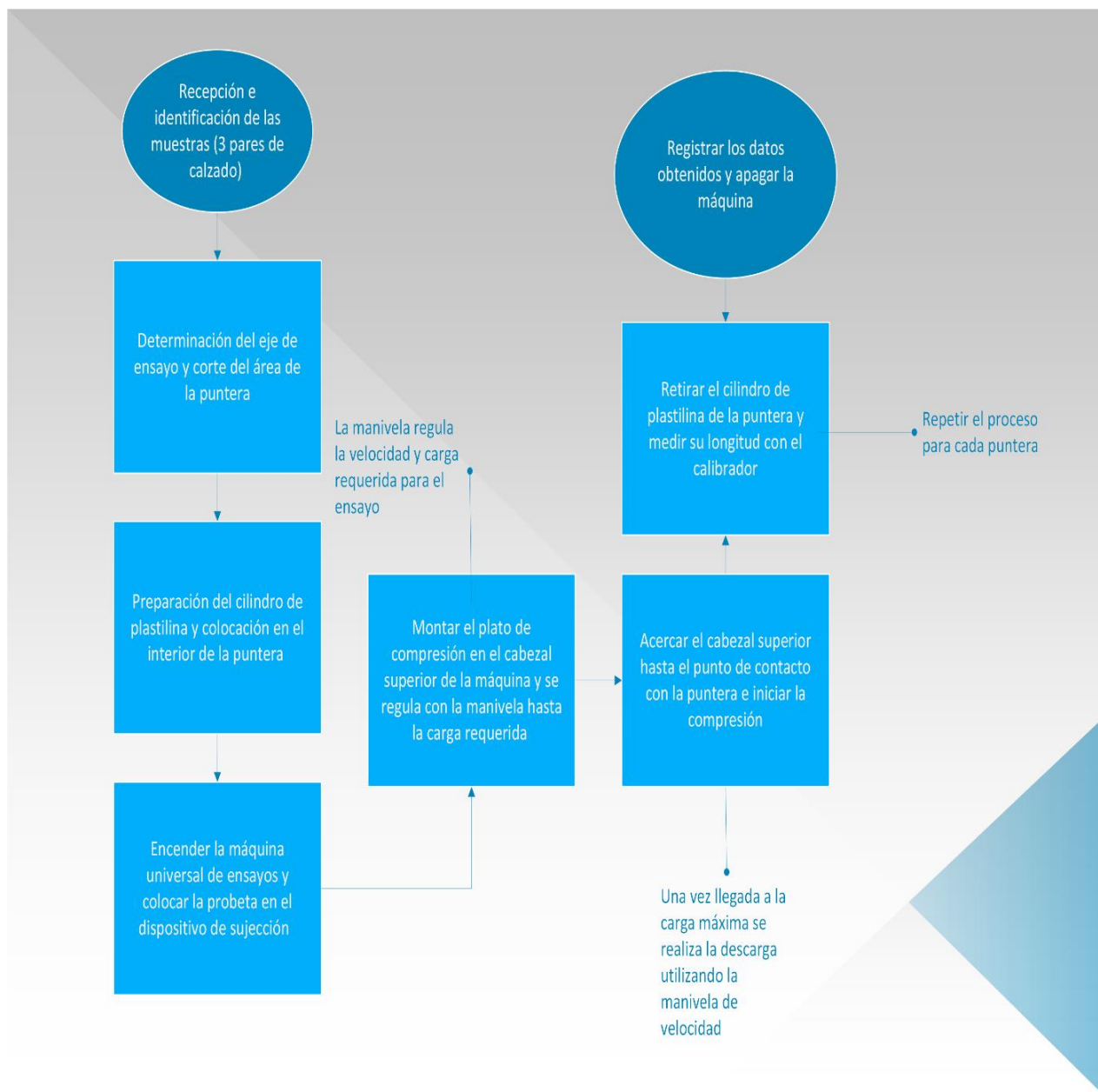


FIGURA 8. Flujograma - Ensayo de compresión en puntera [16]

3.2.7 Corrección de valores y reporte de resultados

En los informes técnicos que se emiten los valores obtenidos se corrigen en función de los últimos certificados de calibración de la máquina universal de ensayos y no se utiliza el valor de la incertidumbre.

Para el reporte de resultados se debe realizar de acuerdo con el formato FE01-PE-LAEV-01. (Ver anexo 5).

3.2.8 Análisis de punteras por tipos

En la tabla 8 y figura 9 se observa el número de punteras ensayados en el LAEV en los últimos 4 años clasificados por el tipo de puntera.

De aquí se puede informar que los tipos que más se ensayan de punteras de seguridad son las de composite y las de acero debido a que estos representan un menor costo en su producción y generan mayor confort en su uso además de que cumplen con las medidas de protección requeridas.

Tabla 8. Tipos de punteras ensayadas [16]

Tipo de puntera	Años				Total
	2018	2019	2020	2021	
Acero	10	5	3	1	19
Composite	10	6	3	1	20
Aluminio	1	0	0	0	1

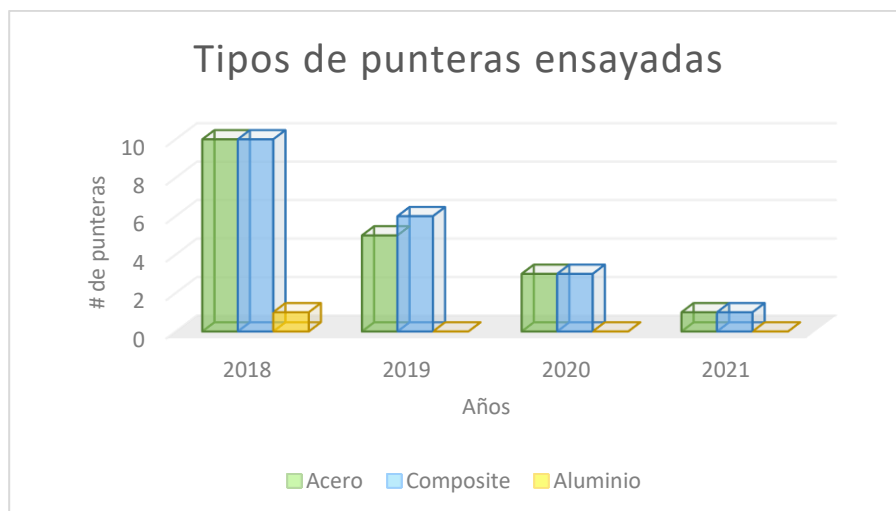


FIGURA 9. Tipos de punteras ensayadas por años [16]

Para un mejor análisis se estableció el total de cada tipo de puntera determinando que puntera se ha ensayado en mayor porcentaje y que será motivo de este estudio como se representa en la figura 10 con un diagrama de Pareto.

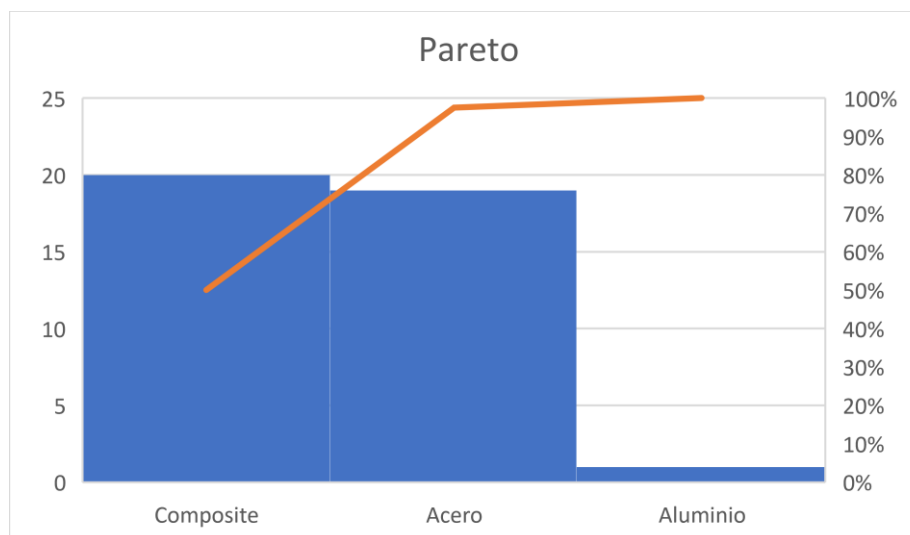


FIGURA 10. Pareto tipo de punteras [16]

De acuerdo con los valores obtenidos, en la presente investigación se hará uso de las dos punteras más representativas como lo son composite y acero.

3.2.9 Valoración del desempeño de los operarios

Para Niebel & Freivalds [31] la valoración o calificación del desempeño es una herramienta que permite medir el tiempo de una tarea específica con las condiciones más óptimas cuidando la productividad.

Para la realización de la valoración existen ciertos sistemas como el de Westinghouse que será parte de esta investigación.

- **Sistema Westinghouse:** Sistema de valoración que toma en cuenta varios factores a la hora de evaluar el trabajo del operario, como: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

En la figura 11 se describe la valoración del sistema Westinghouse

<u>HABILIDAD</u>			<u>ESFUERZO</u>		
+ 0.15	A1	Extrema	+ 0.13	A1	Excesivo
+ 0.13	A2	Extrema	+ 0.12	A2	Excesivo
+ 0.11	B1	Excelente	+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente	+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Buena	+ 0.05	C1	Buena
+ 0.03	C2	Buena	+ 0.02	C2	Buena
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
- 0.05	E1	Aceptable	- 0.04	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable	- 0.08	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Deficiente	- 0.12	F1	Deficiente
- 0.22	F2	Deficiente	- 0.17	F2	Deficiente

<u>CONDICIONES</u>			<u>CONSISTENCIA</u>		
+ 0.06	A	Ideales	+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.04	B	Excelentes	+ 0.03	B	Excelente
+ 0.02	C	Buenas	+ 0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
- 0.03	E	Aceptables	- 0.02	E	Aceptable
- 0.07	F	Deficientes	- 0.04	F	Deficiente

FIGURA 11. Valoración Sistema Westinghouse [11]

- **Tiempo normal o básico:** Se define como el tiempo que necesita el operario trabajando a un ritmo del 100% para la realización de una tarea, la fórmula para obtener el tiempo base se obtiene de la siguiente manera:

$$tiempo\ normal = tiempo\ observado \times \frac{valor\ atribuido}{valor\ tipo} \quad Ec. 1$$

- **Suplementos:** Es el tiempo que se otorga al operador para nivelar las demoras dentro de un trabajo realizado. Como se indicó en el capítulo 1

Los suplementos, según el tipo se dividen en tres grupos que son:

- Necesidades personales del operador
- Por fatiga, dependiendo del tipo de trabajo
- Especiales o no asignables

- **Tiempo Estándar:** Es el tiempo que se requiere para la producción de un objeto o en este caso para la realización de un ensayo bajo tres condiciones que se numeran a continuación:
 - Operador calificado
 - Ensayos a ritmo normal
 - Tarea específica

El tiempo estándar es igual a:

$$T_E = T_N(1 + K) \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

T_E = Tiempo estándar

T_N = Tiempo normal o básico

K = Suplementos

- **Cálculo del número de observaciones:** Al revisar las referencias al cálculo del número de muestras para este tipo de estudio se observa que existen varios métodos sin embargo por su baja complejidad y mayor utilidad se utilizará el método creado por investigadores de la empresa General Electric. El cual establece:
 - La relación entre la duración de los ciclos y el número de observaciones a realizar.

En la figura 12 se observa esta metodología.

TIEMPO DEL CICLO (min)	OBSERVACIONES A REALIZAR
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
4.00 A 5.00	15
5.00 A 10.00	10
10.00 A 20.00	8
20.00 A 40.00	5
MÁS DE 40.00	3

FIGURA 12. Valores General Electric para número de ciclos [11]

De acuerdo con lo observado en los tiempos de ensayo preliminares que están en promedio del tiempo de ciclo de 5 a 10 minutos y según la recomendación de la figura 12 se tomara 10 observaciones como muestra para este estudio.

3.2.10 Estudio de tiempos y movimientos situación actual

Se presenta a continuación el análisis del estado de trabajo del ensayo, para el cual se aplica:

- 1.- Diagrama de flujo de operaciones (Figura 8)
- 2.- El procedimiento de estudio de tiempos.

En la ficha de observación (Tabla 9), se presenta las diferentes particularidades de los procesos a fin de comprobar las condiciones previas.

Tabla 9. Ficha de observación (Ensayo de compresión en punteras) [16]

Fecha:		7 -11 marzo				
ACTIVIDAD	REFERENCIA					
	Supera Expectativas	Logrado	En proceso	Necesita mejorar	No es posible observar	
	1	2	3	4	5	
PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS						
Moldeado de la plastilina		x		x		
Corte del calzado						
ENSAYO						
Colocar la plastilina en la puntera		x				
Fijar la muestra en la máquina de ensayos			x			
Colocar plato de compresión y encender la máquina		x				
Abrir la válvula y desplazar el cabezal		x				
Compresión puntera		x				
Retirar la plastilina y medir la altura de esta		x				

3.2.11 Análisis del tiempo de ensayo

Para medir el tiempo se utilizó un cronometro de vuelta a cero así mismo en la valoración del ritmo de trabajo se utilizó el sistema Westinghouse descrito anteriormente. El ensayo lo realizó un operador calificado y con amplia experiencia en este tipo de ensayos.

Durante el ensayo debe permanecer de pie lo que representa un esfuerzo adicional mientras las condiciones ambientales son regulares ya que si bien el sitio de trabajo es abierto por la estructura del techo del lugar se registran temperaturas medianamente altas que afectan al operador lo que dificulta la realización del ensayo. Por último, se obtiene una calificación total ($C_v = 1,14$) como se registra en la tabla 10.

Tabla 10. Calificación operador [16]

CALIFICACIÓN	
Razón	Valor
HABILIDAD Excelente (B2)	0,08
ESFUERZO Bueno (C1)	0,05
CONDICIONES Regulares (D)	0
CONSISTENCIA Buena (C)	0,01
TOTAL (C)	0,14
Calificación velocidad $C_v=1+C$	1,14

Una vez obtenida la calificación, se debe calcular los suplementos o tiempos suplementarios. Se debe calcular los suplementos de las condiciones de trabajo y también de las necesidades personales.

A continuación, en la tabla 11, se presenta el análisis y cálculo de los suplementos en base a la normativa de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (Anexo 6).

Tabla 11. Cálculo suplementos operador [16]

SUPLEMENTOS	(Hombre)
Razón	Valor
<i>S. CONSTANTES</i>	(%)
Necesidades personales y fatiga	9
<i>S. VARIABLES</i>	(%)
Trabajo de pie	2
Bastante monótono	1
TOTAL	12

En la tabla 12, se presenta el análisis de tiempo con sus componentes para el ensayo de compresión en punteras en calzado de seguridad.

Tabla 12. Cálculo de tiempos – situación actual [16]

MÉTODO ACTUAL																		
FECHA:	7-11 marzo																	
ACTIVIDAD	CICLOS TOMADOS EN MINUTOS										T	Fracción min	Valoración (V)	T	Suplementos 12%	T		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom (To)			Normal (To*V)		Estándar (Tn*S)		
Moldeado de la plastilina	13:37	03:58	09:07	04:56	04:34	05:17	06:30	05:53	05:51	04:59	06:28	6,47	1,14	7,38	0,89	8,26		
Corte del calzado	06:19	06:04	05:15	06:10	06:00	06:05	05:43	05:11	05:17	05:48	05:47	5,79	1,14	6,60	0,79	7,39		
Colocar la plastilina y fijar la muestra	02:10	01:20	01:05	01:24	01:36	02:00	01:59	01:21	01:48	02:10	01:41	1,69	1,14	1,92	0,23	2,16		
Colocar plato de compresión y encender la máquina	03:41	03:23	02:58	02:45	03:06	03:25	02:48	03:05	02:59	03:17	03:09	3,15	1,14	3,59	0,43	4,02		
Abrir válvula y desplazar el cabezal	01:31	01:01	00:27	00:47	00:38	00:52	01:21	01:29	00:41	00:54	00:58	0,97	1,14	1,10	0,13	1,24		
Compresión puntera	05:40	05:32	05:35	04:55	05:02	05:08	04:59	05:05	05:03	05:17	05:14	5,23	1,14	5,96	0,72	6,67		
Retirar la plastilina y medir la altura	00:54	00:34	00:27	00:36	00:33	00:22	00:28	00:30	00:35	00:26	00:33	0,54	1,14	0,62	0,07	0,69		
												TOTAL	23:50	23,83		27,16	3,26	30,42

Con los valores obtenidos se procede al determinar el tiempo normal total y el tiempo estándar total con el que se está realizando el ensayo.

Tiempo normal. (T_n) - Se utiliza la ecuación 1 descrita anteriormente

$$\begin{aligned} \text{tiempo normal} &= 23,83 * 1,14 \\ \text{tiempo normal} &= 27,17 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Tiempo estándar (T_E). – Se utiliza la ecuación 2

$$\begin{aligned} \text{tiempo estándar} &= 27,17 * (1 + 0,12) \\ \text{tiempo estándar} &= 30,43 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Al comparar el tiempo obtenido con la data histórica de ensayos (Anexo 7) se observa que existe similitud en los resultados.

3.2.12 Capacidad de diseño y capacidad productiva

La capacidad de diseño es la producción teórica límite de un sistema dentro un tiempo dado bajo condiciones ideales. Medir la capacidad es el resultado de dividir el número máximo de unidades producidas en un tiempo determinado. Otras empresas usan el tiempo de trabajo total disponible como indicador de su capacidad global.

La capacidad efectiva de una empresa es la capacidad que se espera alcanzar dadas las restricciones operativas actuales como lo aseveran Carro & González [32] A menudo la capacidad efectiva es menor a la de diseño debido a que la instalación se concibió originalmente para una versión anterior o para una mezcla de productos con diferencias importantes a la que se produce en la actualidad.

* *Capacidad productiva*

$$CP = \frac{\# \text{ de ensayos}}{\text{día}} \quad \text{Ec. 3}$$

Hacemos uso del tiempo estándar ya obtenido para el ensayo que es de 30,43 minutos y tomando en cuenta un día laboral de 8 horas (480 minutos) se obtiene:

$$30,4 \text{ min} \rightarrow 1 \text{ ensayo}$$

$$480 \text{ min} \rightarrow X$$

Se obtiene 15,8 ensayos que redondeando serían un total de 16 ensayos por día en condiciones ideales

$$CP = 16 \frac{\text{ensayos}}{\text{día}}$$

*** Tiempo productivo**

Se describe por la siguiente fórmula:

$$TP = TT - TPP - TM \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

TP= Tiempo productivo

TT= Tiempo de trabajo

TM= Tiempo muerto o no productivo

Nota: En este caso no se aplica el factor de tiempo de parada programada (TPP) porque no existe un mantenimiento entre los ensayos de compresión.

El tiempo de trabajo en el LAEV es de 8 horas desde las 08:00 hasta las 17:00 con una hora de receso (almuerzo).

Tras el análisis de tiempos se determina que existen tiempos muertos en los que se consideran:

Personal

- Necesidades personales T= 15 minutos
- Descanso entre ensayos T= 15 minutos
- Elaboración de informes técnicos T= 90 minutos

Maquinaria

- Desmontaje y montaje de accesorios (máquina universal de ensayos)
T= 5 minutos
- Limpieza de la máquina (polvo, restos de materiales, limallas) T= 5 minutos

Procedimiento y muestras

- Preparación de las probetas T= 15 minutos
- Revisión de normativa e informes anteriores para ensayos nuevos T= 5 minutos
- Ingreso de datos a la matriz de cálculo T= 15 minutos

Tiempo muerto total = 165 minutos (2:45 h)

Tiempo productivo

$$TP = 8 - 2,75$$

$$TP = 5,25 \text{ horas}$$

* *Producción real*

Para este cálculo se toma en cuenta el tiempo estándar del ensayo y el tiempo productivo anteriormente calculado

$$30,4 \text{ min} \rightarrow 1 \text{ ensayo}$$

$$315 \text{ min} \rightarrow X$$

Se obtiene 10,4 ensayos que redondeando serian un total de 10 ensayos por día en las condiciones actuales y asumiendo que el laboratorio solo realizará ensayos de compresión en punteras.

$$PR = 10 \frac{\text{ensayos}}{\text{día}}$$

*** Rendimiento**

Se expresa con la ecuación:

$$R = \frac{PR}{CP} * 100 \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

R= Rendimiento

PR= Producción real

CP= Capacidad productiva

$$R = \frac{10 \frac{\text{ensayos}}{\text{día}}}{16 \frac{\text{ensayos}}{\text{día}}} \times 100$$

$$R = 62,5\%$$

3.2.13 Cálculo del OEE

Como primer paso se identificará la Eficacia Global de Equipos Productivos OEE por sus siglas en ingles que es un indicador que mide la eficacia de la maquinaria industrial y que se utiliza como herramienta dentro de los procesos de mejora continua. Además, que es un factor distintivo para identificar y paliar posibles ineficiencias en los procesos productivos.

*** Disponibilidad**

Se describe en la siguiente ecuación:

$$D = \frac{TP}{TD} \times 100 \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

D= Disponibilidad

TP= Tiempo productivo

TD= Tiempo disponible

$$D = \frac{5,25}{8} \times 100$$

$$D = 65,63\%$$

En la tabla 13 se observa la determinación del OEE para el ensayo de compresión en punteras de seguridad. Se consideraron los factores de disponibilidad y rendimiento que generaron un valor de 41%

Tabla 13. OEE ensayo de compresión [16]

		Valor	Unidades
DATOS	Tiempo de ensayo	0,51	Horas
	Tiempo de trabajo	8	Horas
	Tiempos muertos	2,75	Horas
DISPONIBILIDAD (D)	Tiempo disponible	8	Horas
	Tiempo productivo	5,25	Horas
	Resultado	65,6	Porcentaje
RENDIMIENTO (R)	Capacidad productiva	16	ensayos/día
	Producción real	10	ensayos/día
	Resultado	62,5	Porcentaje
OEE=(D*R)		41	Porcentaje

Este valor comparado con el de la tabla 14 nos muestra que la situación actual en base a este indicador es inaceptable por lo que se puede y debe mejorar modificando los factores que intervienen en este indicador.

Tabla 14. Valores de OEE recomendados [33]

OEE	Valoración	Descripción
OEE < 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas Baja competitividad
65% ≤ OEE < 75%	Regular	Pérdidas económicas
75% ≤ OEE < 85%	Aceptable	Aceptable si se encuentra en proceso de mejora Pérdidas económicas ligeras Competitividad ligeramente baja
85% ≤ OEE < 95%	Buena	Valores “World Class” Buena competitividad
OEE > 95%	Excelente	Excelente competitividad

3.2.14 Herramienta 5 S

Para determinar el estado del laboratorio en relación con los parámetros de orden, limpieza y disciplina en relación con lo que se establece en la metodología de las 5 S se procede a realizar una encuesta tanto a nivel operativo como jerárquico superior de acuerdo con la encuesta reflejada en la tabla 15, que presenta el siguiente rango de

calificación 0 o 1 si la respuesta es positiva o negativa dependiendo del caso, y 0,5 si cumple parcialmente o necesita mejorar.

Tabla 15. Cuestionario diagnostico 5S [34]

Parámetro 5S	Ítem	Valor de cumplimiento (promedio)
Clasificación (Seiri)	¿Los objetos considerados necesarios para el desarrollo de las actividades del área se encuentran organizados?	0,5
	¿Se observan herramientas/maquinaria dañada o en mal estado?	1
	En caso de observarse objetos dañados ¿Se han catalogado cómo útiles o inútiles?	0
	¿Existen herramientas/maquinaria obsoletos?	1
	En caso de observarse herramientas/maquinaria obsoletos ¿Están debidamente identificados como tal, se encuentran separados y existe un plan de acción para ser descartados?	0
Orden (Seiton)	¿Se dispone de un sitio adecuado para cada elemento que se ha considerado como necesario?	1
	¿Utiliza la identificación visual, de tal manera que les permita a las personas ajenas al área realizar una correcta disposición de los objetos?	1
	¿La disposición de los elementos es acorde al grado de utilización de estos? Entre más frecuente más cercano.	0
Limpieza (Seiso)	¿El área de trabajo se percibe como absolutamente limpia?	0
	¿Existe una rutina de limpieza por parte de los operarios del área?	0
Estandarización (Seiketsu)	¿Existen espacios y elementos para disponer de la basura?	1
	¿Se utiliza evidencia visual respecto al mantenimiento de las condiciones de organización, orden y limpieza?	0
	¿Se utilizan moldes o plantillas para conservar el orden?	1
Disciplina (Shitsuke)	¿Se cuenta con un cronograma de análisis de utilidad, obsolescencia y estado de elementos?	0,5
	¿Se percibe una cultura de respeto por los estándares establecidos, y por los logros alcanzados en materia de organización, orden y limpieza?	0,5
	El personal se involucra sugiriendo mejoras	1

Al realizar la clasificación para cada elemento de las 5 S se obtiene:

* Seiri (Clasificación): Tiene un puntaje de cumplimiento del 10% que muestra que no existe una adecuada clasificación de las herramientas y equipos.

* Seiton (Orden): Se observa un puntaje de 66% lo que nos muestra que existe orden en el laboratorio, pero muchas veces este no se mantiene.

* Seiso (Limpieza): Con un porcentaje de 33% de cumplimiento se describe que si bien se mantiene una limpieza general en el laboratorio no existe una rutina de limpieza de los operadores por lo que se vuelve a ensuciar de manera habitual las áreas de trabajo

* Seiketsu (Estandarizar): Con un valor de 50% lo que muestra que no existe estandarización de los procesos de mantenimiento asociados al orden, clasificación y limpieza tampoco se cuenta con evidencias visuales de que se apliquen las 3 primeras S

* Shitsuke (Disciplina): Presenta un valor de 75% ya que, si bien el personal sugiere mejoras para el sistema, se debe mejorar en mantener los estándares ya alcanzados.

Toda esta información se refleja en la figura 13.

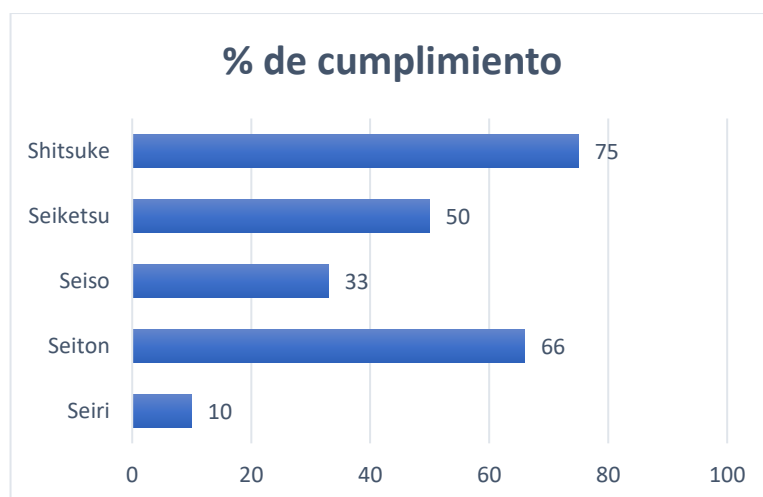


FIGURA 13. Porcentaje de cumplimiento 5S LAEV [16]

A continuación, se muestra el detalle fotográfico (figura 14) de las áreas del laboratorio que presentan problemas

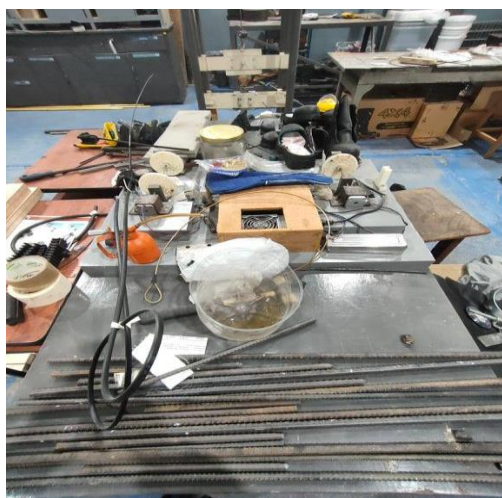
SEIRI (Clasificación)



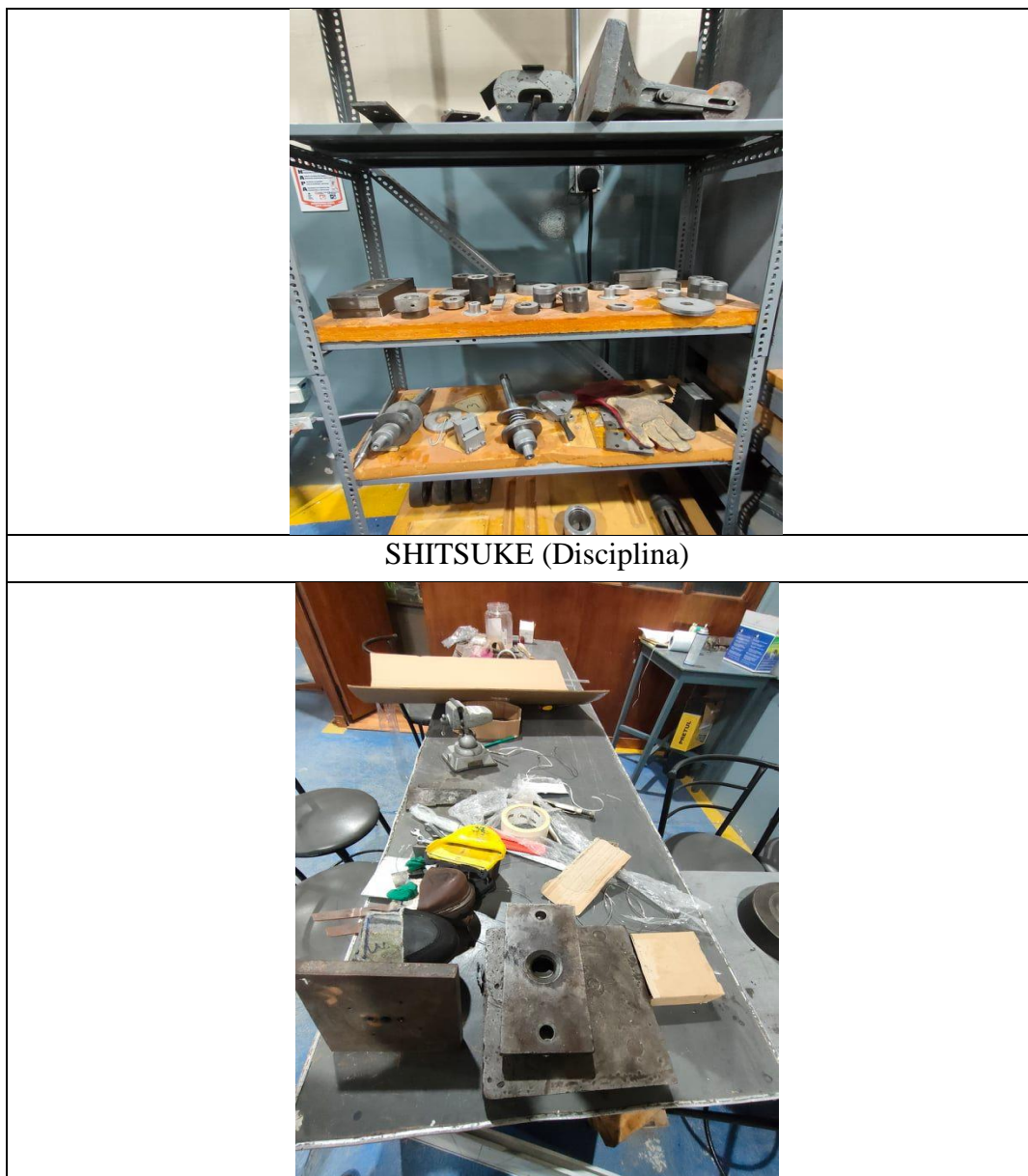
SEITON (Orden)



SEISO (Limpieza)



SEIKETSU (Estandarización)



SHITSUKE (Disciplina)

FIGURA 14. Detalle fotográfico situación LAEV [28]

3.3 Conclusiones del capítulo

En este capítulo se menciona la conformación interna del LAEV, así como su situación dentro de la organización a la que pertenece. Se determinó su distribución física, sus procesos principales, los equipos que se utilizan además de la descripción detallada del ensayo de compresión en punteras objeto del presente estudio.

Mediante el uso de herramientas se estableció los cuellos de botella y principales problemas que presenta el ensayo de compresión, con él uso de la toma de tiempos de preparación, y del ensayo propiamente dicho se logró estandarizar el tiempo que se demora.

Al obtener los tiempos se determinó la capacidad productiva, la disponibilidad y el rendimiento para finalmente calcular el OEE respectivo. Como base para mejorar este indicador se procedió a calcular los porcentajes de cumplimiento de los parámetros establecidos en la metodología 5S.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE TRABAJO Y ESTANDARIZACIÓN DE LOS TIEMPOS EN LAS PRUEBAS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN EN PUNTERAS DE SEGURIDAD EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES (LAEV).

4.1 Introducción

Conocer que tiempo se demoran las empresas u organizaciones en realizar sus actividades representa un pilar fundamental en su funcionamiento. A su vez la estandarización de estos tiempos permite verificar que se están alcanzando las metas propuestas por la organización. Incide además en el pago de salarios más justos y de la evaluación del trabajo desarrollado por los operarios o trabajadores.

Una vez determinados estos valores se podrá mediante análisis y herramientas técnicas determinar que actividades en particular son las que generan retrasos o presentan tiempos de para. Al establecer estos problemas se identificará qué factores afectan de manera directa o indirecta y aplicar metodologías o técnicas que permitan eliminar o minimizar los efectos adversos a la capacidad de trabajo del laboratorio.

Actualmente el LAEV no cuenta con este tipo de análisis por lo que los problemas relacionados al desorden, limpieza afectan a los tiempos de ensayo que a su vez retrasan la entrega de informes técnicos en los ensayos de compresión en punteras de seguridad disminuyendo su competitividad y afectando sus ingresos.

4.2 Título de la propuesta

Evaluación de la capacidad de trabajo y estandarización de los tiempos en las pruebas de ensayo de compresión en punteras de seguridad en el laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones (LAEV).

4.3 Justificación

Una vez realizado el estudio de la situación actual del laboratorio, se establece que se deben aplicar correcciones para disminuir el tiempo que toma realizar el ensayo de compresión y aumentar el valor de la productividad que según el valor del OEE obtenido es de 41% actualmente.

Se hará uso de herramientas de control visual como la metodología Kanban, además de la aplicación de la 5 S para mejorar la clasificación, el orden y la limpieza en el lugar de trabajo lo que conllevará a disminuir el tiempo de ensayo que actualmente se encuentra en un valor de 30,43 minutos

4.4 Objetivos

- Implementar las herramientas de la metodología 5S y Kanban para mejorar la operación de los puestos de trabajo.
- Establecer el diagrama de flujo de operaciones en el ensayo de compresión, con el fin de visualizar el proceso de mejor manera o detectar fallas.
- Mejorar el valor del indicador OEE que representara una mejora en la productividad del laboratorio.
- Verificar la validez de las metodologías usadas al establecer una comparación entre los tiempos de trabajo obtenidos.

4.5 Estructura de la propuesta

La propuesta se encuentra estructurada de la siguiente manera:

- Paso 1. Capacitación al personal y concientización del trabajo en equipo.
- Paso 2. Establecer y analizar el diagrama de flujo de operaciones para el ensayo de compresión en punteras.
- Paso 3. Implementación de las 5s y las tarjetas Kanban.
- Paso 4. Determinar los tiempos obtenidos con la nueva metodología.
- Paso 5. Determinar los nuevos valores de disponibilidad, rendimiento y OEE logrados.

4.6 Desarrollo de la propuesta

4.6.1 Capacitación y concientización del trabajo en equipo

Con el fin de involucrar al personal que trabaja en el laboratorio se dictarán charlas de socialización sobre la importancia de la aplicación y mantenimiento de las metodologías 5S y Kanban con el fin de mejorar el ambiente laboral y aumentar el desempeño de los colaboradores.







4.6.2 Análisis del diagrama de flujo de operaciones

Para entender un proceso la información que se recolecte deberá ser mostrada gráficamente de modo que se pueda entender el proceso de forma estandarizada. Es por este motivo que se hará uso de un cursograma analítico de operaciones para describir las actividades que conforman el ensayo.

- **Cursograma analítico de operaciones**

En la tabla 16 se muestra la simbología, definición y actividad según lo indicado por ASME.

Tabla 16. Simbología American Society of Mechanical Engineers (ASME) [11]

ACTIVIDAD	DEFINICIÓN	SIMBOLO
Operación	Si se modifican las características de un objeto	
Transporte	Si se mueve el objeto de una posición a otra	
Inspección	Si se verifica la calidad de un objeto	
Demora	Si existe alguna interferencia entre los procesos	
Almacenaje	Los objetos son retenidos contra su uso	
Actividad combinada	Se realizan actividades conjuntas por el operador	

Al aplicar esta herramienta en el proceso del ensayo de compresión en las punteras de seguridad con los tiempos anteriormente obtenidos se obtiene la tabla de recorrido o cursograma que se observa en la figura 15.

TABLA DE RECORRIDO				
ENSAYO	COMPRESIÓN EN PUNTERAS DE SEGURIDAD		ACTIVIDAD	OPERACIÓN
				INSPECCIÓN
REALIZADO POR	JONATHAN RIOS		ACTIVIDAD	MIXTA
				ALMACEN
DESCRIPCIÓN	TIEMPO (min)	ACTIVIDAD	OBSERVACIÓN	TRANSPORTE
				DEMORA
Recepción de muestras	-	▼ ■	-	
Moldeado de la plastilina	8,26	● ◐		
Corte de calzado en probetas	7,39	● ◐		
Colocar la plastilina en la puntera y fijar la muestra	2,16	➔		
Colocar plato de compresión y encender la máquina	4,02	●		
Abrir válvula y desplazar el cabezal	1,24	◐	Se regula la velocidad con la manivela	
Compresión puntera	6,67	●		
Retirar la plastilina y medir la altura	0,69	➔ ● ■		

FIGURA 15. Diagrama de flujo de operaciones – ensayo punteras [16]

Al realizar el análisis del cursograma se identifica que existen demoras tanto en el moldeado de la plastilina como en el corte del calzado. De aquí se puede concluir que se debe preparar las plastilinas con anterioridad y utilizar el software con las plantillas de la otra máquina universal de ensayos a fin de disminuir los tiempos de trabajo totales (Ver Anexo 8).

En cuanto al corte del calzado este actualmente se realiza con estiletos y no se puede modificar debido a que actualmente el laboratorio no cuenta con troqueles que faciliten este proceso.

4.6.3 Implementación de las 5s y las tarjetas Kanban

Aplicación metodología 5 “S”

Para la implementación de las metodologías de lean manufacturing: 5 “S” se procede a resolver los problemas encontrados en la tabla 16.

Clasificación:

- Crear y colocar las etiquetas de fuera de servicio a los equipos en mal estado o que ya no funcionan en el laboratorio.
- En relación con la ubicación de los elementos y herramientas del laboratorio se crea etiquetas en las repisas del laboratorio indicando la ubicación de cada objeto
- Los equipos identificados como obsoletos o en mal estado se encuentran dados de baja del inventario y a la espera de ser retirados por el departamento de bienes de la institución.

Orden:

- Se cambian las etiquetas que se encuentran en mal estado y en los lugares donde no existen se crean nuevas.
- Los elementos y herramientas que más se ocupan en los ensayos se encuentran en una mesa etiquetada para facilitar su uso y transporte.

Limpieza:

- En colaboración con el especialista y los operarios del laboratorio se crea un reglamento para la limpieza del área de trabajo que debe ser aplicado por todo el personal y en cada ensayo. En el Anexo 9 se muestra dicho documento.

Estandarización

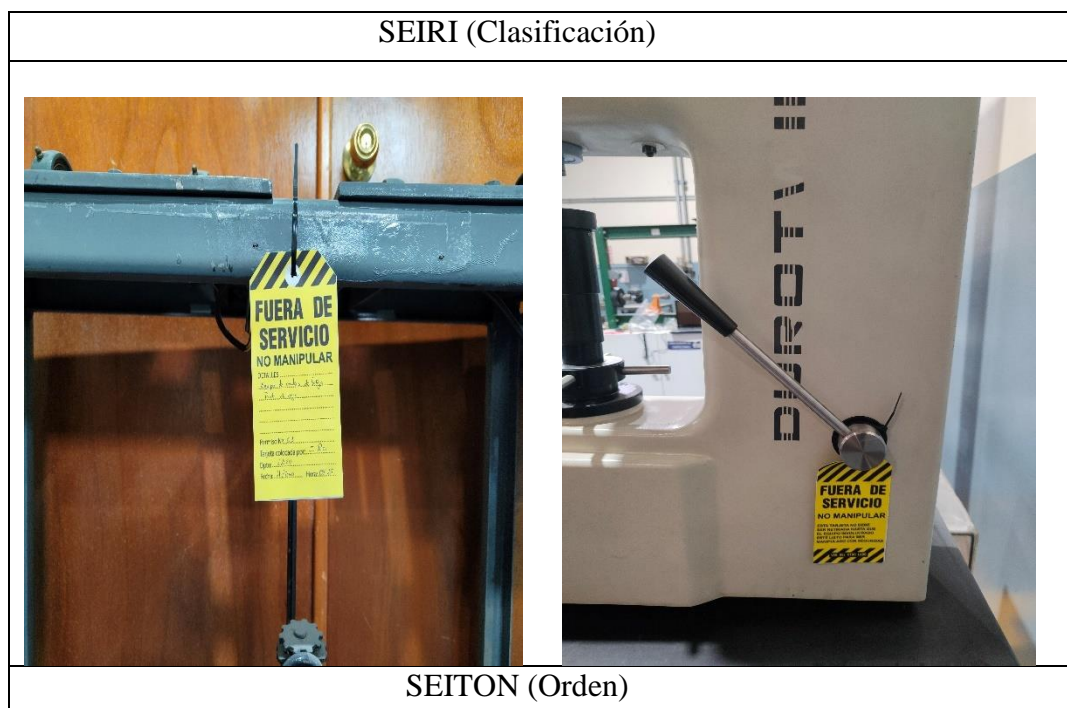
- Bajo la aceptación del jefe de laboratorio se coloca imágenes del estado del laboratorio en la cartelera del laboratorio una vez realizado la limpieza y colocados todos los objetos, elementos, muestras, herramientas y equipos en el lugar correspondiente como evidencia y para mantener el orden y la limpieza.

- Existe un procedimiento para el control y revisión de los equipos del LAEV PT-LAEV-02 (Anexo 10) sin embargo por problemas en las calibraciones este no se encuentra actualizado.

Disciplina

- Con base a lo enunciado anteriormente y además de la charla recibida por los colaboradores del laboratorio el personal se compromete a mantener las condiciones de limpieza y orden del LAEV

Las evidencias de lo realizado se presentan a continuación en la figura 16 en un registro fotográfico





SEISO (Limpieza)



SEIKETSU (Estandarización)



SHITSUKE (Disciplina)



FIGURA 16. Detalle fotográfico LAEV actual [16]

Para cuantificar el porcentaje de cumplimiento con los cambios realizados se utiliza nuevamente el cuestionario presentado en la tabla 15 cuyos resultados se pueden visualizar en el Anexo 11

Los resultados finales se presentan en la tabla 17 donde además se comparan con los valores obtenidos antes de la aplicación de las metodologías.

Tabla 17. Comparación parámetros 5 "S" [16]

Parámetros	% de cumplimiento	
	Antes	Después
Seiri	10	100
Seiton	66	100
Seiso	33	100
Seiketsu	50	75
Shitsuke	75	100

Como se observa en la figura 17 se evidencia un claro aumento en el nivel de cumplimiento en todos los parámetros, sin embargo, las metas alcanzadas deben ser mantenidas por todo el personal para un adecuado avance del laboratorio en esta temática.

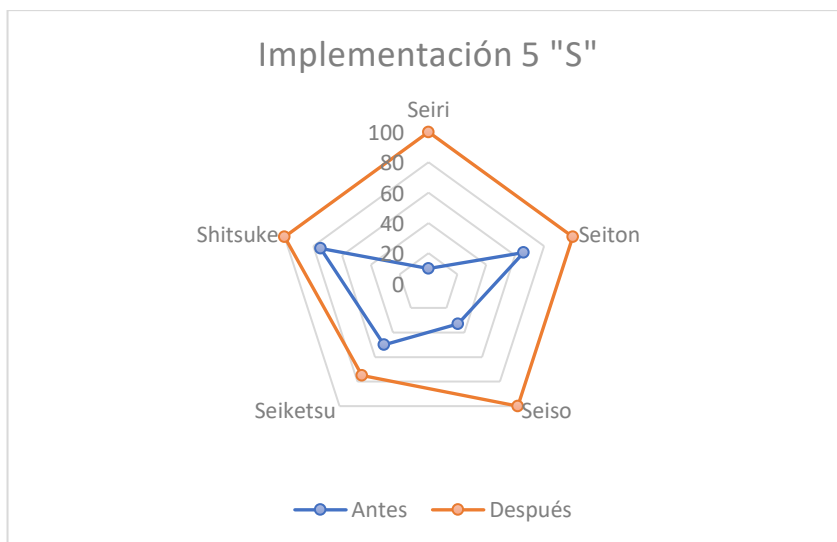


FIGURA 17. Comparación implementación 5"S" [16]

Aplicación Metodología Kanban

Entre las etapas más importantes de esta metodología esta definir el trabajo y las fases que lo conforman

- **Visualizar el trabajo y las fases del ciclo**

El trabajo se divide en fases o etapas y se utiliza metodologías visuales para determinar el contexto de cada tarea. normalmente cada una de esas partes se escribe en una pizarra. Los estados se representan en columnas de acuerdo con el desarrollo del proceso. En la figura 18 se muestra un ejemplo de esta herramienta.



FIGURA 18. Ejemplo de pizarra Kanban [29]

A continuación, en la figura 19 se muestra la aplicación de esta técnica Kanban en el laboratorio.

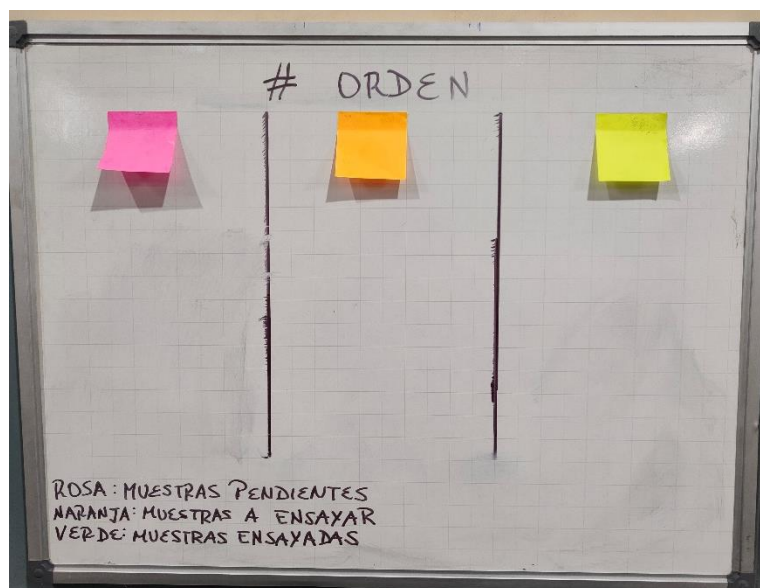


FIGURA 19. Muro Kanban – LAEV [16]

Para el caso del LAEV existen tres etapas en la realización de los ensayos: muestras pendientes de pago, muestras listas para ensayar y muestras ensayadas y en este caso la guía para este flujo de información son los números de orden de trabajo.

Aplicar esta herramienta a la realidad del laboratorio es un punto de inicio para mejorar en este caso los flujos de la información de los ensayos, evitar demoras o retrasos y mantener un orden adecuado.

4.6.4 Determinar los tiempos obtenidos con la nueva metodología.

Una vez aplicadas las herramientas descritas anteriormente además de fabricar los testigos de plastilina antes de los ensayos y realizar el ensayo de compresión utilizando el software de la otra maquina universal de ensayos se obtienen los siguientes tiempos de ensayo reflejados en la tabla 18:

Tabla 18. Cálculo de tiempos - Método propuesto [16]

MÉTODO PROPUESTO																
FECHA:	29-31 marzo															
	CICLOS TOMADOS EN MINUTOS										Promedio	Fracción	Valoración	T normal	Suplementos	T estandar
ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(To)	min	(V)	(To*V)	12%	
Corte del calzado	07:25	05:10	05:01	05:11	05:37	06:08	06:13	05:18	05:08	05:05	05:38	5,63	1,14	6,41	0,77	7,18
Colocar la plastilina en la puntera y fijar la muestra	02:24	01:21	02:02	01:41	02:25	02:20	01:41	01:31	01:44	02:09	01:56	1,93	1,14	2,20	0,26	2,46
Colocar plato de compresión y encender la máquina	02:56	02:12	02:35	02:44	02:07	02:11	02:21	02:17	02:27	02:42	02:27	2,45	1,14	2,80	0,34	3,13
Seleccionar la plantilla y desplazar el cabezal	01:27	00:55	00:57	01:14	00:52	01:02	01:10	01:01	01:03	01:24	01:07	1,11	1,14	1,26	0,15	1,42
Compresión puntera	04:59	05:02	04:52	05:11	05:10	05:05	04:12	04:09	04:04	05:08	04:47	4,79	1,14	5,46	0,65	6,11
Retirar la plastilina y medir la altura de esta	00:35	00:21	00:32	00:27	00:30	00:27	00:27	00:37	00:27	00:26	00:29	0,48	1,14	0,55	0,07	0,61
											TOTAL	16,23	16,39	18,68	2,24	20,92

Al realizar el análisis de los tiempos obtenidos del método actual y compararlos con los tiempos del método propuesto se verifica que:

$$T1 = 30,42 \text{ minutos}$$

$$T2 = 20,92 \text{ minutos}$$

$$\% \text{ diferencia} = \frac{T2 - T1}{T2} \times 100 \quad \text{Ec. 7}$$

$$\% \text{ diferencia} = \frac{30,42 - 20,92}{20,92} \times 100$$

$$\% \text{ diferencia} = 45,41\%$$

4.6.5 Determinar los valores de disponibilidad, rendimiento y OEE

* *Producción real*

Para este cálculo se toma en cuenta el tiempo estándar del ensayo y el tiempo productivo anteriormente calculado

$$20,9 \text{ min} \rightarrow 1 \text{ ensayo}$$

$$315 \text{ min} \rightarrow X$$

Se obtiene 15,07 ensayos que redondeando serían un total de 15 ensayos por día en las condiciones actuales y asumiendo que el laboratorio solo realizará ensayos de compresión en punteras.

$$PR = 15 \frac{\text{ensayos}}{\text{día}}$$

* *Rendimiento*

Se expresa con la ecuación 5 descrita anteriormente:

$$R = \frac{15 \frac{\text{ensayos}}{\text{día}}}{16 \frac{\text{ensayos}}{\text{día}}} \times 100$$

$$R = 93,75\%$$

El valor de la disponibilidad se mantiene en 65,63%

Con estos valores se procede a calcular el indicador OEE dado por la formula:

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \quad \text{Ec. 8}$$

$$OEE = 65,63\% \times 93,75\%$$

$$OEE = 61,52\%$$

4.7 Análisis económico

Con lo aplicado se intenta mejorar los ingresos del laboratorio en los ensayos de compresión es así como a continuación se muestra un presupuesto de ingresos por ensayos teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

1. Selección del periodo de tiempo
 2. Precio de los ensayos
 3. Datos históricos de ingresos
 4. Análisis de la competencia
 5. Tendencias del mercado
- En este caso el periodo del tiempo será anual
 - El precio del ensayo de compresión en punteras es de \$150
 - Los datos de ingresos de los últimos 4 años y la proyección del año 2022 se encuentran en la Tabla 19
 - En el Ecuador existen pocas empresas o instituciones que realizan ensayos mecánicos en calzado de seguridad entre ellas se encuentra el Servicio Ecuatoriano de Normalización
 - Actualmente la tendencia del mercado en cuanto a ensayos de compresión en calzado de seguridad tiende a la baja debido a la pandemia y a la poca producción nacional de calzado de seguridad.

- **Proyección de ingresos**

Con los datos obtenidos en los últimos cuatro años se realiza un pronóstico para el año 2022.

Tabla 19. Ingresos ensayos de compresión 2018-2021 y proyección 2022 [16]

Año	Ingresos (\$)	Pronóstico (\$)
2018	3150	-
2019	1650	3150
2020	900	2400
2021	300	1900
2022	-	950

Utilizando la técnica del promedio móvil simple de \$950 para el año 2022 de acuerdo con el pronóstico realizado. Esto reflejado en número de ensayos correspondería a un total de 6 ensayos de compresión.

En la figura 20 se muestra los ingresos percibidos por el laboratorio con relación al ensayo de compresión en punteras en los últimos 4 años y la proyección para el presente año. Cabe indicar que debido a la pandemia los ingresos reflejan un descenso importante para los dos últimos años.



FIGURA 20. Ingresos vs Pronósticos LAEV 2018-2022 [16]

De aquí se deduce que los ingresos tienden a la baja en los últimos años debido a los factores señalados anteriormente además de la falta de adquisición de equipos de protección personal por parte de entidades públicas que antes de adquirir calzado de seguridad realizan ensayos técnicos para las respectivas licitaciones públicas.

Adicional se realiza el cálculo de los valores del VAN y TIR

- **Cálculo del VAN y TIR**

Se define primero la inversión realizada en el presente proyecto. Estos valores se muestran en la tabla 20.

Tabla 20. Inversión propuesta [16]

Descripción	Valor (\$)
Capacitación	50
Materiales de limpieza	25
Materiales de oficina	25
Licencia software	400
TOTAL	500

Para determinar los valores del valor actual neto VAN y la tasa interna de retorno TIR se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} - I_0 \quad \text{Ec. 9}$$

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} - I_0 = 0 \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

Ft = flujo caja del periodo

I₀ = inversión inicial

k = tasa de actualización

n = duración de la inversión

t = número de períodos que han transcurrido desde el inicio.

Con los ingresos y egresos se calcula el flujo de caja en el año 1 en cual se indica en la tabla 21

Tabla 21. Flujo efectivo neto [16]

Año	Ingreso proyectado (\$)	Egresos (\$) *	Flujo neto (\$)
1	950	0	950

* Debido a la naturaleza del laboratorio no se toman en cuenta los egresos para la determinación del flujo de efectivo neto

Para obtener los valores del VAN y TIR se establece los datos necesarios en la tabla 22.

Tabla 22. Datos propuesta [16]

Variable	Valores
flujo neto (f1)	950
# años (n)	1
tasa % (k)	0,1
inversión inicial (Io)	(-) 500

Se hace uso del programa EXCEL y con las fórmulas descritas anteriormente se calcula el valor del VAN y TIR en la tabla 23 obteniendo los siguientes datos:

Tabla 23. Valores VAN y TIR [16]

Indicador	Valor
VAN	\$363,64
TIR	90%

Como se observa en la tabla los resultados son positivos para los dos indicadores con lo que se demuestra la factibilidad del proyecto.

4.8 Comprobación de la hipótesis

La Hipótesis inicial de esta investigación menciona “La capacidad real de trabajo del laboratorio es menor a la instalada debido a que existen tiempos muertos en la realización del ensayo de compresión en punteras de seguridad”

Esto se comprueba mediante la comparación de tiempos del ensayo en los dos escenarios el actual y el propuesto. Se observa una diferencia de 9,5 minutos que en porcentaje representa cerca de un 45% de disminución entre ambos métodos.

Además, se comprobó mediante el desglose de los tiempos que existe cerca de 165 minutos entre descansos y otras actividades que pueden ser considerados tiempos muertos.

4.9 Evaluación ambiental

Debido al tipo de ensayos que realiza el LAEV que en su mayoría son destructivos se generan residuos de varias clases entre los que están:

- Residuos metálicos
- Residuos de madera
- Residuos plásticos o cauchos
- Residuos de lubricantes
- Residuos de otros materiales

De estos solo los residuos metálicos son gestionados mediante la venta en forma de chatarra a comerciantes pequeños el resto son almacenados o arrojados sin un tratamiento previo a la basura común. Además, de los residuos el laboratorio también genera contaminación auditiva sin embargo debido a su localización esta no se traslada a comunidades cercanas.

4.10 Conclusiones del capítulo

En este capítulo se realizó la implementación de una nueva metodología para mejorar los tiempos de trabajo y la capacidad del laboratorio. Se destacan la aplicación de las herramientas del lean manufacturig 5 “S” y Kanban que en su conjunto generan un mejor flujo de la información, de los materiales y procesos.

Se determinó los tiempos de ensayo, y también indicadores de productividad con la metodología propuesta y se comparó con la anterior obteniendo mejores resultados. Por último, se realizó un análisis ambiental y un análisis económico para ver si el modelo propuesto es rentable y si genera un valor agregado para el laboratorio.

CONCLUSIONES

- Mediante el uso de instrumentos técnicos como los diagramas de flujo y la medición de los tiempos de trabajo se encontró que en el proceso de ensayo de punteras existen tiempos muertos o de para con un valor aproximado de 165 minutos. Lo que a su vez se refleja en un bajo valor de disponibilidad de 65,6% afectando considerablemente a la productividad del laboratorio.
- El estudio y la medición de tiempos facilitaron la estimación de la capacidad productiva del laboratorio en relación con este ensayo donde se obtuvo un tiempo productivo de 5,25 horas y una capacidad real de ejecutar 10 ensayos de compresión en punteras de seguridad por día
- Tras realizar la implementación de las herramientas del lean manufacturing 5 “S” y Kanban se mejoró el método de ensayo de compresión en punteras de seguridad al obtenerse una disminución del tiempo de ensayo del 45,41% en relación con el tiempo obtenido en las condiciones iniciales de la investigación.
- Con el uso de un software adecuado, adelantando actividades de preparación de materiales y mantenido el orden y limpieza en el laboratorio se obtiene una representativa disminución en los tiempos de ensayo mejorando el rendimiento de un 62,5 % a un 93,7%. Lo que se evidencia también en un aumento del indicador OEE a un valor de 61,5%.
- Se destaca que la propuesta mostrada en la presente investigación con relación al aspecto económico y reflejada con los valores positivos del valor neto actual (VAN) de \$364 y con una tasa interna de retorno (TIR) de 90% demuestra la viabilidad de implementar el presente proyecto de investigación en el laboratorio.

RECOMENDACIONES

- Se debe mantener los logros alcanzados con relación a la limpieza y orden del laboratorio mediante la concientización de todo el personal involucrado en dichas actividades. De la misma forma sería oportuno que desde la dirección del laboratorio se establezca continuar y mejorar las herramientas Kanban implementadas.
- Se recomienda mejorar el índice de la disponibilidad evaluando si los tiempos de descanso son adecuados o si es posible disminuirlos y en la medida de lo posible sería conveniente contar con un mayor número de personal especialmente en la realización de los ensayos para evitar la sobrecarga de trabajo y optimizar aún más los tiempos de trabajo.
- Es importante conocer y determinar los tiempos de trabajo para otros ensayos económicamente importantes que realiza el laboratorio por su costo o por su volumen con el fin de evaluar si el tiempo que transcurre desde la recepción de la solicitud de los ensayos hasta la entrega del informe técnico puede ser disminuido aumentando así la productividad.

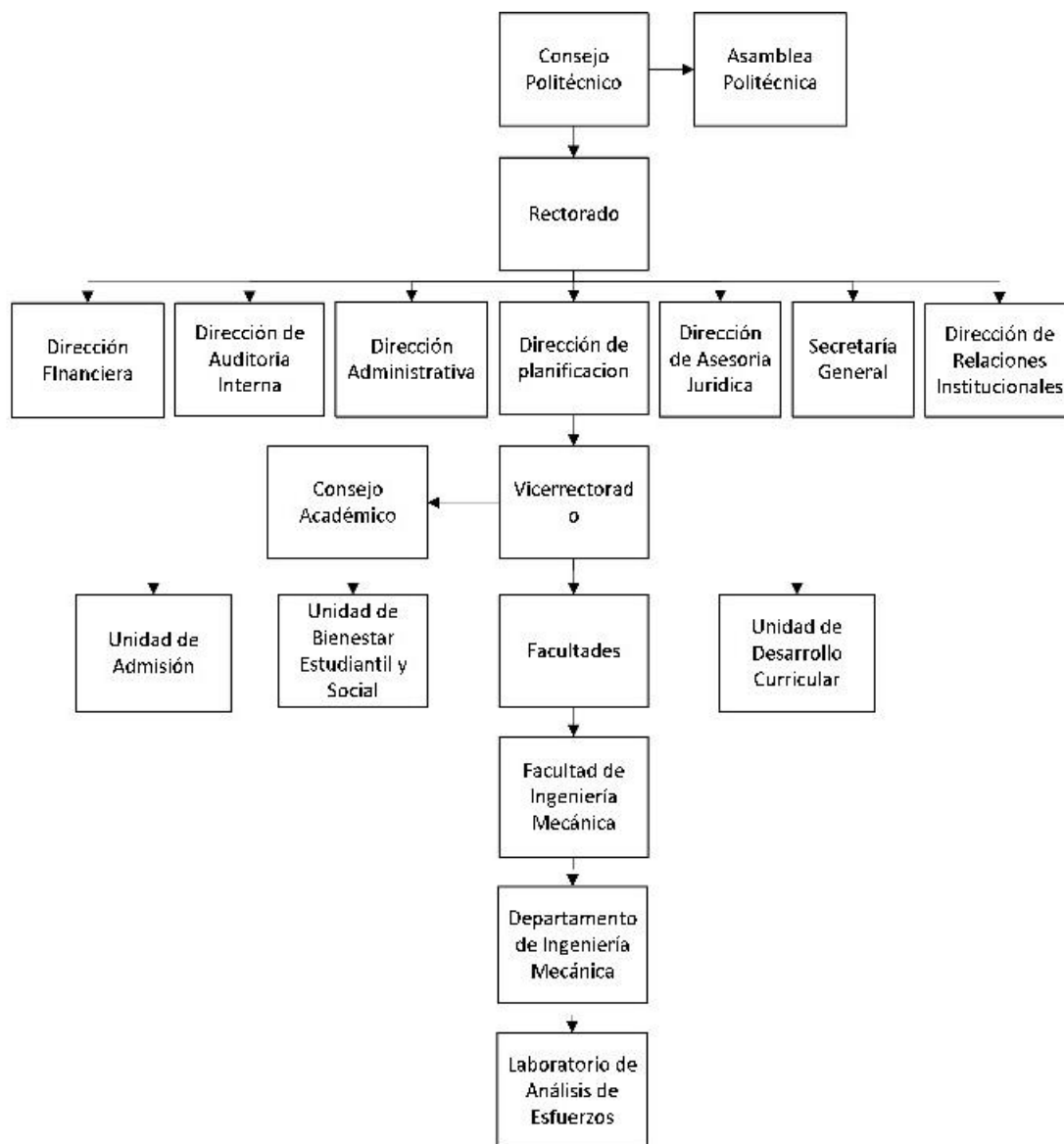
REFERENCIAS

- [1] M. J. Rupérez, E. Giner, C. Monserrat, and E. Montiel, "Simulation of the behavior of the calfskin used as shoe upper material in footwear CAD," *CAD Comput. Aided Des.*, vol. 44, no. 12, pp. 1205–1216, Dec. 2012, doi: 10.1016/J.CAD.2012.06.009.
- [2] C. Enright, "ASTM INTERNATIONAL," *Normativa ASTM para calzado de seguridad*, 2012.
https://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPMA12/enright_spma12.html (accessed Jul. 31, 2019).
- [3] E. Irzmańska, "Case study of the impact of toecap type on the microclimate in protective footwear," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 44, no. 5, pp. 706–714, 2014.
- [4] M. Pérez, "Principales problemas podológicos originados por el calzado de seguridad," Universitat de Barcelona, 2014.
- [5] S. Erden and M. Erketin, "Mechanical evaluation of a composite overshoe protector," *Tekst. ve Konfeksiyon*, vol. 4, no. 0, pp. 414–420, 2017.
- [6] O. Ortiz, "Determinación de la capacidad de producción de una planta procesadora de pavos, en el área del despresado, mediante la evaluación de los tiempos estándares de proceso," Escuela Politécnica Nacional, 2017.
- [7] S. Costa, J. Mendonça, and N. Peixinho, "Study on the impact behaviour of a new safety toe cap model made of ultra-high-strength steels," *Mater. Des.*, vol. 91, no. 0, pp. 143–154, 2016.
- [8] N. Saba, M. Jawaid, and M. T. H. Sultan, "An overview of mechanical and physical testing of composite materials," *Mech. Phys. Test. Biocomposites, Fibre-Reinforced Compos. Hybrid Compos.*, pp. 1–12, Jan. 2019, doi: 10.1016/B978-0-08-102292-4.00001-1.
- [9] SAFIT, "Guía de punteras para calzado," 2016. <http://www.safit.us/es/blog/laguía-de-las-punteras-para-calzado-de-seguridad-acero-aluminio-composite-fibra-de-vidrio-y> (accessed Jan. 08, 2020).
- [10] G. Kanaway, "Estudios de métodos," in *Introducción al estudio del trabajo*, Cuarta., Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo, 1996, pp. 77–81.
- [11] R. García, "Medición del trabajo," in *Estudio del trabajo*, Segunda., Puebla: Mc Graw Hill, 2005, pp. 177–181.
- [12] E. Ustate, "Estudio de métodos y tiempos en la planta de producción de la empresa Metales y Derivados S.A.," Universidad Nacional de Colombia, 2007.
- [13] G. Villacreses, "ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN LA EMPRESA EMBOTELLADORA DE GUAYUSA ECOCAMPO," Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2018.
- [14] D. Mosquera, "Optimización de la productividad en la elaboración de puertas forjadas mediante el estudio de métodos y la medición del trabajo en la Industria Vicoalmin de la ciudad de Riobamba," ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2016.
- [15] A. Correa, R. Gómez, and C. Botero, "La Ingeniería de Métodos y Tiempos como herramienta en la Cadena de Suministro," *Rev. Soluciones Postgrado EIA*, no. 8, pp. 89–109, 2012, [Online]. Available: <http://www.sisman.utm.edu.ec/libros/FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS/INGENIERÍA INDUSTRIAL/08/INGENIERIA DE METODOS II/Soluciones N8 art 5.pdf>.
- [16] J. Rios, "Autoría propia." Quito, 2022.

- [17] W. Lizandro, A. Gallegos, and R. Resumen, “Rst07312,” *Trabajo*, vol. 13, no. 3, pp. 45–52, 2012.
- [18] I. E. de N. INEN, *NTE INEN-ISO 20345; EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL. CALZADO DE SEGURIDAD*. Ecuador, 2014.
- [19] F. Lazaro and C. Muñiz, “Calzado de seguridad contra riesgos mecánicos: Guías para la elección, uso y mantenimiento.”, p. 6, 2013, [Online]. Available: https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_227.pdf/9b9c5046-f726-40a0-a4e3-2c9f5907470e.
- [20] J. Castro, “PE-LAEV-02,” Quito, 2018.
- [21] Prolaboral, “Tipos de punteras de seguridad en calzado de trabajo | Prolaboral,” 2020. <https://workwear.prolaboral.es/punteras-seguridad-zapatos/> (accessed Mar. 14, 2022).
- [22] P. Barbier, *EL PROGRESO TECNICO Y LA ORGANIZACION DEL TRABAJO*, Madrid. Taurus, 1960.
- [23] E. Krick, “Introducción a la ingeniería de métodos,” in *Ingeniería de Métodos*, Noriega, Ed. Nueva York: Limusa, 1999, pp. 87–102.
- [24] H. B. Maynard, “Organización de la producción,” in *Manual de ingeniería y organización industrial*, Tercera., Reverté, 2010.
- [25] M. Rojas Cairampoma, “Tipos de investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación,” *Rev. Electron. Vet.*, vol. 16, no. 1, pp. 21–24, 2015.
- [26] H. Gutiérrez, “Calidad, productividad y competitividad,” in *Calidad total y productividad*, Tercera., México DF: Mc Graw Hill, 2010, pp. 21–23.
- [27] TCM, “Metodología 5S,” 2022. <https://www.tcmetrologia.com/cursos/implantacion-5s> (accessed Mar. 18, 2022).
- [28] B. Salazar, “Kanban: Control de materiales y producción,” 2019. https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/kanban-control-de-materiales-y-produccion/?fbclid=IwAR25hhvrzeAcTCX7lKA_tcDszQQISyWb_JPQ4I4xL0oggewL0gvNAOLKP4U (accessed Mar. 31, 2022).
- [29] J. Garzas, “Kanban,” 2011. <https://www.javiergarzas.com/2011/11/kanban.html?fbclid=IwAR3ghntZLzkMYAfFVy83aid0a85BdjtOM92r79zOxaCDyaQAyYxPjNiM9uE> (accessed Mar. 30, 2022).
- [30] L. Manene, “Los Diagramas De Flujo: Su Definición, Objetivo, Ventajas - ID:5ebefee2344f2,” 2018. <https://xdoc.mx/documents/los-diagramas-de-flujo-su-definicion-objetivo-ventajas-5ebefee2344f2> (accessed Mar. 14, 2022).
- [31] B. Niebel and A. Freivalds, “Calificación del desempeño y holguras,” in *Métodos, estándares y diseños de trabajo*, Duodécima., México DF: Mc Graw Hill, 2009, pp. 356–362.
- [32] R. Carro and D. González, “Capacidad y distribución física,” *Administración las operaciones*, vol. 14, pp. 2–4, 2012, [Online]. Available: http://nulan.mdp.edu.ar/1620/1/15_capacidad_distribucion.pdf.
- [33] J. Rodriguez, “OEE ‘El indicador clave del rendimiento de un proceso,’” 2020. <https://spcgroup.com.mx/oeel-indicador-clave-del-rendimiento-de-un-proceso/> (accessed Mar. 23, 2022).
- [34] B. López, “Evaluación de la metodología 5 S (Checklist),” 2019. .

ANEXOS

Anexo 1. Organigrama LAEV-EPN



Anexo 2. Procedimiento PE-LAEV-02-00 [20]



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO

PE-LAEV-02

**PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN EN
PUNTERA DE SEGURIDAD BAJO NORMA NTE INEN-ISO
20344**

AGOSTO 2018

Revisión: 00



	ELABORADO POR:	REVISADO Y APROBADO POR:
FUNCIÓN	Responsable Técnico	Jefe de Laboratorio
NOMBRE	Ing. Jonathan Castro	Ing. Mario Granja
FECHA	2018/08/19	2018/08/28
FIRMA		

PE-LAEV-02-00

Anexo 3. Constitución LAEV [20]

DOCUMENTO DE CONSTITUCION DEL LABORATORIO DE ANALISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES

Antecedentes

El laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (LAEV) pertenece al Departamento de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional. Inicialmente el LAEV tuvo el nombre de "Laboratorio de Resistencia de Materiales", y en el periodo 1998-2000 éste ya fue calificado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) bajo la dirección del Ing. Carlos Baldeón. Posteriormente la jefatura del Laboratorio pasó a cargo de la Ing. Estela Altuna y posteriormente del Dr. Victor Guerrero.

En el periodo 2007-2010 el Laboratorio de Resistencia de Materiales pasa a convertirse en lo que actualmente constituye el LAEV. En el año 2018 bajo la jefatura del Ing. Mario Granja y un proyecto impulsado por el Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social, se inicia el proceso de acreditación del LAEV bajo la norma ISO 17025 con el fin de garantizar la calidad de los productos entregados. La Misión, Visión y Servicios del LAEV se describen a continuación.

Misión del LAEV

Caracterizar y evaluar mecánicamente materiales, elementos, dispositivos y sistemas, en un proceso sinérgico de formación de estudiantes a nivel de pre y posgrado, contribuyendo al fortalecimiento de la comunidad científica e industrial, con la aplicación de procedimientos en conformidad con normas y estándares que permitan establecer la calidad de la manufactura ecuatoriana, asegurando sus resultados.

Visión del LAEV

Para el año 2022 el laboratorio estará en la capacidad de ofrecer servicios de ensayos mecánicos de materiales, acreditados de acuerdo con la normativa ISO 17025, dando un aporte importante en el campo de la docencia y la investigación.

Servicios que oferta el LAEV

El Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones LAEV oferta servicios de ensayos físicos para caracterizar las propiedades mecánicas de los materiales metálicos y productos terminados, bajo un sistema de gestión de calidad NTE INEN ISO/IEC 17025:2018.

El laboratorio asegura la veracidad y confiabilidad de los resultados mediante un sistema de gestión, con personal técnico competente y comprometido con la imparcialidad y confidencialidad, manteniendo equipos calibrados y procesos eficaces que aseguren garantizar la satisfacción del cliente y lograr mayor competitividad dentro del ámbito nacional.

El LAEV cumple con el uso de herramientas de mejora continua que permiten evaluar los riesgos y oportunidades asociadas a los procesos del laboratorio. En el marco de un ambiente adecuado de trabajo que brinde las seguridades requeridas al personal y satisfaga las buenas prácticas ambientales respetando los requisitos legales que le fueran aplicables al laboratorio.

El presente documento queda avalado por el Consejo de Departamento de Ingeniería Mecánica el día *13 de Febrero* del 2019, quienes firman a continuación.

Atentamente,



MSc. Carlos Baldeón



MSc. Ángel Portilla



Dr. Jesús Portilla

Anexo 4. Número mínimo de muestras NTE INEN ISO 20344 [18]


Tabla 1 – Número mínimo de muestras y probetas

	Propiedad a ensayar (B= requisito básico, A= requisito adicional)		Ensayo sólo sobre el calzado final	Apartado de referencia	Tipo y número de muestras	Tipo y número de probetas de ensayo de cada muestra
Zapato completo	Propiedades ergonómicas específicas	B	si	5.1	1 par de zapatos en tres tallas	1 par de zapatos
	Resistencia de la unión corte/piso y entre las capas de la suela	B	si	5.2	1 zapato de cada una de las tres tallas (PMG)	1 probeta tomada del zapato
	Longitud interna del tope	B	si	5.3	1 par de zapatos de cada una de las tres tallas (PMG)	1 par de topes
	Resistencia al impacto	B	si	5.4	1 par de zapatos de cada una de las tres tallas (PMG)	1 par de zapatos
	Resistencia a la compresión	B	si	5.5	1 par de zapatos de cada una de las tres tallas (PMG)	1 par de zapatos
	Comportamiento de topes y plantas resistentes a la perforación (térmico y químico)	B	no	5.6	Véanse las tablas 3 y 4	
	Estanqueidad	B	si	5.7	2 zapatos de tallas diferentes	1 zapato
	Conformidad de las dimensiones y resistencia a la perforación de plantas resistentes a la perforación	A	si	5.8	1 par de zapatos de cada una de las tres tallas (PMG)	1 par de zapatos
	Resistencia a la flexión de plantas resistentes a la perforación	A	no	5.9	1 par de plantas de cada una de las tres tallas (PMG)	1 par de plantas
	Resistencia eléctrica	A	si	5.10	1 par de zapatos de cada una de las tres tallas (PMG)	1 par de zapatos
	Resistencia al deslizamiento	B	si	5.11	1 zapato de cada una de las tres tallas (PMG)	1 zapato
	Aislamiento frente al calor	A	si	5.12	2 zapatos de tallas diferentes	1 zapato
	Aislamiento frente al frío	A	si	5.13	2 zapatos de tallas diferentes	1 zapato
	Absorción de energía del tacón	A	si	5.14	1 par de zapatos de cada una de las tres tallas (PMG)	1 par de zapatos
	Resistencia al agua	A	si	5.15	3 pares de zapatos (como mínimo de dos tallas diferentes)	1 par de zapatos
	Resistencia al impacto del dispositivo protector del metatarso	A	si	5.16	1 par de zapatos de cada una de las tres tallas (PMG)	1 par de zapatos
	Protección del tobillo	A	si	5.17	1 zapato de cada una de las tres tallas (PMG)	2 probetas

Anexo 5. Ejemplo informe técnico- LAEV [20]



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
MECÁNICA



LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES
 F01-PE-LAEV-01 Rev.01

INFORME TÉCNICO

LAEV – (IDENTIFICACIÓN DE LA SOLICITUD)-Rev. (se podrá omitir si es revisión 0)

Quito, __ de (mes) de (año)

Solicitado por:
 Persona de contacto:
 Teléfono:
 Correo:
 Fecha de recepción:
 Fecha de ejecución:

ORDEN DE TRABAJO: N° _____ (n de n)(se podrá omitir si solo hay 1)

1. MUESTRAS: *# de muestras en letras (# de muestras en números)* muestras de *tipo de muestra (ejemplo: acero A-36, calzado, suelas, etc.)* para ensayo de *tipo de ensayo* bajo norma *norma de referencia* y *# de muestras en letras (# de muestras en números)* muestras de *tipo de muestra (ejemplo: acero A-36, calzado, suelas, etc.)* para ensayo de *tipo de ensayo* bajo norma *norma de referencia*.

2. GENERALIDADES E IDENTIFICACIÓN:

La descripción de los ítems de ensayo descrita a continuación es proporcionada por el cliente: *(Nota: Solamente se coloca este ítem si el cliente solicita poner algún tipo de información. Además, la información que se coloca a continuación solamente es un ejemplo):*

Proyecto:
 Tipo de muestra:
 Talla:
 Color:
 Tipo de material:
 Tipo de material base:

Página 1 de 4

LAEV – (IDENTIFICACIÓN DE LA SOLICITUD)

Procedimiento de soldadura:

Posición de soldadura:

Identificación del soldador:

Norma de evaluación:

En la tabla 1 se muestra la identificación de las muestras a ser ensayadas:

Tabla 1. Identificación de las muestras.

Id. cliente	Id. del LAEV	Descripción de la muestra (solamente si aplica)	Fotografía de la muestra (solamente en calzado y/o por pedido del cliente)	Observaciones

3. CONDICIONES AMBIENTALES:

Temperatura: $T \pm T^{\circ}C$

Humedad relativa: $HR \pm HR\%$

4. ENSAYO DE TIPO DE ENSAYO EN TIPO DE MATERIAL (SI APLICARA) BAJO NORMA NORMA DE REFERENCIA (SI APLICARA)

Requisito del material de evaluación según norma norma de referencia para la evaluación.

- Requisito 1: _____
- Requisito 2: _____

En la/las tablas se presenta/n los resultados del tipo de ensayo efectuado en la/las probetas.

Tabla 1. Tabla propia especificada en el procedimiento de ensayo.

--

(Si aplicara) Las fotografías del montaje y/o fractura de la muestra se muestran en el anexo.

7. CONCLUSIONES:

En este punto se identifica el cumplimiento o no de la/s muestra/s ensayada/s

- Las muestra/s de tipo de muestra ensayada/s cumple/n con los requisitos de la norma identificación de la norma de evaluación para ensayo de tipo de ensayo.

Nota.- Los resultados contenidos en el presente informe corresponden únicamente a las muestras ensayadas por el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (LAEV).

	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Firma:		
Nombre:	Ing. Jonathan Castro. M.Sc.	Ph.D. Wilson Guachamín
Cargo:	ESPECIALISTA DE LABORATORIO	JEFE
LABORATORIO DE ANALISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES		

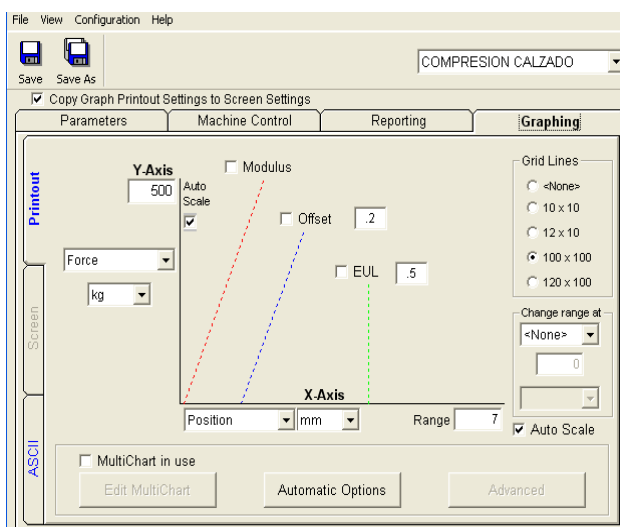
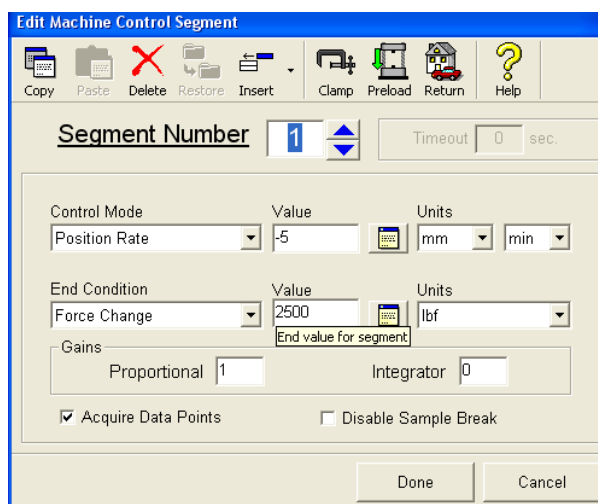
Anexo 6. Suplementos Organización Internacional del Trabajo [11]

	HOMBRE	MUJER
1. SUPLEMENTO CONSTANTES		
• Por Necesidades Personales	5	7
• Suplemento base por fatiga	4	7
2. SUPLEMENTO VARIABLES		
A. SUPLEM. POR TRABAJAR DE PIE	2	4
B. SUPLEM. POR POSTURA ANORMAL		
• Ligeramente incómodo	0	1
• Incómodo, Ej.: inclinado	2	3
• Muy Incómodo Ej.: Tendido, estirado	7	7
C. USO DE FUERZA O ENERGIA MUSCULAR		
• Levantar peso de 2.5 Kg.	0	1
• Levantar peso de 5.0 Kg.	1	2
• Levantar peso de 7.5 Kg.	2	3
• Levantar peso de 10.0 Kg.	3	4
• Levantar peso de 15.0 Kg.	5	8
• Levantar peso de 17.5 Kg.	7	10
• Levantar peso de 20.0 Kg.	9	13
• Levantar peso de 25. Kg. (Máx. mujer)	13	20
• Levantar peso de 30.0 Kg.	17	--
• Levantar peso de 35.5 Kg.	22	--
D. MALA ILUMINACIÓN		
• Ligeramente por debajo de estimado	0	0
• Bastante por debajo de Estimado	2	2
• Absolutamente insuficiente	5	5
E. CONDICIONES ATM. (CALOR, HUMEDAD)		
Índice Enfriamiento: ml cal / cm ² / Seg.		
• Medida en Termómetro de Kata: 16, 14 y 12	0	0
• Medida en Termómetro de Kata: 10	3	3
• Medida en Termómetro de Kata: 8	10	10
• Medida en Termómetro de Kata: 6	21	21
• Medida en Termómetro de Kata: 4	45	45
• Medida en Termómetro de Kata: 2	100	100
F. CONCENTRACION INTENSA		
• Trabajos de cierta precisión	0	0
• Trabajos de precisión ó fatigosos	2	2
• T. de gran precisión ó muy fatigoso	5	5
G. RUIDOS		
• Ruido Continuo	0	0
• Intermitentes y fuerte	2	2
• Intermitentes y muy fuerte o estridente	5	5
H. TENSION MENTAL		
• Proceso bastante complejo	1	1
• Proceso complejo: atención en exceso	4	4
• Es muy complejo	8	8
I. MONOTONIA (mental)		
• Trabajo algo monótono	0	0
• Trabajo bastante monótono	1	1
• Trabajo muy monótono	4	4
J. TEDIO (físico)		
• Trabajo algo aburrido	0	0
• Trabajo aburrido	2	1
• Trabajo muy aburrido	5	2


Anexo 7. Data histórica ensayos de compresión LAEV 2019-2021 [16]

2019					
# Trabajo	Hora inicio	Hora final	Tiempo ensayo	# ensayos	Tiempo total ensayo
1	9:00:00	9:30:00	0:30:00	1	0:30:00
2	8:50:00	9:20:00	0:30:00	1	0:30:00
3	9:25:00	10:45:00	1:20:00	2	0:40:00
4	10:25:00	10:50:00	0:25:00	1	0:25:00
5	10:30:00	11:20:00	0:50:00	2	0:25:00
6	16:10:00	17:00:00	0:50:00	2	0:25:00
7	9:35:00	10:10:00	0:35:00	1	0:35:00
8	8:35:00	9:00:00	0:25:00	1	0:25:00
TOTAL				11	3:55:00
				Promedio	0:29:22
2020					
# Trabajo	Hora inicio	Hora final	Tiempo ensayo	# ensayos	Tiempo total ensayo
1	11:45:00	12:30:00	0:45:00	2	0:22:30
2	15:00:00	16:15:00	1:15:00	2	0:37:30
3	9:15:00	10:15:00	1:00:00	2	0:30:00
TOTAL				6	1:30:00
				Promedio	0:30:00
2021					
# Trabajo	Hora inicio	Hora final	Tiempo ensayo	# ensayos	Tiempo total ensayo
1	10:45:00	11:15:00	0:30:00	1	0:30:00
2	11:20:00	11:55:00	0:35:00	1	0:35:00
TOTAL				2	1:05:00
				Promedio	0:32:30
Promedio total		0:30:37			

Anexo 8. Plantilla Máquina Tinius Olsen [20]



Anexo 9. Reglamento de limpieza – LAEV [16]

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES	
	REGlamento DE LIMPIEZA DEL ÁREA DE TRABAJO	

La aplicación y el fiel cumplimiento de esta política será una obligación de todos los niveles del laboratorio cualquiera sea la función o cargo, con el objetivo fundamental de alcanzar el bienestar individual y grupal.

ANTES DEL ENSAYO

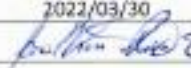

- Antes de empezar a usar los equipos y herramientas, usted debe realizar una rápida inspección visual.
- Haga una revisión de las condiciones de la zona de trabajo observando si existen obstrucciones en la zona de trabajo, herramientas que no se encuentren en su lugar respectivo, conexiones eléctricas cercanas, máquinas y equipos en movimiento.
- En el caso que corresponda limpie las máquinas de suciedad o residuos con una franela o waípe también puede utilizar solventes adecuados
- Mantener el piso despejado de herramientas, líquidos (aceites) u sobrantes o de material, virutas y limallas.

DURANTE EL ENSAYO

- Trabaje siempre respetando las normas de seguridad.
- Utilice los equipos y/o elementos de seguridad que se indican en cada zona del Laboratorio.
- Para el ajuste de las probetas a la máquina, se deben realizar con las herramientas apropiadas, no se debe improvisar las herramientas de sujeción, puede ser peligroso.
- No sobrepasar la carga máxima que puede soportar la máquina.

AL FINALIZAR EL ENSAYO

- Asegúrese de desconectar de la fuente de energía las máquinas utilizadas
- Retire las muestras ensayadas y guárdelas en el armario de "Probetas ensayadas" para su futuro retiro por parte del cliente.
- Todas las herramientas se deben guardar en sus lugares respectivos dentro de la Bodega de herramientas después de cada ensayo.
- Los equipos de medición se deben guardar en sus respectivas cajas y contenedores después de su uso.
- Por último, si es necesario limpie la máquina utilizada de cualquier tipo de residuo y deposite estos residuos en el lugar asignado.

	ELABORADO POR:	REVISADO POR:
FUNCIÓN	Responsable de calidad	Responsable Técnico
NOMBRE	Ing. Jonathan Ríos	Ing. Jonathan Castro
FECHA	2022/03/30	2022/03/30
FIRMA		

Anexo 10. Procedimiento PT-LAEV-02-00 [20]



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO

PT-LAEV-02

PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE EQUIPOS

MARZO 2020

Revisión: 03



	ELABORADO POR:	REVISADO Y APROBADO POR:
FUNCIÓN	Responsable Técnico	Jefe de Laboratorio
NOMBRE	Ing. Jonathan Castro	Ph.D. Wilson Guachamin
FECHA	2020/03/19	2020/03/20
FIRMA		

PT-LAEV-02-03

Anexo 11. Cuestionario situación actual 5S [16]

Parámetro 5S	Ítem	Valor de cumplimiento (promedio)
Clasificación (Seiri)	¿Los objetos considerados necesarios para el desarrollo de las actividades del área se encuentran organizados?	1
	¿Se observan herramientas/maquinaria dañada o en mal estado?	1
	En caso de observarse objetos dañados ¿Se han catalogado cómo útiles o inútiles?	1
	¿Existen herramientas/maquinaria obsoletos?	1
	En caso de observarse herramientas/maquinaria obsoletos ¿Están debidamente identificados como tal, se encuentran separados y existe un plan de acción para ser descartados?	1
Orden (Seiton)	¿Se dispone de un sitio adecuado para cada elemento que se ha considerado como necesario?	1
	¿Utiliza la identificación visual, de tal manera que les permita a las personas ajenas al área realizar una correcta disposición de los objetos?	1
	¿La disposición de los elementos es acorde al grado de utilización de estos? Entre más frecuente más cercano.	1
Limpieza (Seiso)	¿El área de trabajo se percibe como absolutamente limpia?	1
	¿Existe una rutina de limpieza por parte de los operarios del área?	1
	¿Existen espacios y elementos para disponer de la basura?	1
Estandarización (Seiketsu)	¿Se utiliza evidencia visual respecto al mantenimiento de las condiciones de organización, orden y limpieza?	1
	¿Se utilizan moldes o plantillas para conservar el orden?	1
Disciplina (Shitsuke)	¿Se cuenta con un cronograma de análisis de utilidad, obsolescencia y estado de elementos?	0,5
	¿Se percibe una cultura de respeto por los estándares establecidos, y por los logros alcanzados en materia de organización, orden y limpieza?	1
	El personal se involucra sugiriendo mejoras	1