

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS DEL ÁREA DE RECTIFICADO EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Industrial

Autora:

Katherine Elizabeth Chauca Ramon

Asesor:

Ing. Juan Enrique Sigarróstegui Gutiérrez

Lima - Perú

2021

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Juan Enrique Sigarróstegui Gutiérrez, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Industrial, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- **Chauca Ramon, Katherine**

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: Diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao para aspirar al título profesional de: Ingeniero Industrial por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

Ing. /Lic./Mg./Dr. Nombre y Apellidos
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Chauca Ramon, Katherine para aspirar al título profesional con la tesis denominada: Diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del Callao.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

Presidente

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

DEDICATORIA

Quiero dedicar este presente trabajo en primer lugar a Dios por darme las fuerzas, el conocimiento y la capacidad de terminar lo que comencé. De igual manera, a mis padres que han sido un pilar fundamental en mi formación ya que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron todo lo que necesitaba para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

Katherine Chauca

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a Dios, por su ayuda en todo durante estos años. A mis padres, personas de gran sabiduría que creyeron en mi capacidad y se han esforzado para que llegue al punto donde hoy me encuentro y aún más. A mi novio, por su inmensa ayuda y soporte. Así mismo a mi asesor, el Ing. Juan Sigarróstegui que colaboró mediante su valiosas sugerencias, aportes, opiniones y tiempo en el desarrollo del presente trabajo.

Katherine Chauca

TABLA DE CONTENIDO

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática	13
1.1.1. Realidad problemática.....	13
1.1.2. Antecedentes.....	14
1.1.3. Bases Teóricas.....	17
1.1.4. Justificación	42
1.2. Formulación del problema	42
1.2.1. Problema general	42
1.2.2. Problemas específicos	43
1.3. Objetivos	43
1.3.1. Objetivo general	43
1.3.2. Objetivos específicos.....	43
1.4. Hipótesis	44
1.4.1. Hipótesis general.....	44
1.4.2. Hipótesis específicas.....	44
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	45
2.1. Tipo de investigación	45
2.2. Materiales, instrumentos y métodos	46
2.3. Procedimiento	50
2.4. Aspectos éticos.....	50
2.5. Matriz de Consistencia y Operacionalización	52
CAPÍTULO III. RESULTADOS	55
3.1. Diagnóstico situacional de la gestión de mantenimiento del área de rectificado	55
3.2. Política de calidad para la gestión de mantenimiento	63
3.3. Diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM.....	73

3.4. Estudio de factibilidad del diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM.....	85
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	94
4.1. Discusión.....	94
4.2. Conclusiones	96
4.3. Recomendaciones	97
REFERENCIAS.....	99
ANEXOS	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterios para Evaluar la Criticidad	28
Tabla 2 Criterio de Evaluación de Severidad, Ocurrencia y Detección del AMEF	33
Tabla 3 Rangos de Prioridades del NPR	34
Tabla 4 Máquinas del Área de Rectificado en una Empresa Metalmecánica de la Provincia Constitucional del Callao	46
Tabla 5 Formato de Recopilación de Base de Datos de Mantenimientos	48
Tabla 6 Nombre del Instrumento Empleado	49
Tabla 7 Nombre de los Indicadores Empleados	49
Tabla 8 Descripción de Expertos	50
Tabla 9 Procedimiento de la Investigación	50
Tabla 10 Matriz de Consistencia.....	52
Tabla 11 Matriz de Operacionalización de Variables.....	53
Tabla 12 Principio de Pareto de las Causas de la Baja Disponibilidad	55
Tabla 13 Costos de las Máquinas por No Producción del Área de Rectificado en una Empresa Metalmecánica de la Provincia Constitucional del Callao	58
Tabla 14 Resultados de Análisis de Criticidad de las Rectificadoras	59
Tabla 15 Indicadores de la Disponibilidad de las Máquinas Críticas del Área de Rectificado	60
Tabla 16 Resultados del Flash Audit	61
Tabla 17 Causas del Ítem Relación entre Mantenimiento y Producción del Flash Audit	63
Tabla 18 Valores de Niveles para la Gestión de Mantenimiento	69
Tabla 19 Temario de las Capacitaciones.....	72
Tabla 20 Costos del Plan de Mejora de la Gestión de Mantenimiento Basado en el Modelo RCM	85
Tabla 21 Resumen de Lucro Cesante	88
Tabla 22 Costo Hora Hombre de No Producción Antes de la Propuesta.....	88
Tabla 23 Costo Hora Hombre de No Producción Después de la Propuesta.....	89
Tabla 24 Resumen de Costo Hora Hombre de No Producción.....	89
Tabla 25 Costo Hora Máquina de No Producción Antes de la Propuesta.....	90
Tabla 26 Costo Hora Máquina de No Producción Después de la Propuesta.....	90
Tabla 27 Resumen de Costo Hora Máquina de No Producción	91
Tabla 28 Resumen de Ahorros del Proyecto	91
Tabla 29 Flujo de Caja.....	92
Tabla 30 Interpretación de los Resultados del Flujo de Caja	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Elementos de un Sistema Kantiano	18
Figura 2 Unidad Elemental de Mantenimiento	18
Figura 3 Niveles y Categorías del Mantenimiento Bajo Enfoque Sistémico	19
Figura 4 Aplicación de Tácticas y Acciones en Base a los Resultados del CMD y Beta	23
Figura 5 Fórmula de Criticidad Total	26
Figura 6 Fórmula de Consecuencia de Criticidad Total	26
Figura 7 Matriz de Criticidad.....	29
Figura 8 Fórmula de Disponibilidad Genérica (AG).....	35
Figura 9 Fórmula de Disponibilidad Inherente (AI).....	36
Figura 10 Fórmula de Disponibilidad Alcanzada (AA).....	36
Figura 11 Fórmula de Disponibilidad Operacional (AO).....	37
Figura 12 Fórmula de Disponibilidad Operacional Generalizada (AGO)	38
Figura 13 Factores que Afectan la Función de los Dispositivos y las Disponibilidades	38
Figura 14 Fórmula de la Función de Confiabilidad.....	39
Figura 15 Fórmula de la Función de Mantenibilidad	40
Figura 16 Curva de la Bañera o de Davies	41
Figura 17 Diseño de Investigación	45
Figura 18 Diagrama de Causa y Efecto de las Causas de la Baja Disponibilidad	55
Figura 19 Diagrama de Pareto de las Causas de la Baja Disponibilidad.....	56
Figura 20 Organigrama del Área de Mantenimiento de la Empresa Metalmecánica.....	57
Figura 21 Disponibilidad Operacional de las Máquinas Críticas del Área de Rectificado de la Empresa Metalmecánica.....	60
Figura 22 Radar del Mantenimiento del Flash Audit	62
Figura 23 Causas del Ítem Percepción de las Jerarquías Superiores de Mantenimiento del Flash Audit Mediante la Técnica de los Por Que.....	64
Figura 24 Árbol de Problemas del Ítem Percepción del Departamento de Mantenimiento por Mantenimiento del Flash Audit	65
Figura 25 Efecto, Problema y Causa del Ítem Conocimiento de la Disponibilidad de Equipos del Flash Audit	65
Figura 26 Causas del Ítem Conocimiento de los Costos de Mantenimiento del Flash Audit.....	66
Figura 27 Diagrama de Pareto de Causas del Ítem de Métodos y Preparación del Flash Audit	67
Figura 28 Causas y Propuesta del Ítem Manejo de Inventarios del Flash Audit.....	67
Figura 29 Causas del Ítem Entrenamiento del Flash Audit	69
Figura 30 Organigrama Propuesto del Área de Mantenimiento de la Empresa Metalmecánica	73
Figura 31 Proceso para la Implementación del AMEF	75
Figura 32 Formato Propuesto de Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF).....	76
Figura 33 Dashboard Propuesto de Información Recopilada del Formato AMEF	77

Figura 34 Reporte Propuesto de Costos del Área de Mantenimiento	78
Figura 35 Reporte de Falla Propuesto	79
Figura 36 Reporte Propuesto de Stock de Seguridad.....	80
Figura 37 Reporte Propuesto de Capacitaciones.....	81
Figura 38 Reporte Propuesto de Entrenamiento.....	82
Figura 39 Reporte de Indicadores de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad de Activos Críticos	82
Figura 40 Diagrama de Gantt Propuesto.....	84

RESUMEN

El presente estudio titulado “Diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del callao” tuvo como objetivo diseñar un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en dicha empresa.

La metodología utilizada para el desarrollo fue de diseño cuantitativo no experimental descriptivo transversal correlacional. Se aplicó una técnica de auditoria de mantenimiento a la gestión de mantenimiento mediante el instrumento Flash Audit, el cual permite conocer la información, comunicación, operación, programación y control de la gestión de mantenimiento en la empresa.

De los resultados obtenidos se permitió identificar la gestión actual de mantenimiento de la empresa y su impacto en la disponibilidad de equipos críticos. Por consiguiente, se propuso un plan de mejora de la gestión de mantenimiento en base a la metodología RCM el cual eleva una eficiencia en la gestión de mantenimiento e impacta en la disponibilidad operacional.

Palabras claves: Gestión de Mantenimiento, Disponibilidad operacional, Flash Audit, RCM.

ABSTRACT

The present study entitled "Design of a maintenance management improvement plan to improve the availability of grinding area machines in a metalworking company in the constitutional province of Callao" aimed to design a maintenance management improvement plan to increase the availability of grinding area machines in that company.

The methodology used for the development was of quantitative nonexperimental descriptive cross-sectional correlational design. A maintenance audit technique was applied to the maintenance management using the Flash Audit instrument, which allows to know the information, communication, operation, programming and control of the maintenance management in the company.

From the results obtained, it was possible to identify the current maintenance management of the company and its impact on the availability of critical equipment. Therefore, a maintenance management improvement plan based on the RCM methodology is proposed which increases efficiency in maintenance management and impacts operational readiness.

Keywords: Maintenance Management, Operational Availability, Flash Audit, RCM.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. Realidad problemática

La clave de las empresas de éxito es prestar servicios cumpliendo sus objetivos utilizando menos recursos, evitando paradas no deseadas de los equipos e interrupción de la producción. Por ende, se está promoviendo la gestión de mantenimiento ya que se transforma en un factor importante de competitividad en el ámbito empresarial (Viveros et al., 2013). Por ello, se desarrollan tácticas de mantenimiento reconocidas como el RCM, la cual asegura un programa efectivo de mantenimiento que se centra en la confiabilidad del equipo, trayendo como beneficio un aumento en la disponibilidad, disminuye las paradas imprevistas y alarga la vida útil de los equipos, teniendo en cuenta los aspectos económicos relevantes para la empresa.

Según García P. (2014) “los procesos del mantenimiento han de optimizarse; porque la vida útil de los activos, por el uso, paso del tiempo, agentes externos y accidentes ocasionales, sus elementos sufren una degradación que no es apreciada correctamente por el usuario”.

La producción del sector productos metálicos, maquinaria y equipo creció 2,5% en el 2019 según la Gerencia Central de Estudios Económicos del Banco Central de Reserva (Tineo, 2020). Para poder satisfacer esta demanda, surge la necesidad de mejorar los procesos para poder ser una empresa sostenible, eficiente y a la vez, lograr beneficio económico y social. El principal activo del sector metalmeccánico son las máquinas, que son indispensables para el desarrollo comercial de la empresa, por ende, deben de tener la suficiente disponibilidad para poder atender la demanda actual y futura, por ello la gestión de mantenimiento cobra relevancia debido al impacto directo con la producción.

Dentro de este contexto, la empresa metalmecánica en la provincia constitucional del Callao, especializada con más de 38 años en la fabricación y reparación de cilindros hidráulicos de diversos sectores económicos como: minería, pesca, industria cementera, construcción entre otros, ha generado pérdidas mensuales por tiempos de inactividad, además tiene un índice de disponibilidad operacional del 89.63% de las máquinas en el área de rectificado. Eso significa que alrededor del 10%, las máquinas se encuentran inoperativas y sin producir. Generando costos de ineficiencia por no producción o por falta de servicio (Almeida, 2014), con llevando retrasos en los tiempos de entrega. De manera que no solo conlleva consecuencias económicas sino comerciales.

1.1.2. Antecedentes

1.1.2.1. Antecedentes Internacionales

Montes (2013) en su tesis titulada *Diseño de un plan de mantenimiento para la flota articulada de INTEGRA S.A. usando algunas herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)* presentada para obtener el título profesional de ingeniero mecánica en la Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia) tiene como objetivo diseñar un plan de mantenimiento para la flota articulada de la empresa INTEGRA S.A. mediante herramientas del RCM. Las herramientas que utiliza son una matriz de requerimientos para visualizar las posibles fallas, matriz de criticidad, el Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) mediante el número de prioridad de riesgo (NPR) se detecta los subsistemas más críticos y mediante indicadores de gestión como disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad se dan una serie de medidas correspondientes.

Botero (2010) en su tesis titulada *Plan de mejoras de mantenimiento para una empresa del sector de materiales compuestos* presentada para obtener el título profesional de ingeniero mecánico en la Universidad EAFIT (Colombia) tiene como objetivo crear un plan de mejoras de mantenimiento para una empresa del sector de

materiales compuestos. En el cual se realiza la implementación de la metodología inglesa Flash Audit que permite evaluar cuantitativamente el estado de mantenimiento en la empresa y la revisión exhaustiva de los elementos del nivel estratégico del enfoque sistemático Kantiano. Concluyendo que el proceso de mantenimiento se encuentra en la etapa de desarrollo, además mediante su plan de mejoras se incrementaría el nivel de gestión en 26%.

1.1.2.2. Antecedentes nacionales

Calderon (2020) en su investigación titulada *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) para reducir los costos operativos de una empresa manufacturera de calzado*, presentada para obtener el título profesional de ingeniero industrial en la Universidad Privada del Norte (Trujillo) tiene como objetivo determinar el impacto de la implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) sobre los costos operativos de una empresa manufacturera de calzado. Se emplea una investigación con enfoque cuantitativo, tipo aplicativo, pre experimental, explicativo con una muestra de 03 máquinas críticas pertenecientes a la fabricación de calzado. La técnica que se utiliza es la recolección de datos, utiliza los registros con datos numéricos como instrumento. Concluyen que mediante la aplicación de cada fase del RCM y el plan de capacitación se genera una disminución en las paradas de las 03 máquinas, por ende, se incrementa la disponibilidad en un 0.77% conllevando a la reducción del 50% de los costos del área de mantenimiento.

Cáceres (2016) en su tesis titulada *La aplicación del RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la máquina secadora circular 2400x de la empresa Corporación Jarcon S.A.C.* presentada para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Nacional del Centro del Perú (Huancayo). Tiene como objetivo mejorar la disponibilidad mecánica, aplicando el mantenimiento basado en la confiabilidad de los equipos. Emplea una investigación cuantitativa, aplicada, pre experimental

explicativo con una muestra de 4 secadoras circulares, con técnica documental y tablas de reportes, mediante los siguientes instrumentos: Ficha de técnica de entrega de equipo, reporte diario e historial del equipo. Concluyendo que la aplicación del mantenimiento en base a la confiabilidad reduce en 25% las horas de paradas de los equipos mejorando la disponibilidad mecánica en un 1.35%.

1.1.2.3. Antecedentes locales

Santa-Cruz (2019) en su investigación titulada *El plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y su influencia en la disponibilidad de las unidades de la flota vehicular municipalidad de San Miguel - Callao 2018*, presentada para optar el título profesional de ingeniero mecánico en la Universidad Nacional del Callao (Callao). Tiene como objetivo determinar el nivel de influencia del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la disponibilidad de los equipos. Se emplea un enfoque cuantitativo, tipo correlacional, método no experimental, diseño descriptivo con una muestra de 20 vehículos. La técnica que se utiliza fue observación y verificación de documentos, emplea los reportes de reparaciones como instrumento. El autor concluye que el RCM influye positivamente en las unidades de la flota vehicular de la Municipalidad de San Miguel, logrando un incremento en la disponibilidad del 26%. Asimismo, mediante el AMEF se conoce las prioridades de atención de los subsistemas de la unidad.

Prado (2018) en su trabajo titulado *Aplicación del RCM para mejorar la gestión de mantenimiento de la empresa Industrias del papel S. A., Chaclacayo, 2018*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero industrial en la Universidad Cesar Vallejo (Chaclacayo). Presenta como objetivo general determinar de qué manera la aplicación del RCM mejora la Gestión de Mantenimiento en la empresa Industrias del Papel S. A., en el año 2018. Emplea una investigación cuantitativa, aplicada, pre experimental explicativo con una muestra de 1 máquina papelera MP3, con técnica de observación y análisis documental, mediante los reportes de eficiencia y reportes de producción

como instrumentos, utilizando indicadores como MTBF, MTTR, disponibilidad e índice de mantenimiento programado. El autor concluye que luego de aplicar el RCM se obtiene un incremento en 4.62% en la disponibilidad y el índice de la gestión de mantenimiento es de 87.34%.

1.1.3. Bases Teóricas

1.1.3.1. Gestión de mantenimiento

1.1.3.1.1. Definición de Gestión de mantenimiento

Mora (2009) indica que el termino gestión se relaciona con la dirección de organizaciones, aplicada a un sistema técnico o unidad económica que, desde la mezcla estructurada de diferentes componentes materiales y humanos, crea un bien o un servicio designado a conseguir un beneficio económico (Caldas, Reyes y Heras, 2009).

Navarro, Pastor y Mugaburu (2009) enuncian que la gestión de mantenimiento debe enfocarse en dos direcciones: en la gestión que ejecuta mantenimiento con los otros departamentos (producción) alineado a las metas de la organización y con la administración interna e integral, propia del departamento.

La gestión de mantenimiento requiere tener parámetros comunes para su buen desempeño y así alcanzar niveles óptimos en sus procesos, como conceptualizar unos objetivos claros, adoptar adecuados sistemas de información para la toma de decisiones, planificar y mantener el control de las actividades importantes de mantenimiento.

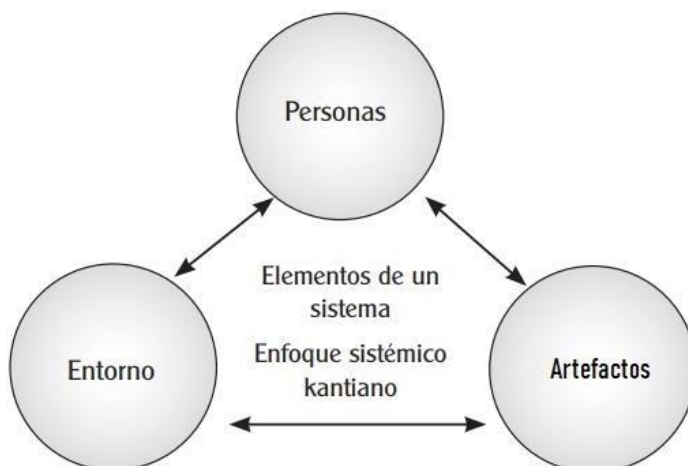
Además, según García (2004) es “necesario definir políticas, formas de actuación, es necesario definir objetivos y valorar su cumplimiento e identificar oportunidades de mejora”.

1.1.3.1.2. Sistema Kantiano del mantenimiento

Según Mora (2009), el enfoque sistémico kantiano posibilita visualizar la realidad de relaciones entre diferentes recursos de un sistema real o mental, y sobre el mantenimiento, se reconoce la realidad de diferentes elementos que se entrelazan, además que expone la probabilidad de aprender y comprender todo fenómeno, dado que define que un sistema está compuesto prácticamente por tres elementos: personas, artefactos y entorno.

Figura 1

Elementos de un Sistema Kantiano

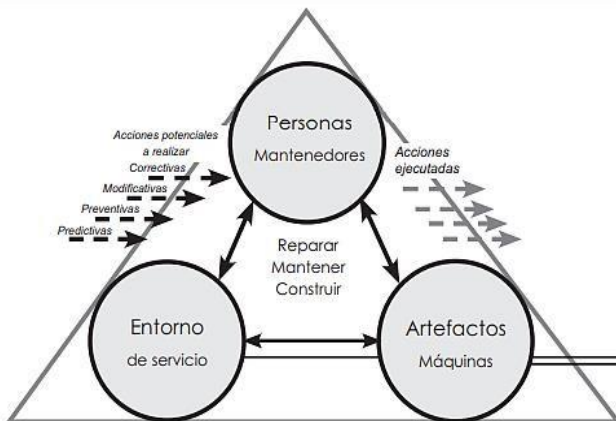


Fuente: Mora (2009)

Al utilizar el enfoque Kantiano en una unidad de mantenimiento, las personas son los mantenedores, los artefactos son las máquinas o equipos de operación y el entorno representa el sitio físico donde se prestan los servicios de mantenimiento (Mora, 2009).

Figura 2

Unidad Elemental de Mantenimiento



Fuente: Mora (2009)

NIVELES DEL MANTENIMIENTO

Figura 3

Niveles y Categorías del Mantenimiento Bajo Enfoque Sistémico



Fuente: Mora (2009)

Nivel 1 - Nivel instrumental (funciones y acciones)

Mora (2009) indica que el nivel instrumental está compuesto por todos los elementos reales y mentales necesitado para que el área de mantenimiento funcione; procura el funcionamiento sistémico de toda la información construida denominados instrumentos de mantenimiento, son factores productivos que se

manejan en el área de mantenimiento para realizar las labores primordiales. A este grupo pertenecen:

El **sistema de información** es el epicentro del mantenimiento el cual es necesario para saber que ocurre y así consolidar una estrategia adecuada siendo flexible y actualizado con el sistema que se desarrolla, además de ser veraz.

Los **recursos humanos - talento** son el personal operativo y administrativo que son la piedra angular del mantenimiento. en el factor humano hay que tener en cuenta estos aspectos relevantes: Búsqueda en centros técnicos y universitarios, selección, enganche, entrenamiento, crecimiento personal, liderazgo, remuneración, etc.

Las **Herramientas, insumos y repuestos** son elementos primordiales para realizar las operaciones de mantenimiento, desarrollando políticas de manejo de inventarios, para alcanzar ahorros mensuales de al menos el 30% (Mora, 2009).

La **Capital de trabajo, Maquinaria, Tecnología, Espacio físico, Recursos humanos, Recursos naturales, carga laboral, planeación, Poder de negociación** se consideran los componentes primordiales requeridos para poder hacer la funcionalidad primaria del departamento de mantenimiento siendo una entidad de servicio que se diferencia de las de operación ya que proporciona apoyo logístico a las áreas productivas y de esta manera puedan cumplir su función.

Nivel 2 - Nivel Operacional (acciones mentales)

El nivel operacional consiste en cada una de las probables acciones mentales por hacer en el mantenimiento de equipos antes y después de la falla, por parte del oferente, o sea mantenimiento, en base a las solicitudes y

necesidades de los demandantes, o sea producción. Mora (2009) hace hincapié que es necesario considerar que se habla de mental, pues únicamente el ser humano puede distinguir si la laboral realizada es planeada o de reparación. Si es reparación se definen las labores no planeadas de mantenimiento que se hacen luego que ocurre la falla como las correctivas y modificativas; en lo que las tareas planeadas que se dan previo a que suceda la avería son las preventivas y las predictiva o denominadas tareas proactivas.

A. Acciones correctivas

García (2009) indica que se basa en la pronta reparación de la falla siendo de corto plazo. Los individuos encargados de reportar la ocurrencia de las averías son los operarios de producción y las reparaciones son ejecutadas por el personal de mantenimiento. El principal inconveniente de la acción correctiva, es que el operario detecta la falla cuando está en servicio, sea cuando lo va a poner en funcionamiento o cuando está operando. Siendo de dos tipos: el **desvare**, que se basa en una reparación instantánea al componente para devolverlo a la condición de operación mas no precisamente a la condición estándar, y la **reparación definitiva y correcta**, para la cual se poseen experiencias previas semejantes y se sabe la causa inicial, llevando a la máquina a sus condiciones estándar de producción y mantenimiento.

B. Acciones modificativas

La acción no planeada, llamada acción modificativa, es una versión preeminente y echa de las acciones correctivas. Es la aplicación de instrumentos del mantenimiento para establecer el motivo primario de la falla y eliminarla, y se da cuando en forma continua las reparaciones no surten impacto en la recuperación de la funcionalidad de las máquinas. Una vez

hallada la causa principal del problema, se procede a utilizar políticas de control por medio de la ejecución de modificaciones en el equipo, a través de la implementación de conceptos y acciones propias de la ingeniería de diseño (Mora, 2009).

C. Acciones preventivas

Mora (2009) indica que la funcionalidad primordial del mantenimiento preventivo es conocer el actual estado de las máquinas, mediante los registros de control llevados en cada uno de ellos y estar en coordinación con el área de planeación para realizarlo en el momento más oportuno. No se debe alcanzar el estado de falla, debido a que se pierde cierta cantidad de vida útil. Siendo estado inicial (o en tiempo real), en condición de funcionalidad y el instante anterior a el caso fuera del estándar, lo cual realmente importa. No evalúa con hondura los estados intermedios, aun cuando ejecuta inspecciones y mediciones periódicas para conceptualizar las situaciones previas a la condición fuera de estándar. Los procedimientos más habituales para esta clase de mantenimiento son: inspección visual, control de fisuras, control de vibraciones, inspección con líquidos penetrantes, control de temperatura, teoría de vibraciones, etc. Siendo las inspecciones y mediciones comúnmente de concepto cualitativo más que cuantitativo.

D. Acciones predictivas

Mora (2009) muestra que las acciones predictivas estudian la evolución temporal de ciertos límites para asociarlos a la ocurrencia de fallas, con el objetivo de establecer en qué lapso de tiempo dicha situación va a crear escenarios fuera de los estándares, además basa sus principios en el razonamiento persistente del estado y la operatividad de los componentes, mediante la medición de diferentes variables. El control que se tiene de estas

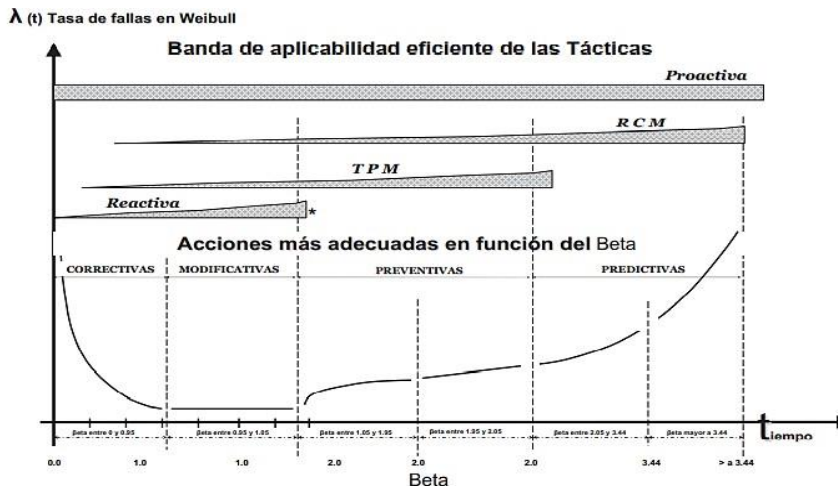
variables establece la implementación del predictivo, siendo la primordial ventaja, la rapidez de detección de la avería en forma anticipada y temprana al hecho incorporando algunas variables que incrementan la información del estado de los componentes. Aunque el principal problema del mantenimiento predictivo es económico a causa que se necesita la instalación de equipos de medición de parámetros para cada máquina.

Nivel 3 - Nivel Táctico (conjunto de acciones reales)

Mora (2009) refiere a las diversas maneras de organización que tienen la posibilidad de adoptar las organizaciones, para la ejecución y la gestión del mantenimiento de una manera lógica, coherente y sistémica. La utilización de una estrategia involucra la existencia de reglas, leyes, normas que gobiernan el actuar. Teniendo presente que las estrategias son provechosas en las situaciones y la época conveniente que viva la organización donde se implementa. Todo en el marco de una planeación de extenso plazo. La elección de una táctica se hace basado en las necesidades concretas de cada compañía. Y, en particular, se debe tener un horizonte claro de la localización física de los componentes distinguidos y/o críticos en sus curvas de tasas de fallas. En consecuencia, que haya congruencia entre los estados de los equipos y la táctica que se quiere llevar a cabo.

Figura 4

Aplicación de Tácticas y Acciones en Base a los Resultados del CMD y Beta



Fuente: Mora (2009)

A. TPM - Mantenimiento productivo total

Mora (2009) lo define como mantenimiento productivo ejecutado por todos los empleados, con base en que la optimización del equipo debe implicar a todos los funcionarios de la empresa, a partir de los operadores hasta los empleados de la alta dirección dado que con su apoyo se incorporarán políticas primordiales de la organización y se concretarán metas, a partir de ello, cada empleado debe comprender, detectar y desarrollar las ocupaciones de pequeños grupos en el sitio de trabajo, que aseguren el cumplimiento de las metas de la compañía. Cada organización debe desarrollar los pasos específicos para desarrollar el programa de TPM ajustándose a sus propios requerimientos, siendo el primordial objetivo del TPM proteger y utilizar los sistemas productivos, conservándolos en su estado base e implementando sobre ellos optimización continua. Cuatrecasas (2012) señala que el TPM pretende alcanzar al máximo posible la producción libre de desperdicios.

B. RCM - Mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Moubray (2004) define el RCM como un proceso utilizado para establecer lo que necesita hacerse para garantizar el funcionamiento de cualquier recurso físico, que sirve de guía para detectar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más relevantes de un entorno operacional, basándose en la fiabilidad de los equipos y su éxito se sustenta primordialmente en el análisis funcional de las fallas realizado por un equipo el cual realiza un sistema de gestión flexible de mantenimiento que se adecua a las exigencias de mantenimiento de la organización. Además, utiliza no solamente los cuatro tipos de acciones (predictivas, preventivas, correctivas, modificativas), sino la mayor parte de las herramientas avanzadas con instrumentos básicos y avanzados genéricos. Además, Mora (2009) indica que la filosofía del RCM se basa en la evaluación, el conocimiento de su estado y función de los componentes de los equipos, así mismo, mediante la identificación de los sistemas críticos se aplicarán técnicas de mantenimiento proactivo y predictivo, chequeo y análisis constantes de operación del estado funcional y corpóreo de los elementos. Siendo los objetivos del RCM los siguientes: Reducir las averías, proveer fuentes de información de la capacidad de producción mediante el conocimiento del estado de sus máquinas y equipos, reducir los costos de mantenimiento de mano de obra y repuestos, trabajar en conjunto y sincronizado entre los departamentos de producción y de mantenimiento, entre otros. Agregando que posee cuantiosas ventajas como el aumento de la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de la maquinaria. Así mismo, aumenta la frecuencia del trabajo conjunto desde la alta gerencia hasta los trabajadores de planta. Por último, las restricciones del RCM residen en el factor humano de la organización, dado que el éxito de la metodología depende él, ya que va a ser el exclusivo responsable de propagar de forma eficiente y correcta

esta filosofía, es así que, se debe tener precaución al seleccionar los
individuos que conformarán el equipo.

Nivel 4 - Nivel Estratégico (conjunto de acciones reales)

Está compuesto por los métodos que se llevan a cabo para evaluar el nivel de éxito adquirido de los tres niveles previos; mediante índices e indicadores que permiten medir el caso particular y compararlos con otros de diferentes industrias locales mediante el CMD, el LCC entre otros.

1.1.3.1.3. Análisis de criticidad

Herramienta que permite establecer jerarquías e identificar la intensidad de riesgo de la unidad o equipo

Figura 5

Fórmula de Criticidad Total

$$\text{CRITICIDAD TOTAL} = \text{CT} = \text{FF} \times \text{CONSECUENCIA}$$

Donde:

FF: Frecuencia de falla

Figura 6

Fórmula de Consecuencia de Criticidad Total

$$\text{CONSECUENCIA} = [(\text{IO} \times \text{FO}) + \text{CM} + \text{ISAH}]$$

Donde:

IO: Impacto operacional

FO: Flexibilidad operacional

CM: Costo de mantenimiento

ISAH: Impacto en seguridad, ambiente e higiene

Con los siguientes criterios de la tabla 1:

Tabla 1

Criterios para Evaluar la Criticidad

FF		IO		FO		CM		ISAH	
Frecuencia de Fallas		Impacto operacional		Flexibilidad operacional		Costo de mantenimiento		Impacto en seguridad, ambiente e higiene	
Cantidad de intervenciones del componente al año		Nivel de producción que es afectado cuando sucede la falla		Existencia de otra vía de producción		Gasto que incurre mantenimiento		ocurrencia de eventos con daños a personas, ambiente, equipos, sistemas e instalaciones.	
4 mtos. correctivos	4	Parada inmediata del taller	10	No hay opción	4	\geq a S/10,000/año	2	Afecta a la seguridad humana	8
3 mtos. correctivos	3	Impacto en niveles de producción	8	Opción alterna	2	< a S/10,000/año	1	Afecta al ambiente	6
2 mtos. correctivos	2	Parada del sistema	6	Hay respaldo	1			Afecta las instalaciones causando daños severos	4
1 mtto. correctivos	1	Costos operaciones de inoperatividad	2					Provoca accidentes o incidentes	2
		Sin efectos	1					Provoca impacto ambiental que no viola normas ambientales	1
								No provoca daño	0

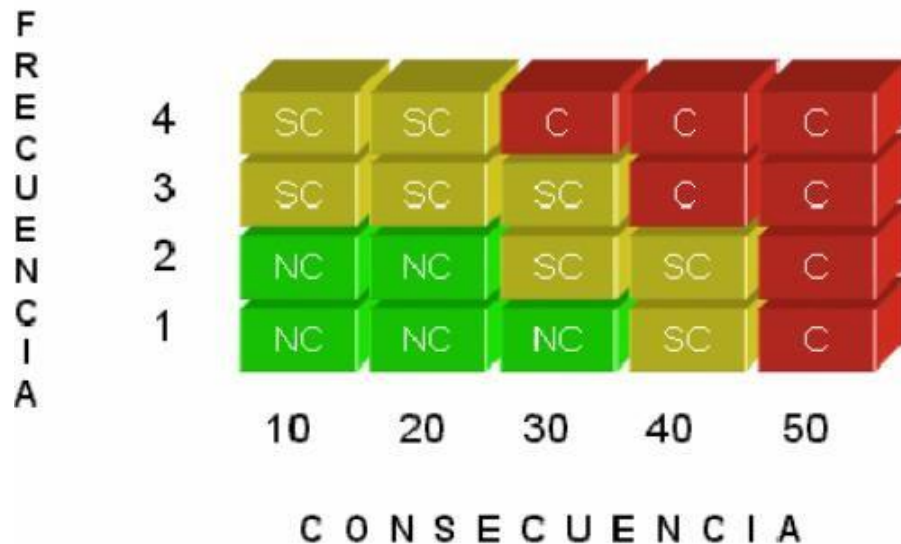
Nota: Mtos= Mantenimientos

Fuente: adaptado de Moubray (2004)

El resultado del producto se ubica en la figura 7, donde indica si el equipo o sistema es no crítico (NC), semi crítico (SC) o crítico (C).

Figura 7

Matriz de Criticidad



Fuente: Moubray (2004)

1.1.3.1.4. Flash Audit

Metodología inglesa para auditar el área de mantenimiento que evalúa todos los parámetros empresariales del área, mediante tópicos evaluando doce instrumentos básicos de mantenimiento. A continuación, se indican los tópicos considerados por Mora (2009):

1. Relación entre Mantenimiento y Producción
 - a) Comunicación y Relaciones
 - b) Método de Intervención
 - c) Percepción del Mantenimiento Preventivo (Nivel de Mantenimiento)
 - d) Percepción de la Función de Mantenimiento por Producción
2. Percepción de las jerarquías superiores de Mantenimiento

- a) Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía
 - b) Posición de la Mano de Obra del Mantenimiento dentro de la Compañía
 - c) Opinión de Mantenimiento
3. Percepción del mantenimiento por mantenimiento
- a) Relevancia dada a la Organización
 - b) Relevancia dada a la entrada de datos y al análisis de datos
 - c) Mantenimiento Preventivo
4. Conocimiento de la Disponibilidad de equipos
- a) Registros Históricos
 - b) Análisis y estudio de los datos y de la información
5. Conocimiento de los Costos de mantenimiento
- a) Datos históricos relacionados a costos de mantenimiento
 - b) Análisis del sistema actual
6. Métodos y preparación de trabajos de mantenimiento.
- a) Preparación del Trabajo
 - b) Historia cronológica de las intervenciones
 - c) Análisis de los sistemas actuales
 - d) Trabajos de la mejora
 - e) Mantenimiento Preventivo
 - f) Piezas de Repuesto
 - g) Documentación Técnica
7. Planeación de actividades y trabajos de mantenimiento.
- a) Programación del Trabajo
 - b) Programación de Trabajo y ejecución

8. Manejo de inventarios
 - a) Catálogo de piezas de repuestos
 - b) Registro de retiro y destinación de las piezas de recambio
 - c) Listas de piezas de recambio
 - d) Dirección de Piezas de recambio
 - e) Compras y Suministro de reserva

9. ¿Qué es lo que cada quién hace en mantenimiento?
 - a) Mantenimiento
 - b) Seguridad

10. Recursos Humanos de Mantenimiento
 - a) Proporciones de mano de obra
 - b) Mano de obra de Mantenimiento
 - c) Proporción programada de trabajo / mano de obra mantenimiento
 - d) Motivación y productividad del personal

11. Recursos Materiales de Mantenimiento.
 - a) Documentación Técnica
 - b) Instrumentos y Equipos
 - c) Infraestructura

12. Entrenamiento
 - a) Importancia del entrenamiento

Mora (2009) recomienda la realización del Flash Audit para medir el nivel de gestión de mantenimiento en su libro de mantenimiento, planeación, ejecución y control. Se desarrolla las encuestas en el formato de Excel, en el cual la información se procesa a través de macros, facilitando el manejo y se obtiene los resultados por grupos en forma numérica y a la vez en forma gráfica en la hoja Radar de Resultados. Las repuestas son a, b, c donde se puntúan del 1 al 3

respectivamente, donde 01 es una buena puntuación y 03 es una baja puntuación. El correcto uso del Flash Audit posibilita desarrollar una mejora en la disponibilidad de componentes por medio de sus factores, lo cual permite asegurar la disponibilidad y alargar la vida útil de los componentes (Saldarriaga y Botero, 2001).

1.1.3.1.5. Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

Herramienta para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso previo a que éstas ocurran, destinados a entablar y establecer los controles que apoyen a eliminar o reducir el riesgo asociado a las mismas por medio de actividades de prevención. Smith y Hinchcliffe (2003) indican que es reconocida como la más fundamental herramienta utilizada en ingeniería de confiabilidad debido a su practicidad y aprovechamiento cuantitativo.

Severidad (S): Estimar la gravedad y severidad de los efectos evaluándose en una escala entre 1 y 10.

Ocurrencia (O): La frecuencia con la que se espera ocurra la falla debido a cada una de las causas potenciales se le asigna un valor entre 1 y 10.

Detección (D): Estimar la probabilidad de que los controles detecten la falla (su efecto), una vez que ha ocurrido, antes de que el producto salga hacia procesos posteriores o antes de que salga del área de manufactura o ensamble, en una escala de 1 a 10.

Tabla 2

Criterio de Evaluación de Severidad, Ocurrencia y Detección del AMEF

ÍNDICE	SEVERIDAD (S)	OCURRENCIA (O)	DETECCIÓN (D)
1	Alerta peligrosa	Muy alta	Incertidumbre Absoluta
2	peligroso; con alarma	Muy alta	Muy Alejado
3	Muy Arriba	Alta	Alejado
4	Alto	Alta	Muy Bajo
5	Moderado	Moderada	Bajo
6	Bajo	Moderada	Moderado
7	Muy Bajo	Baja	Moderadamente Alto
8	De menor importancia	Baja	Alto
9	Muy de menor importancia	Baja	Muy Alto
10	Ninguno	Remota	Casi Seguro

Fuente: Vargas (2014)

Número de prioridad del riesgo (NPR): Resultado de multiplicar la puntuación dada a la severidad del efecto de falla, por las probabilidades de ocurrencia para cada causa de falla, y por las posibilidades de que los mecanismos de control detecten cada causa de falla. Se puede obtener un valor entre 1 y 1000 siguiendo la siguiente fórmula: **NPR=S*O*D**.

Prioridades del NPR: Se deben de atacar los problemas con NPR alto, así como los que tengan alto grado de ocurrencia sin importar si el NPR es alto o bajo.

Tabla 3

Rangos de Prioridades del NPR

	RANGOS	DESCRIPCIÓN
	500 -1000	Alto Riesgo de Falla
	125 - 499	Riesgo de falla medio
	1 - 124	Riesgo de falla bajo
	0	No existe riesgo de falla

1.1.3.2. Disponibilidad

1.1.3.2.1. Definición de disponibilidad

La capacidad del equipo para llevar a cabo con éxito la función requerida en un momento específico o durante un periodo de tiempo específico. (Deming, 1989, citado en Almeida, 2014)

Mesa, Ortiz, y Pinzón (2006) "Puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado." (p.157)

“Como la probabilidad de que una máquina o sistema esté preparada para la producción en un periodo determinado, es decir que no esté parada por averías o ajustes” (Rodríguez, 2008, p. 12)

1.1.3.2.2. Tipos de disponibilidad

Según Mora (2009), existen cinco tipos de disponibilidad:

Disponibilidad Genérica (A_G): Se calcula obteniendo los tiempos totales de desempeño y de no desempeño, los cuales se miden en forma universal (no excluye los tiempos correctivos, predictivos, preventivos, las demoras o los Ready Time).

Figura 8

Fórmula de Disponibilidad Genérica (A_G)

$$A_G = \frac{\text{Tiempo funcionamiento}}{\text{Tiempo en que puede operar}} = \frac{TT - \sum PM - \sum DT}{TT - \sum PM}$$

Fuente: Mora (2009)

Donde:

TT: Total time - Tiempo total

PM: Planned Maintenance - Mantenimiento planeado (preventivos o predictivos)

DT: Down Time - Tiempo que la máquina no funciona ni produce

Disponibilidad inherente o intrínseca (A_I): Es la posibilidad de que el sistema funcione apropiadamente una vez se requiera, con ámbito ideal de

soporte administrativo y logístico. La A_i solo contempla acciones correctivas, además, solamente reconoce reparaciones inherentes al sistema, no exógenas.

Figura 9

Fórmula de Disponibilidad Inherente (A_i)

$$\text{Disponibilidad inherente} = A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Fuente: Mora (2009)

Donde:

MTBF: Mean time Between Failures - Tiempo promedio entre fallas

MTTR: Mean Time to Repair - Tiempo promedio para reparar

Disponibilidad alcanzada (A_A): Se calcula de igual manera que la A_i , con un entorno ideal de soporte logístico y administrativo, a diferencia que, además de los mantenimientos correctivos, también involucra en sus cálculos las actividades planeadas.

Figura 10

Fórmula de Disponibilidad Alcanzada (A_A)

$$\text{Disponibilidad alcanzada} = A_A = \frac{MTBM}{MTBM + M} = \frac{\frac{1}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p} + \frac{MTRR}{MTBM_c} + \frac{M_p}{MTBM_p}}$$

Fuente: Mora (2009)

Donde:

MTBM: Mean Time Between Maintenance - Tiempo promedio entre
mantenimientos

MTBM_c - Tiempo promedio entre mantenimientos no planeados

MTBM_p - Tiempo promedio entre mantenimientos planeados.

M: Mean Time Active Maintenance - Tiempo medio de mantenimiento activo

Disponibilidad operacional (A_o): Se considera en sus cálculos los tiempos logísticos (LDT') y administrativos (ADT) de demoras contemplando mantenimientos correctivos y planeados. El M' (que ahora incluye los LDT = ADT+ LDT') se calcula igual que en la A_A, sólo que al momento de calcular el MTTR se le suman respectivamente sus LDT correspondientes a cada una de las reparaciones.

Figura 11

Fórmula de Disponibilidad Operacional (AO)

$$\text{Disponibilidad Operacional} = A_o = \frac{MTBM}{MTBM + \overline{M'}}$$

Fuente: Mora (2009)

Siendo:

ADT: Tiempos de demora administrativa para ejecutar el mantenimiento.

LDT': Tiempos logísticos de demora para ejecutar el mantenimiento.

Disponibilidad Operacional generalizada (A_{Go}): Es eficaz una vez que los tiempos en que los equipos permanecen disponibles y no producen, para describir dichos periodos de tiempo. El procedimiento del cálculo de MTBM' se

hace igual al de MTBM de la Disponibilidad Operacional, solamente que los Ready Time (significa que funciona adecuadamente mas no produce) se les suman a los tiempos útiles que los precede o suceden.

Figura 12

Fórmula de Disponibilidad Operacional Generalizada (AGO)

$$Disponibilidad\ Operacional\ Generalizada = A_{GO} = \frac{MTBM'}{MTBM' + M'}$$

Fuente: Mora (2009)

En conclusión, los diferentes factores que están afectando la función de los equipos son considerados por las diferentes formas de calcular la disponibilidad; cada compañía con base a los datos que maneja, asume la que más le conviene.

Figura 13

Factores que Afectan la Función de los Dispositivos y las Disponibilidades

		Factores que disminuyen la funcionalidad del dispositivo, equipo o sistema						
		Tiempo de no disponibilidad <i>Down Time</i> de cualquier indole	Fallas que implican reparación correctiva	Mantenimientos planeados preventivos o predictivos	Tiempos administrativos	Retrasos logísticos de insumos, repuestos o recursos humanos	Tiempos logísticos que generan indisponibilidad Pts suma de ADT + LDT'	Ready Time, tiempo en que el equipo está disponible pero no produce
Término		DT	TTR	PM	ADT	LDT'	LDT	RT
Disponibilidad que considera el concepto	Genérico A_G	X						
	Inherente A_I		X					
	Alcanzada A_A		X	X				
	Operacional A_O		X	X	X	X	X	
	Operacional generalizada A_{GO}		X	X	X	X	X	X

Fuente: Mora (2009)

1.1.3.2.3. Definición de Confiabilidad

Se define como la posibilidad de que una máquina desempeñe satisfactoriamente las funcionalidades para las cuales se diseña, a lo largo de un lapso de tiempo específico y bajo condiciones habituales de operación (Mora, 2009).

Si no hay fallas, la máquina es completamente confiable; si la frecuencia de fallas es muy baja, la fiabilidad del equipo es incluso aceptable, sin embargo, si es bastante alta, el componente es escasamente confiable. Bazovsky (2004) sugiere que la vivencia muestra que inclusive los componentes mejores diseñados, montados y buenos mantenimientos fallan en algún momento. La confiabilidad se atrae por el tiempo que el producto continúa funcionando luego de entrar en ejecución.

La capacidad de un equipo para funcionar de manera correcta sin dificultades se puede conocer por medio de la implementación de los indicadores de confiabilidad, los cuales se deben de caracterizan por ser fáciles de entender y manejar.

- **Curva de la confiabilidad**

La curva de fiabilidad es la representación gráfica del manejo luego de que acontece un definido tiempo t. (Mora, 2009)

Figura 14

Fórmula de la Función de Confiabilidad

$$R(t) = P[t < T]$$

Fuente: Mora (2009)

Donde:

R(t): Función de confiabilidad, la cual mengua a medida en que se
acrecienta el tiempo

t: Tiempo determinado para evaluar el funcionamiento

1.1.3.2.4. Definición de Mantenibilidad

Se designa mantenibilidad a la posibilidad de que un elemento logre retornar nuevamente a su estado de funcionamiento común predeterminado luego de presentarse una avería. Generalmente, la clara manera de medir la mantenibilidad es en términos de los tiempos empleados en las diversas reparaciones solicitadas para llevar nuevamente la máquina a su estado de normalidad y funcionalidad.

- **Curva de mantenibilidad**

Posibilidad de que la funcionabilidad del sistema se recupere y el componente se repare en un tiempo determinado t antecedente de un tiempo detallado total T .

Figura 15

Fórmula de la Función de Mantenibilidad

$$M(t) = P [T \leq t]$$

Fuente: Mora (2009)

Donde:

M(t): Función de mantenibilidad o de reparación, que va acrecentando en la medida que se extiende el tiempo t .

1.1.3.2.5. Curva de la bañera o de Davies

El indicador de confiabilidad Beta de la curva de la bañera es la forma de medir la dispersión del comportamiento de las averías, mediante esto se deciden sobre las acciones a ejecutar de parte del área de mantenimiento y producción.

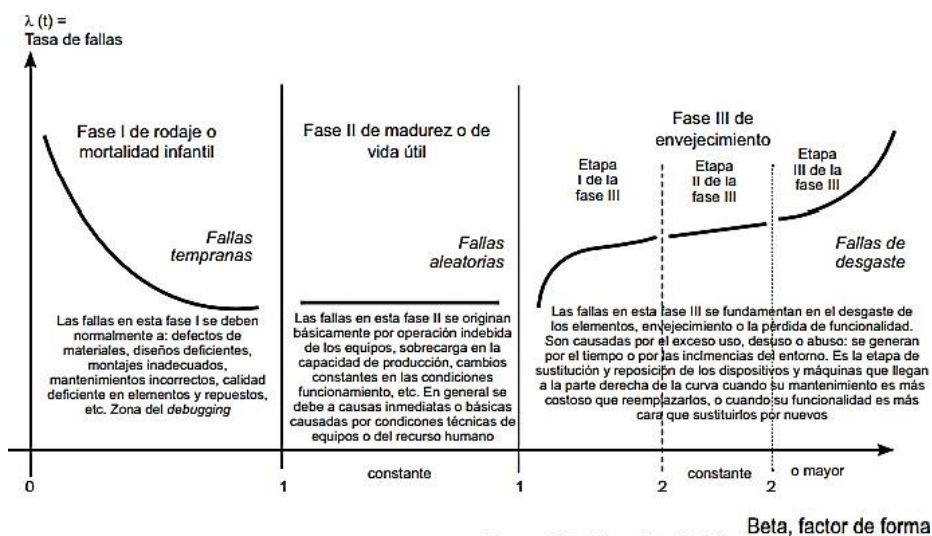
En la Fase I de rodaje o mortalidad infantil, el comportamiento de la tasa de averías es descendiente ya que es un procedimiento de asentamiento inicial como se puede observar en la figura 16, puesto que en la medida en que el tiempo pasa, la posibilidad de que ocurra una falla reduce.

La Fase II de madurez o de vida útil, se centran en las fallas de origen técnico, sea por mala operación de la máquina o cambios seguidos en las condiciones de función, siendo la posibilidad de falla, constante.

En la Fase III se observa en la figura 16 un crecimiento pausado de la tasa de fallas en la medida en que el tiempo se va incrementando y avanzando.

Figura 16

Curva de la Bañera o de Davies



Fuente: Mora (2009)

1.1.4. Justificación

1.1.4.1. Justificación teórica

La investigación se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre la táctica del RCM como mejora de la gestión de mantenimiento y por lo tanto incremento en la disponibilidad en la empresa metalmecánica, cuyos resultados se estructuran en una propuesta para que pueda ser utilizado en investigaciones futuras.

1.1.4.2. Justificación práctica

La presente investigación se desarrolló ya que beneficia a todas las empresas en general dado que todos tienen como activo significativo en común, las maquinarias, que reemplazan actividades manuales ahorrando tiempo y dinero. En específico, a la empresa metalmecánica puesto que existe la necesidad de mejorar la disponibilidad de las máquinas con el uso de herramientas avanzadas de la ingeniería. Además, se plasma la importancia de la gestión de mantenimiento en la empresa, teniendo en cuenta que logra reducciones de los costos de no disponibilidad en más del 25%, reducciones de al menos 25% en horas de paradas de máquinas, mejorando la disponibilidad actual de 89.63% a 95% con un beneficio mensual de S/ 5,925.37.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo el diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento incrementará la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del Callao?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es el diagnóstico situacional actual del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao?
2. ¿Cuál es la política de gestión de mantenimiento en el área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao?
3. ¿Cuál es el diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento en base al modelo del RCM en el área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao?
4. ¿Es factible el diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento en el área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Realizar un diagnóstico situacional del nivel de gestión de mantenimiento del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao.
2. Elaborar una política de calidad para la gestión de mantenimiento en el área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao.
3. Diseñar un plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM para incrementar la disponibilidad de las máquinas en el área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao.

4. Realizar un estudio de factibilidad del diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del Callao.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento incrementará la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del Callao.

1.4.2. Hipótesis específicas

1. La realización de un diagnóstico situacional de la gestión de mantenimiento incrementará la disponibilidad de las máquinas en el área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del Callao.
2. La política de calidad para la gestión de mantenimiento en el área de rectificado incrementará la disponibilidad de sus máquinas en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del Callao.
3. El diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM incrementará la disponibilidad en el área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del Callao.
4. Es factible el diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM para incrementar la disponibilidad en las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del Callao.

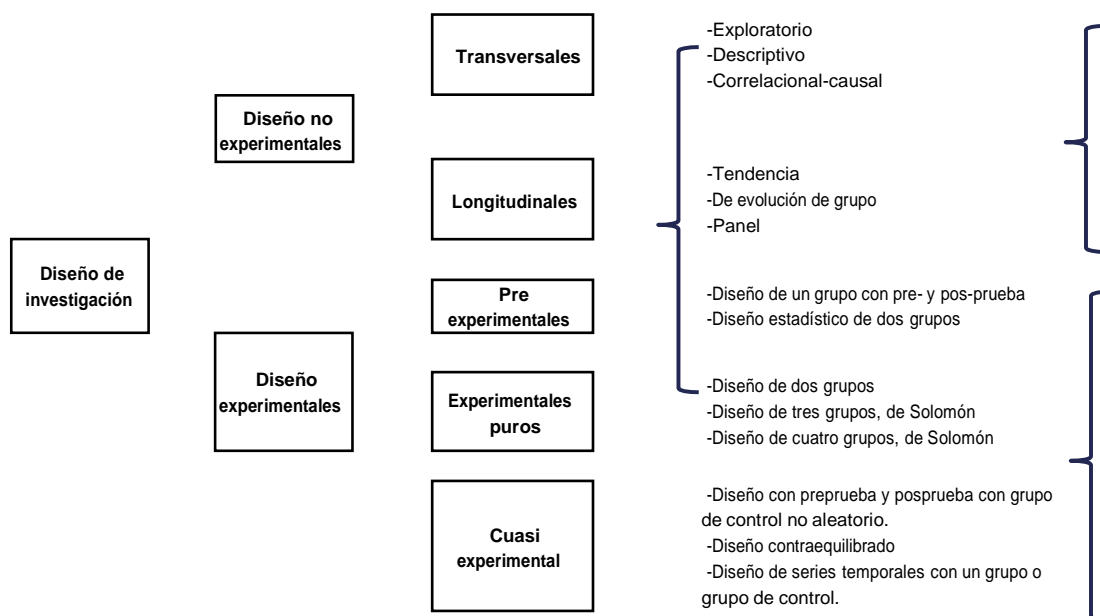
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La presente investigación utilizó un diseño cuantitativo no experimental descriptivo transversal correlacional. Que están hechos para describir con mayor precisión y fidelidad posible una realidad empresarial (Vara, 2012), ayudando a medir cuantitativamente las variables de una población, estos datos fueron recogidos y analizados en un momento determinado, sin ser manipulados de manera deliberada. Además, que se contempló los fenómenos en su estado natural para después ser evaluados y analizados (Valderrama, 2002). Debido a que la información fue recogida con el propósito de describir las incidencias entre las variables disponibilidad (dependiente) y gestión de mantenimiento (independiente) en la empresa metalmeccánica, y así se analizó su comportamiento en un tiempo dado ya que esta no es afectada por tendencia o cambios a través del tiempo.

Figura 17

Diseño de Investigación



2.2. Materiales, instrumentos y métodos

El marco muestral constituyó un marco de referencia que nos permitió identificar físicamente los elementos de la población, la posibilidad de enumerarlos. En la presente investigación corresponde a la base de datos de los mantenimientos realizados en las máquinas de rectificado en la empresa metalmeccánica.

Para la delimitación poblacional, como criterio de inclusión se ha considerado sólo las máquinas del área de rectificado y como criterio de exclusión es las máquinas que pertenezcan al área de cromo, soldadura, hidráulica, y mantenimiento. Bajo estos criterios, el tamaño de la población es de 15 máquinas rectificadoras.

Tabla 4

*Máquinas del Área de Rectificado en una Empresa Metalmeccánica de la Provincia
Constitucional del Callao*

AREA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
	MQ029	RECTIFICADOR DE CIGUEÑAL SCLEDUM C
	MQ039	RECTIFICADOR UNIVERSAL DOIMAK
	MQ042	RECTIFICADOR DE CIGUEÑAL SCLEDUM
	MQ043	RECTIFICADOR DE CIGUEÑAL BERCO
	MQ047	RECTIFICADOR DE CIGUEÑAL BERCO
	MQ130	RECTIFICADOR UNIVERSAL DOIMAK
	MQ131	RECTIFICADOR DE CIGUEÑAL SCLEDUM
RECTIFICADO	MQ132	RECTIFICADOR DE CIGUEÑAL AMC
	MQ133	RECTIFICADOR UNIVERSAL DOIMAK
	MQ134	RECTIFICADOR DE CIGUEÑAL BERCO
	MQ135	RECTIFICADOR DE LEVAS S.VULCAN
	MQ136	RECTIFICADOR UNIVERSAL AMC
	MQ137	RECTIFICADOR DE LEVAS S.VULCAN
	MQ138	RECTIFICADOR UNIVERSAL AMC
	MQ167	RECTIFICADOR UNIVERSAL DOIMAK

En cuanto al muestreo, dado que la presente investigación es de tipo cuantitativo y la población es pequeña y accesible, lo más recomendable es estudiar a todos los individuos según Vara (2008), por consecuencia, la muestra corresponde a la población.

Sin embargo, se corrobora mediante fórmula para hallar la muestra

$$n = \frac{(Z^2)(p)(q)(N)}{e^2(N - 1) + Z^2(p)(q)}$$

Donde:

N (población): 15 máquinas

p: 0.5

q: 0.5

E (error mínimo permitido): 5%

Vara (2008) aconseja que cuando se desconoce el nivel de confianza, siempre sea del 95%.

Por lo tanto:

$$n = \frac{(1.96^2)(0.5)(0.5)(15)}{0.05^2(15 - 1) + 1.96^2(0.5)(0.5)}$$

$$n = 15 \text{ máquinas}$$

Las técnicas que se utilizó a lo largo de la investigación fue el Flash Audit, que nos permitió evaluar de forma integral la situación actual del área de mantenimiento y su nivel de gestión mediante el instrumento de formato de encuesta estructurada del Flash Audit y el análisis documental, debido a que mediante la revisión de los registros mediante la hoja de control de operación se generó la base de datos de la investigación.

El formato de encuesta estructurada de Flash Audit fue realizado a 4 gerencias - jefaturas (logística, planeamiento, ventas y producto), 4 operarios del área de mantenimiento y 4 operarios del área de rectificado. Los criterios de elección de los operarios de mantenimiento y de rectificado fue en base al personal más antiguo, al de tiempo medio y personal más reciente como mínimo de 6 meses. El tiempo de la recolección de datos de la encuesta del Flash Audit fue de dos semanas, debido a la gran cantidad de preguntas que

debían de responder las personas encuestadas. Se separo un tiempo después del trabajo, en el que se le realizo la encuesta y contestaron cada pregunta del cuestionario del Flash Audit. En base a sus respuestas, por medio de un macro usando el software Microsoft Excel 2016 procesó la información obtenida, a partir de ello se obtuvo el nivel de desarrollo de la gestión de mantenimiento con la ilustración del radar. Por último, de cada ítem del Flash Audit se evaluó las causas y se ha propuesto mejoras para así poder incrementar el nivel de gestión de mantenimiento y por ende la disponibilidad.

La hoja de control de operación (Anexo 1) que sirvió para medir los indicadores estuvo dirigido al supervisor del área de mantenimiento y a los operarios de mantenimiento. Tuvo que ser firmado por el operario que realizó el mantenimiento, por el supervisor de mantenimiento y el supervisor del área de donde pertenece la máquina que fue reparada dando la conformidad del mantenimiento. Para la recolección de datos, se recopiló todas las hojas que se encontraban en un file en el área de mantenimiento, tomo un tiempo el recolectarlo debido a que hubo cierto recelo por parte del jefe de mantenimiento. Así mismo, para el tratamiento de datos se trabajó en una base de datos del software Microsoft Excel 2016 con el formato de la tabla 5 tanto para los datos del mantenimiento correctivo y preventivo del área de rectificado de la empresa metalmecánica en la provincia constitucional del Callao.

Tabla 5

Formato de Recopilación de Base de Datos de Mantenimientos

MES	FECHA	MÁQUINAS			HORAS/MES
					0.00 hr
					0.00 hr
					0.00 hr

Los instrumentos serán fiables y válidos.

La validez se refiere al grado en que un instrumento realmente mide lo que pretende medir, mide todo lo que el investigador quiere medir y si mide sólo lo que se quiere medir. (Thorndike citado en Hurtado, 2000)

- **Fiabilidad:** La confiabilidad del instrumento se corroborará, debido a que el grado en que la aplicación de un instrumento al sujeto, objeto u situación en ocasiones repetidas produce iguales resultados. Se realizó el análisis de Confiabilidad en el Anexo 2.

Tabla 6

Nombre del Instrumento Empleado

Instrumento	Descripción
Instrumento 1	Hoja de control de operación
Instrumento 2	Herramienta Flash Audit

Tabla 7

Nombre de los Indicadores Empleados

Indicadores	Descripción
Indicador 1	Nivel de Gestión de mantenimiento
Indicador 2	Índice de Mantenimiento correctivo programado (IMC P)
Indicador 3	Índice de Mantenimiento correctivo no programado (IMC NP)
Indicador 4	Tiempo promedio entre fallas (MTBF)
Indicador 5	Tiempo promedio de reparación (MTTR)
Indicador 6	Disponibilidad Operacional

- **Validez:** Se determinará la validez del instrumento por medio de la evaluación el enfoque complementario de contenido, sometiéndose a un juicio de expertos quienes determinaran si los datos que se encuentran en el instrumento miden la variable que se pretende medir. El juicio de expertos estará conformado por 3 ingenieros industriales docentes de la Universidad Privada del Norte. (Anexos 3, 4 y 5)

Tabla 8

Descripción de Expertos

Experto	Nombre y Apellido	Especialidad
Experto 1	Juan Enrique Sigarróstegui Gutiérrez	Industrial
Experto 2	Carolina Silvia Rosas Reynoso	Industrial
Experto 3	Silvia Coronado Ramírez	Industrial

2.3. Procedimiento

Tabla 9

Procedimiento de la Investigación

PASOS	PROCEDIMIENTO
Paso 1	Autorización de datos por parte de la empresa
Paso 2	Detección del problema
Paso 3	Búsqueda de la información relacionada
Paso 4	Aplicación del instrumento de investigación
Paso 5	Procesamiento de las respuestas del instrumento
Paso 6	Análisis de los datos obtenidos de los instrumentos
Paso 7	Elaboración de política de calidad
Paso 8	Elaboración de la propuesta
Paso 9	Evaluación económica de la propuesta
Paso 10	Conclusiones y recomendaciones

2.4. Aspectos éticos

“La ética es la ciencia de la moral, que estudia su origen, desarrollo, naturaleza, su esencia, estructura y funciones” (Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez, 2014).

La presente investigación del proyecto titulado *Diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del callao*, se mantuvo en reserva el nombre de la empresa e información personal de los colaboradores por estrategia comercial de la empresa. Además, se contó con la carta de autorización de

uso de información firmada por el representante legal de la empresa. Por último, la investigación se elaboró dentro de los lineamientos establecidos bajo normas de investigación mediante las citas y referencias correspondientes basadas en la autenticidad, veracidad y originalidad.

2.5. Matriz de Consistencia y Operacionalización

Tabla 10

Matriz de Consistencia

TÍTULO: Diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del callao.				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
1. Problema General:	1. Objetivo General:	1. Hipótesis General:	V. Independiente	1. Enfoque de Investigación Cuantitativo 2. Tipo de Investigación Correlacional - Causal 3. Método: Deductivo - Inductivo; Análisis - Síntesis 4. Diseño de la Investigación: No experimental - Transversal 5. Marco Muestral: Base de datos de mantenimientos a máquinas rectificadoras. 6. Unidad de Análisis: Hoja de Control de operación 9. Técnica: Flash Audit 10. Instrumento: Formato de encuesta estructurada del Flash Audit 11. Indicadores: Nivel de Gestión de mantenimiento, IMC P, IMC NP, Tiempo Medio Entre Falla (MTBF), Tiempo Medio Para Reparación (MTTR) y Disponibilidad operacional.
¿Cómo el diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento incrementará la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao?	Diseñar un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao.	El diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento incrementará la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao.	Gestión de mantenimiento	
2. Problemas Específicos:	2. Objetivos Específicos	2. Hipótesis Específicas:	V. Dependiente:	
1. ¿Cuál es el diagnóstico situacional actual del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao?	1. Desarrollar un diagnóstico situacional de la gestión de mantenimiento del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao.	1. El desarrollo de un diagnóstico situacional de la gestión de mantenimiento incrementará la disponibilidad de las máquinas en el área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao.	Disponibilidad	
2. ¿Cuál es la política de gestión de mantenimiento en el área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao?	2. Elaborar una política de calidad para la gestión de mantenimiento en el área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao.	2. La política de calidad para la gestión de mantenimiento en el área de rectificado incrementará la disponibilidad de sus máquinas en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao.		
3. ¿Cuál es el diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento en base al modelo del RCM en el área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao?	3. Diseñar un plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM para incrementar la disponibilidad de las máquinas en el área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao.	3. El diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM incrementará la disponibilidad en el área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao.	V. Intervinientes: Mantenimiento Centrado en la confiabilidad (RCM)	
4. ¿Es factible el diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento en el área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao?	4. Realizar un estudio de factibilidad del diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao.	4. Es factible el diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM para incrementar la disponibilidad en las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del Callao.		

Tabla 11

Matriz de Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Operacionalización o Definición Operacional	Categorías o Dimensiones	Definición de la Categoría o Dimensión	Indicador	Formula	Nivel de Medición	Unidad de Medida	Instrumento
Gestión de mantenimiento	<p>Navarro, Pastor y Mugaburu en Mora (2009) enuncian que la gestión de mantenimiento debe enfocarse en dos direcciones: en la gestión que realiza mantenimiento con los demás departamentos (producción) alineado a los objetivos de la empresa y con la gestión integral e interna, propia del departamento.</p>	<p>Provee un sistema que planifique, organice, dirija, controle y administre todas las actividades inherentes al mantenimiento. (Reitzer 1994 en Mora 2009)</p>	Nivel de Gestión de Mantenimiento	<p>Permite conocer el nivel actual de desarrollo de la gestión de mantenimiento, evaluando todos los parámetros empresariales de mantenimiento (Mora, 2009).</p>	Nivel de Gestión de Mantenimiento	$\left(\frac{\left(\frac{\text{Suma total de respuestas}}{\text{Número de personas Encuestadas}} \right) - 1}{2} \right)$	De orden	A) 1 B) 2 C) 3	Flash Audit
			Índice de mantenimiento correctivo programado	<p>Es planificado cuando se conoce de antemano qué operaciones hay que realizar en el equipo averiado, por lo que se dispone del personal, repuestos y documentos técnicos necesarios para llevarlo a cabo. (Linarez, 2015)</p>	IMC P	$\frac{\text{tiempo total de mantenimiento correctivo programado}}{\text{tiempo total de mantenimiento}} (\%)$	De razón	%	Hoja de control de operación
			Índice de mantenimiento correctivo no programado	<p>Consiste en el mantenimiento de emergencia debido a una avería imprevista o a tener que satisfacer un problema de seguridad, de contaminación o de normativa. (Linarez, 2015)</p>	IMC NP	$\frac{\text{tiempo total de mantenimiento correctivo no programado}}{\text{tiempo total de mantenimiento}} (\%)$	De razón	%	

Disponibilidad	La disponibilidad puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. (Mesa, Ortiz y Pinzón, 2006).	Representa el porcentaje del tiempo en que quedó a disponibilidad del órgano de operación para desempeñar su actividad, siendo obtenida por la relación entre el Tiempo Promedio Entre Falla (MTBF) y su suma con el Tiempo Promedio De Reparación (MTTR). (Amable, 2017)	Tiempo promedio entre fallas	Es el tiempo promedio de un equipo que cumple su función sin interrupción. (Olazo, 2017)	MTBF	<u>Hr. Calendario - Hr. Mantenimiento</u> número de fallas	De razón	Hr.
			Tiempo promedio de reparación	Consiste en medir el tiempo que transcurre entre el momento en se presenta la intervención del equipo y se genere la orden de servicio hasta que se soluciona (Valdes y San Martin, 2009)	MTTR	tiempo total de <u>mantenimiento</u> número de fallas	De razón	Hr.
			Disponibilidad total	Según Almeida (2014) es todo el tiempo total menos el que esta fuera de servicio desde el momento en que queda fuera de servicio hasta que se devuelve a entregar operativo a producción. Según Mora (2009) abarca dentro de los tiempos de mantenimiento, los tiempos de demora logísticos y administrativos	Disponibilidad operacional	<u>MTBM</u> MTBM + M	De razón	%

Nota: Prom= Promedio; Rptas= Respuestas; Hr= horas

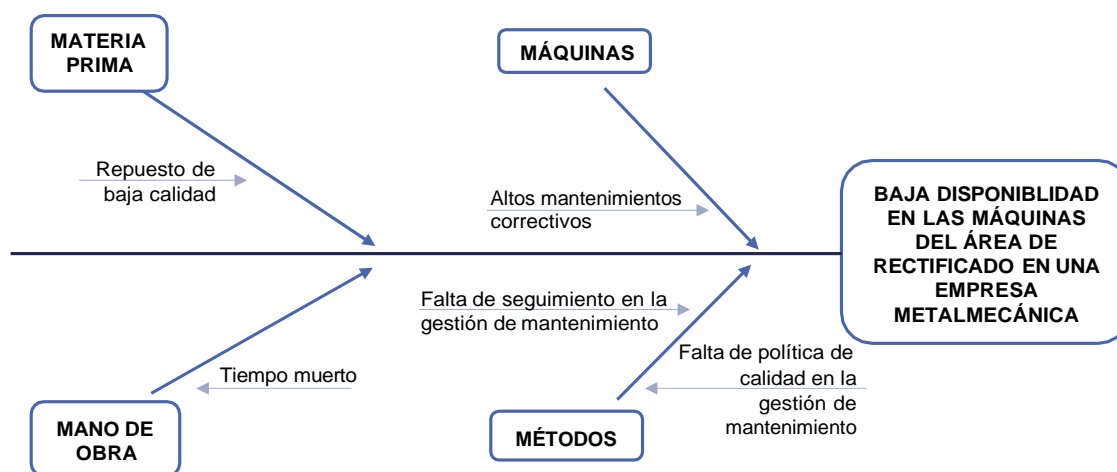
CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico situacional de la gestión de mantenimiento del área de rectificado

Debido a la baja disponibilidad de las máquinas del área de rectificado se utilizó la herramienta diagrama de causa y efecto para evaluar las causas del problema en mención.

Figura 18

Diagrama de Causa y Efecto de las Causas de la Baja Disponibilidad



En base a lo hallado se procedió a ponderar las causas mediante el diagrama de Pareto.

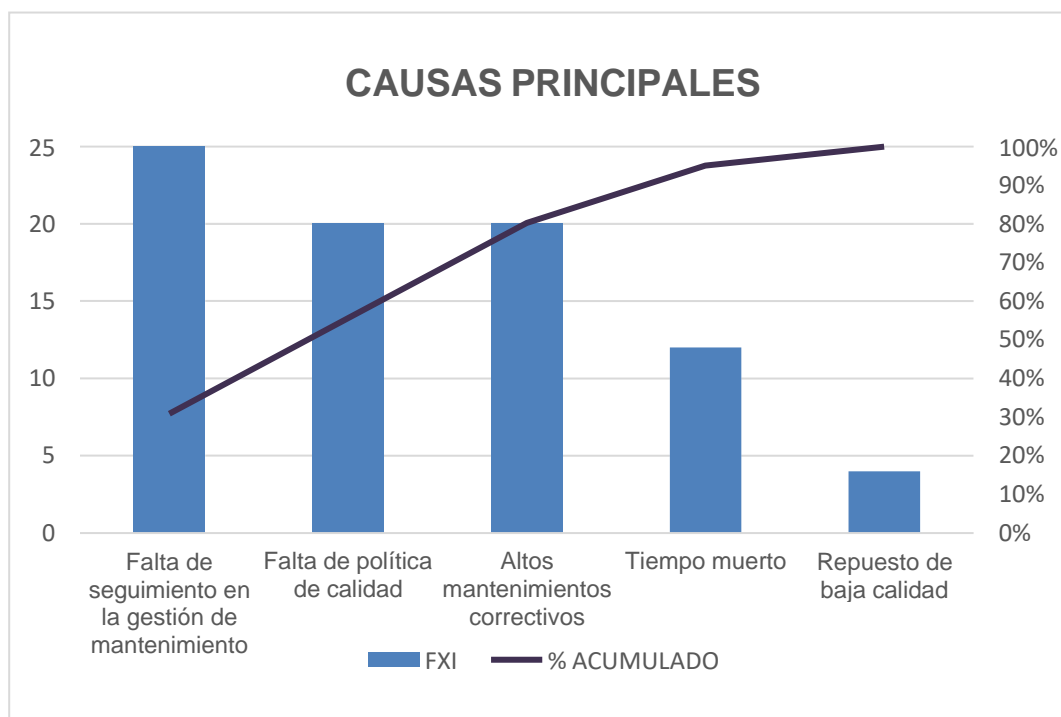
Tabla 12

Principio de Pareto de las Causas de la Baja Disponibilidad

CAUSAS	F	I	FXI	%	% ACUMULADO
Falta de seguimiento en la gestión de mantenimiento	5	5	25	30.9%	31%
Falta de política de calidad	5	4	20	24.7%	56%
Altos mantenimientos correctivos	5	4	20	24.7%	80%
Tiempo muerto	3	4	12	14.8%	95%
Repuesto de baja calidad	1	4	4	4.9%	100%
TOTAL			81	100.0%	

Figura 56

Diagrama de Pareto de las Causas de la Baja Disponibilidad

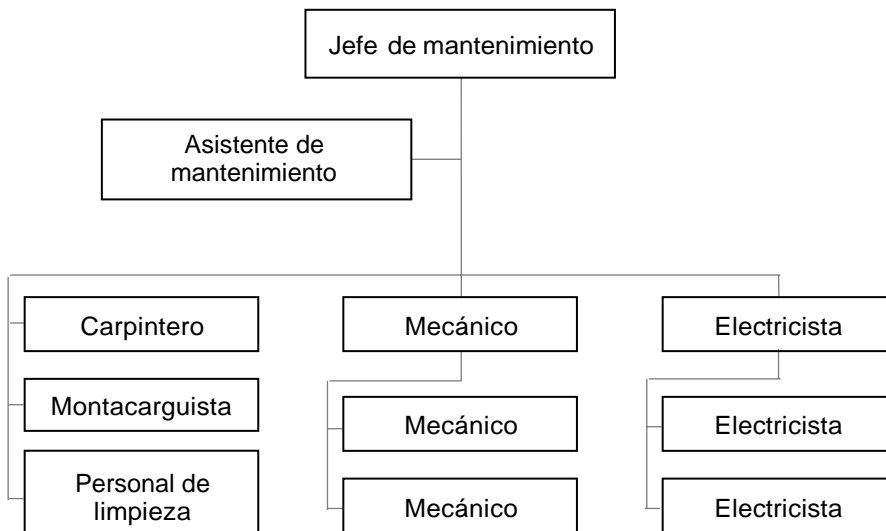


Según la figura 19 se observó que la falta de seguimiento en la gestión de mantenimiento y la falta de política de calidad fueron las causas más relevantes del problema. Por ende, se desarrolló estos temas en los siguientes puntos, en la tabla 16 se utilizó el Flash Audit para evaluar el nivel de gestión de mantenimiento y en el punto 3.2 se evaluó las causas que conllevaron a un bajo índice y se propuso una política de calidad en la gestión de mantenimiento.

El cliente principal de mantenimiento es la empresa metalmecánica siendo su principal objetivo del área el conservar de la manera más óptima las condiciones de operación de la planta (estructura y equipos). Aunque en algunas ocasiones, los clientes envían a la empresa equipos a reparar como máquinas cortadoras o reductores eléctricos, los cuales mantenimiento se encarga de reparar. Por lo tanto, la respuesta por parte de mantenimiento es a la empresa en sí y a los clientes. En la figura 20, se presenta el organigrama.

Figura 57

Organigrama del Área de Mantenimiento de la Empresa Metalmecánica



Se utilizó la metodología del análisis de criticidad en base a la criticidad de equipo para la toma de decisiones de las máquinas más críticas en el área de rectificado mediante el conocimiento de los costos que incurre cada máquina por tiempo inoperativo.

Tabla 13

Costos de las Máquinas por No Producción del Área de Rectificado en una Empresa Metalmecánica de la Provincia Constitucional del Callao

CÓD.	DESCRIPCIÓN	HOJA DE CONTROL DE OPERACIÓN			H-H			H-MAQ			COSTO TOTAL	
		PRE VEN TIVO	COR REC TIVO	TOTAL	COSTOS PREVENTIVO (S/)	COSTOS CORRECTIVO (S/)	TOTAL (S/)	COSTOS PREVENTIVO (S/)	COSTOS CORRECTIVO (S/)	TOTAL (S/)	COSTO PREVENTIVO (S/)	COSTO CORRECTIVO (S/)
MQ029	Rectificador de cigüeñal scledum c	2	1	3	2,582.60	1,291.30	3,873.90	5,430.16	2,715.08	8,145.24	8,012.76	4,006.38
MQ039	Rectificador universal doimak	2	2	4	2,582.60	2,582.60	5,165.20	7,853.48	7,853.48	15,706.96	10,436.08	10,436.08
MQ042	Rectificador de cigüeñal scledum	2	1	3	2,582.60	1,291.30	3,873.90	6,553.71	3,276.86	9,830.57	9,136.31	4,568.16
MQ043	Rectificador de cigüeñal berco	2	1	3	2,582.60	1,291.30	3,873.90	5,530.72	2,765.36	8,296.08	8,113.32	4,056.66
MQ047	Rectificador de cigüeñal berco	2	1	3	2,582.60	1,291.30	3,873.90	6,743.50	3,371.75	10,115.25	9,326.10	4,663.05
MQ130	Rectificador universal doimak	2	4	6	2,582.60	7,812.37	10,639.39	7,631.42	16,810.95	24,442.37	10,214.02	24,623.32
MQ131	Rectificador de cigüeñal scledum	2	3	5	2,582.60	5,875.42	8,895.62	8,349.97	13,787.55	22,137.51	10,932.57	19,662.96
MQ132	Rectificador de cigüeñal amc	2	3	5	2,582.60	6,424.22	9,717.03	12,750.87	21,074.95	33,825.82	15,333.47	27,499.16
MQ133	Rectificador universal doimak	2	1	3	2,582.60	1,291.30	3,873.90	6,248.68	3,124.34	9,373.02	8,831.28	4,415.64
MQ134	Rectificador de cigüeñal berco	2	2	4	2,582.60	2,582.60	5,165.20	6,781.46	6,781.46	13,562.92	9,364.06	9,364.06
MQ135	Rectificador de levas s.vulcan	2	4	6	2,582.60	8,167.47	11,202.03	9,053.43	19,802.75	28,856.19	11,636.03	27,970.23
MQ136	Rectificador universal amc	2	3	5	2,582.60	4,777.81	8,187.20	6,387.50	9,318.89	15,706.39	8,970.10	14,096.70
MQ137	Rectificador de levas s.vulcan	2	1	3	2,582.60	1,291.30	3,873.90	5,157.00	2,578.50	7,735.50	7,739.60	3,869.80
MQ138	Rectificador universal amc	2	4	6	2,582.60	9,168.23	11,594.03	11,318.96	26,852.13	38,171.08	13,901.56	36,020.36
MQ167	Rectificador universal doimak	2	2	4	2,582.60	2,582.60	5,165.20	4,209.44	4,209.44	8,418.88	6,792.04	6,792.04
COSTOS TOTALES					38,739.00	57,721.11	96,460.11	110,000.30	144,323.49	254,323.79	148,739.30	202,044.60

Nota: H-H= Hora Hombre; H-MAQ= Hora Maquina

Solo se consideró los costos de los mantenimientos correctivos, puesto que en la empresa metalmeccánica los mantenimientos preventivos son realizados cada 6 meses a las máquinas rectificadoras. En la tabla 1 se encontró los criterios para el completado de la matriz de criticidad (Tabla 14). El estudio se centró en los equipos críticos de la tabla 14.

Tabla 14

Resultados de Análisis de Criticidad de las Rectificadoras

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LAS MÁQUINAS	FF	IO	FO	CM	ISAH	CONS	CT	RESULTADO
MQ029	RECTIFICADOR DE CIGÜEÑAL SCLEDUMC	1	8	4	1	2	35	35	No Crítico
MQ039	RECTIFICADOR UNIVERSAL DOIMAK	2	8	4	2	2	36	72	Semi Crítico
MQ042	RECTIFICADOR DE CIGÜEÑAL SCLEDUM	1	8	4	1	2	35	35	No Crítico
MQ043	RECTIFICADOR DE CIGÜEÑAL BERCO	1	8	4	1	2	35	35	No Crítico
MQ047	RECTIFICADOR DE CIGÜEÑAL BERCO	1	8	4	1	2	35	35	No Crítico
MQ130	RECTIFICADOR UNIVERSAL DOIMAK	4	8	4	2	2	36	144	Crítico
MQ131	RECTIFICADOR DE CIGÜEÑAL SCLEDUM	3	8	4	2	2	36	108	Crítico
MQ132	RECTIFICADOR UNIVERSAL AMC	3	8	4	2	2	36	108	Crítico
MQ133	RECTIFICADOR UNIVERSAL DOIMAK	1	8	4	1	2	35	35	No Crítico
MQ134	RECTIFICADOR DE CIGÜEÑAL BERCO	2	8	4	1	2	35	70	Semi Crítico
MQ135	RECTIFICADOR DE LEVAS S.VULCAN	4	8	4	2	2	36	144	Crítico
MQ136	RECTIFICADOR UNIVERSAL AMC	3	8	4	2	2	36	108	Crítico
MQ137	RECTIFICADOR DE LEVAS S.VULCAN	1	8	4	1	2	35	35	No Crítico
MQ138	RECTIFICADOR UNIVERSAL AMC	4	8	4	2	2	36	144	Crítico
MQ167	RECTIFICADOR UNIVERSAL DOIMAK	2	8	4	1	2	35	70	Semi Crítico

De las máquinas críticas de la tabla 14 se halló el MTBF, el MTTR y la disponibilidad operacional. Obteniendo que la disponibilidad operacional de las máquinas críticas del área de rectificado es de 89.63%, proponiendo como mejora elevarlo al 95%.

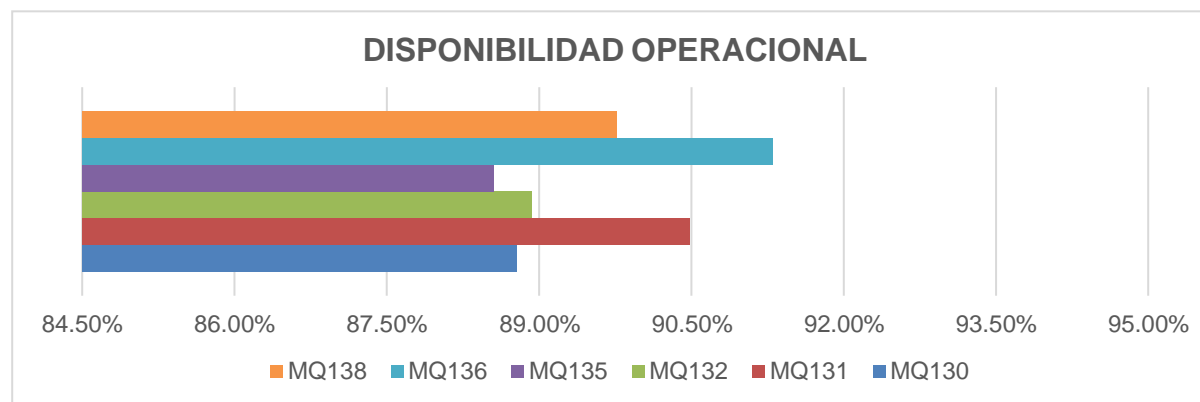
Tabla 15

Indicadores de la Disponibilidad de las Máquinas Críticas del Área de Rectificado

CÓDIGOS	DESCRIPCIÓN DE MÁQUINAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD OPERACIONAL
MQ130	RECTIFICADOR UNIVERSAL DOIMAK	217.38	27.46	88.78%
MQ131	RECTIFICADOR DE CIGUEÑAL SCLEDUM	261.94	27.56	90.48%
MQ132	RECTIFICADOR UNIVERSAL AMC	241.74	30.10	88.93%
MQ135	RECTIFICADOR DE LEVAS S.VULCAN	223.61	28.92	88.55%
MQ136	RECTIFICADOR UNIVERSAL AMC	266.03	25.36	91.30%
MQ138	RECTIFICADOR UNIVERSAL AMC	262.51	29.93	89.77%
PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL				89.63%

Figura 21

Disponibilidad Operacional de las Máquinas Críticas del Área de Rectificado de la Empresa Metalmeccánica.



Además, para medir el nivel de gestión de mantenimiento en el área de rectificado de la empresa metalmeccánica se utilizó la técnica Flash Audit y con el instrumento formato de encuesta estructurada del Flash, el desarrollo de los resultados se encuentra en el Anexo 10 al 21. Se presenta el resumen de los resultados en la Tabla 16.

Tabla 16

Resultados del Flash Audit

N	CONCEPTO	GERENTES		MANTENIMIENTO		PRODUCCIÓN		TOTAL	
		Real	por mejorar	Real	por mejorar	Real	por mejorar	% Real Total	por mejorar %
1	Relación entre Mantenimiento y Producción	69.12%	30.88%	72.55%	27.45%	56.37%	43.63%	66.01%	33.99%
2	Percepción de las jerarquías superiores de Mantenimiento	65.59%	34.41%	63.44%	36.56%	55.91%	44.09%	61.65%	38.35%
3	Percepción del Mantenimiento	77.56%	22.44%	75.64%	24.36%	66.03%	33.97%	73.08%	26.92%
4	Conocimiento de la Disponibilidad de equipos	73.48%	26.52%	78.79%	21.21%	65.91%	34.09%	72.73%	27.27%
5	Conocimiento de los Costos de mantenimiento	53.33%	46.67%	46.67%	53.33%	25.00%	75.00%	41.67%	58.33%
6	Métodos y preparación de trabajos de mantenimiento	61.62%	38.38%	64.39%	35.61%	37.12%	62.88%	54.38%	45.62%
7	Planeación de actividades y trabajos de mantenimiento	71.01%	28.99%	63.77%	36.23%	47.83%	52.17%	60.87%	39.13%
8	Manejo de inventarios	75.30%	24.70%	72.62%	27.38%	50.30%	49.70%	66.07%	33.93%
9	¿Qué es lo que cada quién hace en mantenimiento?	75.29%	24.71%	91.38%	8.62%	87.93%	12.07%	84.87%	15.13%
10	Recursos Humanos de Mantenimiento	66.67%	33.33%	72.06%	27.94%	60.78%	39.22%	66.50%	33.50%
11	Recursos Materiales de Mantenimiento	74.69%	25.31%	80.86%	19.14%	70.37%	29.63%	75.31%	24.69%
12	Entrenamiento	56.48%	43.52%	50.93%	49.07%	39.81%	60.19%	49.07%	50.93%
PROMEDIO								64.35%	35.65%

De la tabla 16 se pudo observar que el nivel actual de desarrollo de la gestión de mantenimiento fue del 64.35%. Además, en la figura 22 se elaboró el radar del mantenimiento del Flash Audit, corroborando la problemática existente en la gestión de mantenimiento en la empresa metalmeccánica, por ende, afectando el indicador de disponibilidad.

Figura 22

Radar del Mantenimiento del Flash Audit



3.2. Política de calidad para la gestión de mantenimiento

Parte inicial de la propuesta de mejora fue la utilización de la metodología de análisis de brechas en la gestión de mantenimiento que permitió identificar las diferencias que hay entre un sistema actual implementado y el desempeño esperado por la empresa. Acorde a lo mencionado, se midió el nivel actual de la gestión de mantenimiento en la empresa con la herramienta del Flash Audit, resultando 64.35% y el nivel de disponibilidad operacional con un 89.63%. Se analizaron los siguientes puntos del Flash Audit:

1. Relación entre Mantenimiento y Producción

Este ítem obtuvo una calificación de 66.01%, aunque estuvo encima del promedio, se evaluó las causas y se propuso una mejora, para así poder elevar ese porcentaje.

Las causas encontradas se detallaron en la tabla 14, considerando la ponderación de las respuestas de las encuestas (detallado en Anexo 10).

Tabla 17

Causas del Ítem Relación entre Mantenimiento y Producción del Flash Audit

	CAUSAS RAIZ	PONDERACIÓN
CR1	Los operarios no desempeñan papeles en mantenimiento	2.33
CR2	Poco conocimiento sobre ajustes elementales a máquinas	2.15
CR3	Baja importancia al área de mantenimiento	2.11
CR4	Tiempo perdido entre las demandas por parte de producción a mantenimiento	1.44

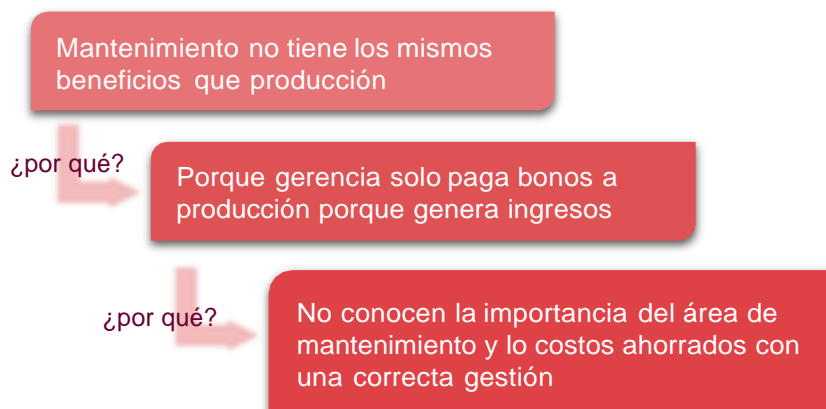
2. Percepción de las Jerarquías Superiores de Mantenimiento

El ítem obtuvo una calificación de 61.65%, por debajo del promedio, por ende, se evaluó las causas y se propuso una mejora, para así poder incrementar ese

porcentaje. Las causas encontradas se detallan en la figura 23 mediante la técnica de los por qué.

Figura 23

*Causas del Ítem Percepción de las Jerarquías Superiores de Mantenimiento del Flash
Audit Mediante la Técnica de los Por Que*

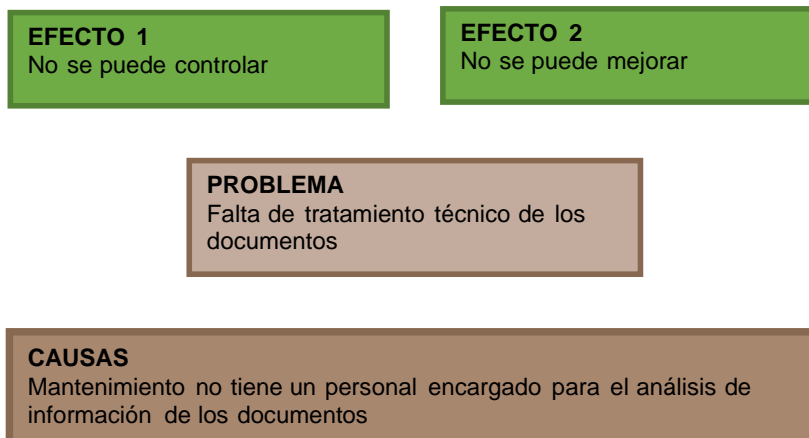


3. Percepción del Departamento de Mantenimiento por Mantenimiento

El ítem de la percepción del Departamento de Mantenimiento por Mantenimiento obtuvo una calificación de 73.08%, aunque estuvo por encima del promedio, se evaluó las causas y se propuso una mejora, para así poder aumentar ese porcentaje. Se realizó un árbol de problemas (Figura 24) en el cual se halló las causas y efectos del problema.

Figura 24

Árbol de Problemas del Ítem Percepción del Departamento de Mantenimiento por Mantenimiento del Flash Audit

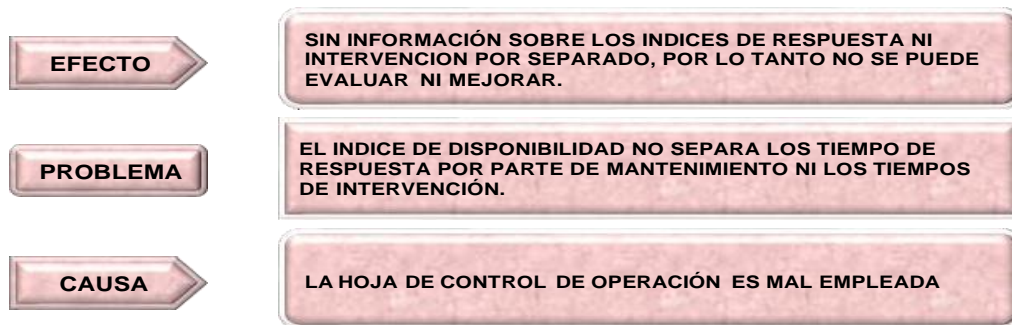


4. Conocimiento de la Disponibilidad de equipos

El Conocimiento de la Disponibilidad de equipos obtuvo una calificación de 72.73%, aunque estuvo encima del promedio se evaluó las causas (Figura 25) y se propuso una mejora, para así poder aumentar ese porcentaje.

Figura 25

Efecto, Problema y Causa del Ítem Conocimiento de la Disponibilidad de Equipos del Flash Audit

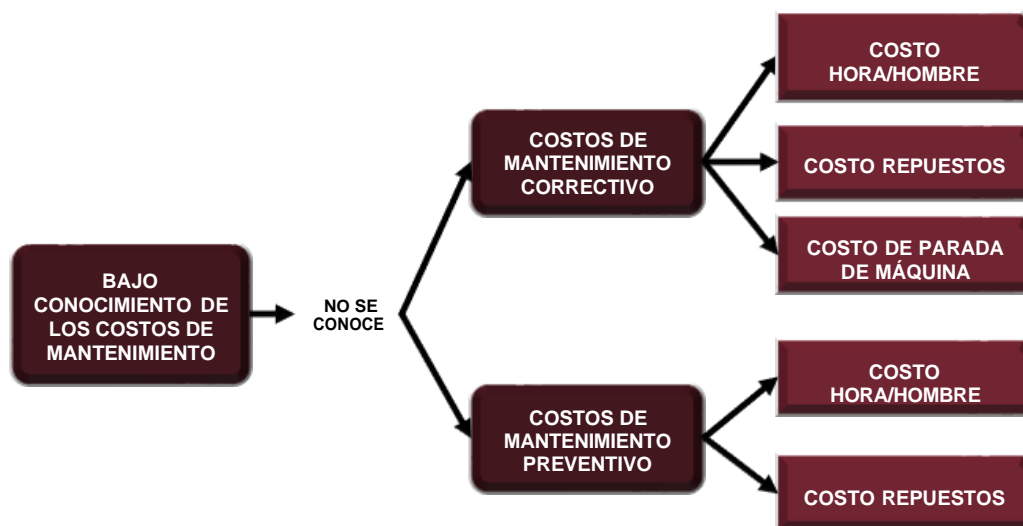


5. Conocimiento de los Costos de mantenimiento

El ítem de Conocimiento de los Costos de mantenimiento obtuvo una calificación de 41.67%, *siendo el ítem más bajo*. Se evaluó las causas (figura 26) y se presentó como causa principal el poco conocimiento que tuvieron los encuestados acerca de los costos de mantenimiento.

Figura 26

Causas del Ítem Conocimiento de los Costos de Mantenimiento del Flash Audit

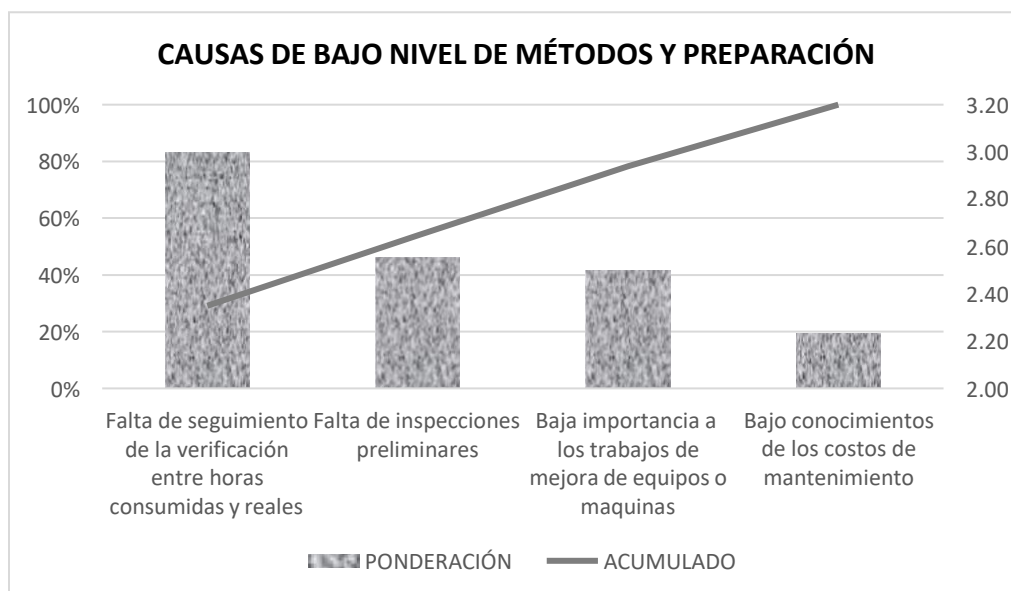


6. Métodos y preparación de trabajos de mantenimiento

El ítem de Métodos y preparación de trabajos de mantenimiento obtuvo una calificación de 54.38%, por debajo del promedio, por ende, se evaluó las causas y se propuso una mejora para así poder aumentar ese porcentaje.

Figura 27

Diagrama de Pareto de Causas del Ítem de Métodos y Preparación del Flash Audit



7. Planeación de actividades y trabajos de mantenimiento

El ítem de planeación de actividades y trabajos de mantenimiento obtuvo una calificación de 60.87%, por debajo del promedio (64.35%), debido a que no existe una forma definida por parte del área de producción de solicitar las intervenciones al área de mantenimiento, siendo telefónicamente o por correo, según actúe el supervisor de rectificado.

8. Manejo de inventarios

El ítem de manejo de inventarios obtuvo una calificación de 66.07%, aunque estuvo por encima del promedio, se evaluó las causas y se propuso una mejora con el fin de mantener o aumentar el nivel.

Figura 28

Causas y Propuesta del Ítem Manejo de Inventarios del Flash Audit



9. ¿Qué es lo que cada quién hace en mantenimiento?

El ítem ¿Qué es lo que cada quién hace en mantenimiento? obtuvo una calificación de 84.87%, siendo el ítem que mayor calificación ha tenido.

10. Recursos Humanos de Mantenimiento

El ítem Recursos Humanos de Mantenimiento obtuvo una calificación de 66.50%. Presentó como causa principal la falta de control de ausentismo del personal de mantenimiento.

11. Recursos Materiales de Mantenimiento

El ítem Recursos Materiales de Mantenimiento obtuvo una calificación de 75.31%. Como punto en contra se tuvo que no todas las áreas poseían muchas copias de la documentación y manuales.

12. Entrenamiento

El ítem de Entrenamiento obtuvo una calificación de 49.07%, por debajo del promedio, por ende, se evaluó las causas que conllevaron que presente este nivel.

Figura 29

Causas del Ítem Entrenamiento del Flash Audit



Por lo tanto, se estableció una política de calidad en la gestión de mantenimiento, que están alineados a la política de calidad de la empresa:

“El área de Mantenimiento tiene como compromiso gestionar el mantenimiento con excelencia, asegurando la disponibilidad y capacidad de los activos e impactando eficientemente en los procesos productivos de la empresa.”

Los niveles de gestión propuestos se fundamentan en la política de calidad establecida. De esta manera, se asegura los procesos y procedimientos de la gestión de mantenimiento que permiten identificar, medir, controlar y mejorar el sistema. Además de establecer el nivel de brechas, entre lo existente y lo deseado.

Tabla 18

Valores de Niveles para la Gestión de Mantenimiento

NIVELES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	
50%	SISTEMA POR MEJORAR
65%	ACEPTABLE PERO MEJORABLE
75%	BUEN SISTEMA
85%	SISTEMA MEJORADO
95%	SISTEMA EXCELENTE

Debido a que la gestión de mantenimiento estuvo dentro del nivel “sistema por mejorar”, y fue la primera vez que el Flash Audit se utilizó en la empresa metalmeccánica, el objetivo propuesto fue estar en un 75%, por lo tanto, hay una brecha de 10.65%. Además,

la disponibilidad operacional se encontró en el nivel “sistema mejorado” por lo tanto, como objetivo se propuso que este en un 95%, con una brecha de 5.37%.

En consecuencia, para incrementar el nivel de gestión de mantenimiento a 75% se recomendó lo siguiente:

- Para el ítem 1, se propuso como mejora la realización de un check list como política de seguridad al área de producción, diario antes y después de cada turno.
- Para el ítem 2, se presentó como mejora realizar una capacitación de concientización a los gerentes relacionados y al área de producción, mostrando resultados, gastos y ahorros, de esta manera, en un futuro se podrá reformular los formatos de pagos y bonos a los trabajadores porque conocerán la envergadura del área de mantenimiento.
- En el ítem 3, se propuso como mejora contratar a un personal que este encargado del análisis y tratamiento técnico de la información recolectada por los operarios de mantenimiento en la hoja de control de operación.
- En el ítem 4, como mejora se propuso realizar una capacitación al área de mantenimiento y producción sobre el uso correcto de la hoja de control de operación, ya que sólo se debe considerar el tiempo desde que van a ejecutar el trabajo hasta que lo entregan operativo y los tiempos de respuesta por mantenimiento se evalúan con otro instrumento.
- En el ítem 5, se propuso que se presente un análisis de índices de costos de mantenimiento en las reuniones mensuales para así hacer un seguimiento y tomar acciones preventivas o correctivas.
- Para el ítem 6, se presentó como mejora que se analice la contrastación y el seguimiento de las horas consumidas y las reales. Así mismo, sea presentado en las reuniones mensuales a gerencia y a producción para su conocimiento.

- En el ítem 7, se propuso como mejora establecer de manera formal la solicitud por parte de producción de las intervenciones a las máquinas en forma de correo, en el cual se dirijan al jefe de mantenimiento, con copia a la jefa de producción, los asistentes del área de producción correspondientes y el área de mantenimiento. De esta manera se podrá contrastar el tiempo de respuesta por parte del área de mantenimiento desde la solicitud hasta la ejecución del mantenimiento.
- En el ítem 8, como mejora se propuso desarrollar un control estadístico de tiempo y precios de repuestos por cada máquina de cada área para evaluar mensualmente y ver como fluctúa los datos, para un mayor control, realizado por el personal contratado previamente capacitado.
- En el ítem 9, se formuló como mejora realizar capacitaciones semestrales de conocimiento sobre quien está a cargo de cada actividad, de esta manera se refuerza y se alza el porcentaje de este punto.
- En el ítem 10, se planteó que el jefe de mantenimiento sea el encargado de llevar el control y realizar el seguimiento de la estadística del ausentismo del personal de mantenimiento, teniendo en cuenta que la información se tendrá que presentar en las reuniones mensuales para así evaluar y tomar las medidas correspondientes.
- En el ítem 11, se presentó como mejora que cada área pueda tener dos copias de los manuales o planos de las máquinas.
- En el ítem 12, se ideó como mejora identificar el personal que hace un año no ha recibido entrenamientos y programarlo, para que al año reciba como mínimo dos entrenamientos en base a las necesidades del área, ya que la empresa se encuentra inscrita en el padrón general de contribuyentes de SENATI y cuando termine el curso, realicen una presentación de lo aprendido.

Se propuso que la capacitación de concientización y conocimiento fueran semestrales durante el horario de trabajo, estando dirigidos a los gerentes, al área de mantenimiento, los operarios y supervisor del área de rectificado, presentándose los siguientes temas en la tabla 19

Al final cada sesión, tendrán que resolver un cuestionario sobre el tema tratado y la realización de una encuesta de satisfacción de capacitación laboral, los responsables para esta actividad serán el jefe de mantenimiento y el personal contratado, de esta manera, el personal capacitado podrá demostrar todo el conocimiento adquirido y como impacta en las funciones de su trabajo.

Tabla 19

Temario de las Capacitaciones

	TEMAS DE LAS CAPACITACIONES	DIRIGIDO A	TIEMPO
S1	INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO IMPORTANCIA DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO EN LAS EMPRESAS OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO IMPACTO DEL BENEFICIO DE MANTENIMIENTO		30 MIN
S2	DOCUMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO USO CORRECTO DE FORMATO DE FALLA USO CORRECTO DE HOJA DE CONTROL DE OPERACIÓN	GERENCIA, MANTENIMIENTO, PRODUCCIÓN	30 MIN
S3	MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN IMPORTANCIA DE TRABAJAR EN EQUIPO LUBRICACIONES Y AJUSTES DE MÁQUINA RESPONSABILIDADES EN EL PROCESO		30 MIN

3.3. Diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM

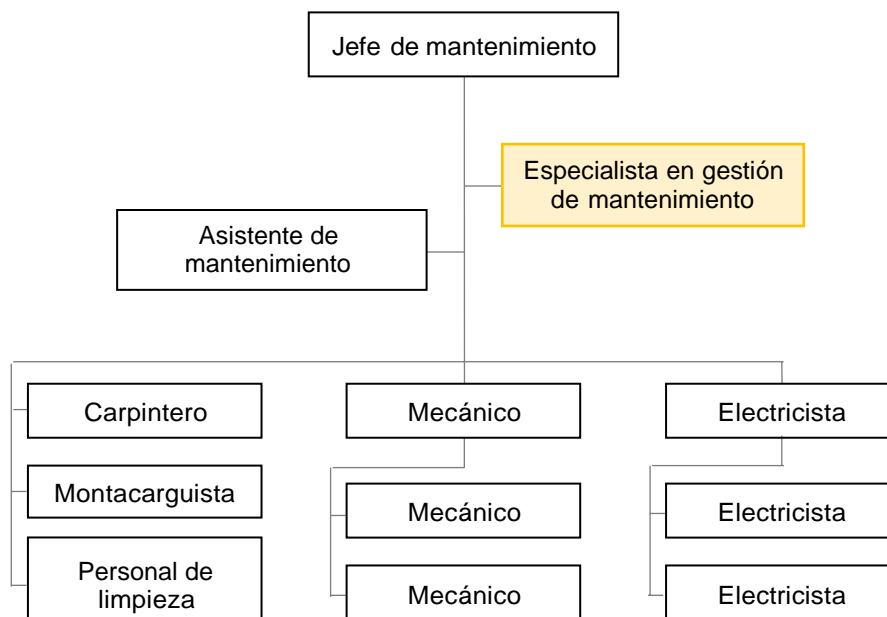
El desarrollo del plan de mejora de la gestión se basó en el modelo del RCM, el cual contempló las siguientes etapas.

I. Reorganización del área de Mantenimiento

Se propuso el siguiente organigrama del área de mantenimiento de la empresa metalmecánica para asesorar y analizar las operaciones de la gestión de mantenimiento (Figura 30).

Figura 30

Organigrama Propuesto del Área de Mantenimiento de la Empresa Metalmecánica



En el cual se planteó la contratación de un ingeniero especialista en gestión de mantenimiento, quien estará a cargo de la implementación del RCM, del levantamiento y análisis de la información de los reportes, que genere la data de fichas técnicas, que recolecte los reportes de avería, que arme y desarrolle manuales y guías de los

procedimientos de mantenimiento de cada equipo, el llenado de las fichas del AMEF y la validación de la información llenada por los operarios de mantenimiento de la hoja de control de operación. Así mismo, estará encargado de las capacitaciones iniciales al personal relacionado, y las capacitaciones semestrales de concientización propuestas sobre la gestión de mantenimiento. (Anexo 22)

Así mismo, se propone la realización de capacitación inicial del RCM, al personal relacionado de la implementación del plan de mejora para que posean el conocimiento necesario para desarrollar el programa como gerencia, supervisores y operarios de mantenimiento y producción. De igual manera, se propone la ejecución de las capacitaciones de concientización mencionada líneas anteriores, estas alineadas a los doce temas de la metodología del Flash Audit, y la implementación de entrenamientos semestrales al personal de mantenimiento en instituto SENATI. El responsable directo de la gestión será el jefe de mantenimiento.

II. Identificación de fallas y elaboración de procedimientos de mantenimiento en base a los activos críticos

En esta etapa se planteó identificar las fallas de los equipos críticos, será realizado mediante el análisis de criticidad y los reportes de fallas, alineados a los doce ítems del flash Audit. Una vez identificado se elabora guías de los procedimientos de mantenimiento de cada equipo para los operarios del área de mantenimiento.

- Para el ítem de métodos y preparación de trabajos de mantenimiento, se planteó el formato del AMEF (figura 32), en el que se analiza los modos y efectos de las fallas por componente. Puede ser desarrollado en el programa Excel, llenado con los criterios de la tabla 2. Al evaluar la información recopilada de esta herramienta se podrá establecer y manejar el stock de seguridad de los repuestos, a causa de que se conocen los componentes críticos. En la figura 31, se detalla el proceso para la implementación de AMEF.

Figura 31

Proceso para la Implementación del AMEF

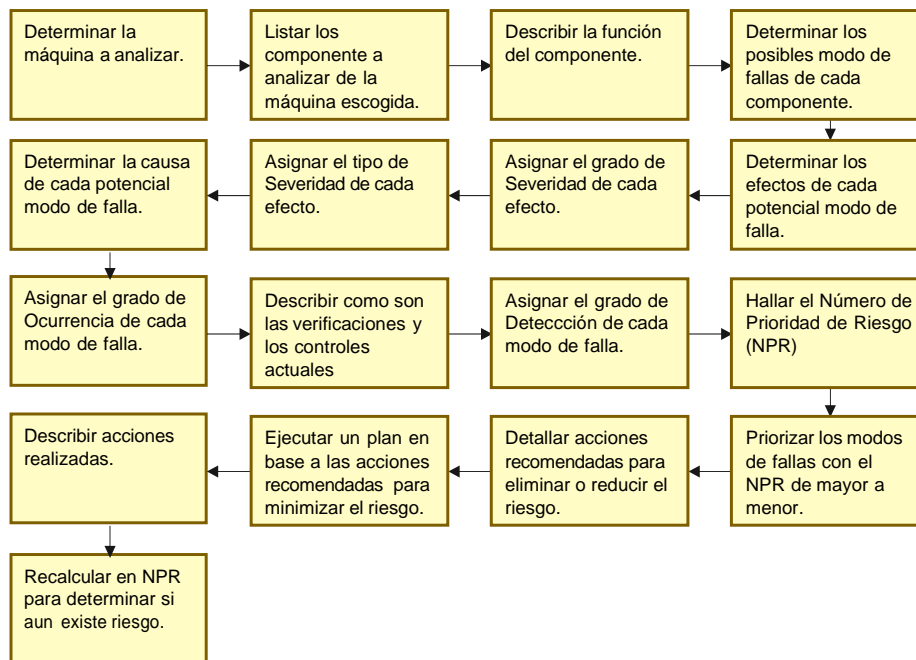


Figura 32

Formato Propuesto de Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)

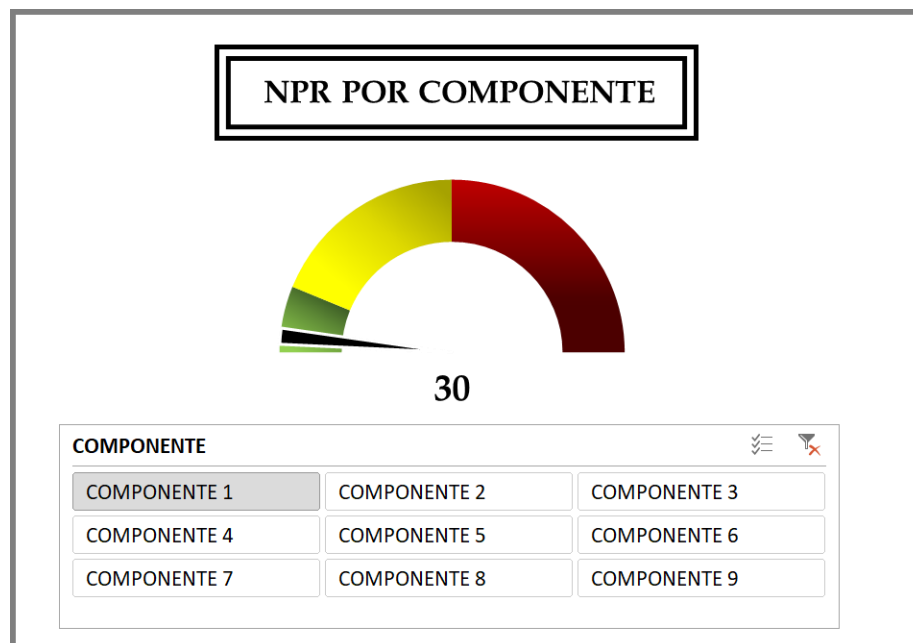
ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA (A.M.E.F)																		
Empresa					Máquina					Preparado								
Área					Código					Revisado								
Fecha										Aprobado								
Componente	Descripción de la función	Modo de la falla potencial	Efecto potencial	Severidad	Tipo	Causa potencial	Ocurrencia	Verificación y control actual	Detección n	NPR	Acciones recomendadas	Persona responsable y fecha	Resultado de las acciones:					
													Acciones Realizadas	Gravedad	ocurrencia	Detección n	NPR	
										0								0
										0								0
										0								0
										0								0
										0								0
										0								0
										0								0
										0								0

Tipo: C: Crítica : 1 ; CS: Significativa : 2; CI: Importante : 3 N.P.R. = S x O x D

- Para el ítem de conocimiento de la disponibilidad de equipos, se presentó el reporte del sistema del Dashboard, mediante el cual se permitirá saber que componentes son críticos y estratégicos para producción. En el que presenta un gráfico y una flecha en la zona en la que se encuentre el número de prioridad del riesgo (NPR) con respecto a cada componente. El Dashboard será procesado en base a la información recopilada del formato de análisis de modo y efecto de falla de cada componente de la figura 32.

Figura 33

Dashboard Propuesto de Información Recopilada del Formato AMEF



- Para el ítem de conocimiento de los costos de mantenimiento se planteó un reporte de costos del área de mantenimiento para así medir mediante los indicadores de costos los correctivos y preventivos. De esta manera, se podrá evaluar mensualmente los índices con el fin de tomar acciones correspondientes según sea el caso.

Figura 34

Reporte Propuesto de Costos del Área de Mantenimiento

REPORTE DE COSTOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO				LOGO	
AÑO			MES		
MANTENIMIENTO CORRECTIVO			MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
COSTOS DE MO	S/	-	COSTOS DE MO	S/	-
COSTOS DE REPUESTOS	S/	-	COSTOS DE REPUESTOS	S/	-
COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	S/	-	COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	S/	-
TOTAL COSTOS DE MANTENIMIENTO			S/0.00		
ÍNDICE DE COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	0.00%		ÍNDICE DE COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	0.00%	

- Para el ítem de planeación de actividades y trabajos de mantenimiento se formuló utilizar el reporte de falla, mediante los indicadores se podrá conocer el porcentaje de mantenimiento correctivo y preventivo. Esta información es recopilada mediante el instrumento Hoja de control de operación y los correos por parte de producción en el que solicitan las intervenciones por parte de mantenimiento.

Figura 35

Reporte de Falla Propuesto

REPORTE DE FALLA		LOGO	
AÑO		ÁREA	
MES			
MANTENIMIENTO CORRECTIVO		MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
TIEMPO DE RESPUESTA DE MTTO.		TIEMPO DE INTERVENCIÓN	
TIEMPO DE REPARACIÓN			
# DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVO		# DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVO	
PROMEDIO DE HORAS EN MANTENIMIENTO CORRECTIVO		PROMEDIO DE HORAS EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
ÍNDICE DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	0%	ÍNDICE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	0%

- Para los ítems de relación entre mantenimiento y producción, percepción de las jerarquías superiores de mantenimiento, Percepción del mantenimiento y ¿Qué es lo que cada quién hace en mantenimiento? se propuso el desarrollo del reporte de capacitaciones el cual medirá el índice de personal capacitado anualmente y el índice de aprendizaje de la capacitación, toda esta información es recolectada mediante los formatos de asistencias y los resultados de las pruebas finales luego de cada capacitación.

Figura 37

Reporte Propuesto de Capacitaciones

REPORTE DE CAPACITACIONES		LOGO	
AÑO		ÁREA	
PERSONAL CAPACITADO		PUNTUACIÓN TOTAL DE EVALUACIÓN	
PERSONAL TOTAL		PERSONAL CAPACITADO	
		PUNTUACIÓN PROMEDIO	
ÍNDICE DE PERSONAL CAPACITADO	0.0%	ÍNDICE DE APRENDIZAJE DE LA CAPACITACIÓN	0.0%

- Para el ítem de recursos humanos de mantenimiento y entrenamiento se planteó la utilización de reportes de entrenamientos, en el cual se trabajará con la información de las fichas de inscripción por parte de los trabajadores para conocer el personal inscrito y con los certificados que emita SENATI por curso finalizado y las notas obtenidas del examen por cada trabajador al culminar el curso. De esta manera, se conocerá el índice de personal entrenado y el índice de aprendizaje del entrenamiento.

Figura 38

Reporte Propuesto de Entrenamiento

REPORTE DE ENTRENAMIENTOS		LOGO	
AÑO		ÁREA	
PERSONAL ENTRENADO		PUNTUACIÓN TOTAL DE EXÁMEN	
PERSONAL TOTAL		PERSONAL ENTRENADO	
		PUNTUACIÓN PROMEDIO	
ÍNDICE DE PERSONAL ENTRENADO	0.0%	ÍNDICE DE APRENDIZAJE DEL ENTRENAMIENTO	0.0%

III. Evaluación del reporte de indicadores confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los activos críticos.

Se realizó la construcción de los indicadores del RCM, que son la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, información que fue recolectada en base a los tiempos de falla y tiempos de funcionamiento los cuales permitieron desarrollar el reporte de indicadores para una gestión estratégica.

Figura 39

Reporte de Indicadores de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad de Activos Críticos

INDICADORES DE CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y DISPONIBILIDAD DE MÁQUINAS CRÍTICAS				
CONFIABILIDAD	MTBF	$\frac{\text{Hr. Calendario} - \text{Hr. Mantenimiento}}{\text{numero de fallas}}$	1837.58	306 HRS
			6.00	
MANTENIBILIDAD	MTTR	$\frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{numero de fallas}}$	187.00	31 HRS
			6.00	
DISPONIBILIDAD	$\frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$		306.26	90.76%
			337.43	

IV. Control y supervisión constante del esquema general del plan de mejora

La última etapa del plan de mejora de la gestión de mantenimiento se estableció los puntos de control de la implementación del RCM en cada fase, el seguimiento y la supervisión, permitiendo evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos marcados, mediante el desarrollo de un diagrama de Gantt, líneas abajo se propone un diagrama de Gantt. Así mismo, se logrará desarrollar nuevas mejoras y formular nuevas estrategias con el fin de obtener más beneficios del plan. Estas evaluaciones pueden hacerse trimestrales una vez se haya implementado, siendo el encargado el especialista en gestión de mantenimiento.

3.4. Estudio de factibilidad del diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM

Ya habiendo propuesto el diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento de tal manera que incremente en la disponibilidad de las rectificadoras, se procedió a hacer el análisis costo beneficio del diseño.

COSTOS POR CADA ETAPA

Tabla 20

Costos del Plan de Mejora de la Gestión de Mantenimiento Basado en el Modelo RCM

ETAPA	RESPONSABLE	COSTOS	
Reorganización del área de Mantenimiento.	Jefe de Mantenimiento / Especialista de Gestión de Mantenimiento	Costo de contratación de 01 especialista de gestión de mantenimiento+ gastos de contratación	S/ 11,483.19
		S/ 5,400.00	
		Costo de h-h de no producción por capacitaciones iniciales de RCM	
		S/ 4,094.00	
		Costo de h-h de no producción por capacitaciones de concientización de la gestión de mantenimiento	
		S/ 1,683.19	
		Costo de h-h de no producción por entrenamientos	
S/ 306.00			
Identificación de Fallas y elaboración de procedimientos de mantenimiento en base a los activos críticos.	Jefe de Mantenimiento / Especialista de Gestión de Mantenimiento	S/ -	S/ -

ETAPA	RESPONSABLE	COSTOS			
Evaluación del reporte de indicadores confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los activos críticos.	Jefe de Mantenimiento / Especialista de Gestión de Mantenimiento	S/	-	S/	-
Control y evaluación constante del esquema general del plan de mejora.	Jefe de Mantenimiento / Especialista de Gestión de Mantenimiento	S/	-	S/	-
TOTAL		S/ 11,483.19			

Con respecto a la propuesta de la primera etapa, sobre la contratación de un especialista en gestión de mantenimiento se estimó un monto inicial de S/ 2,400.00 por concepto de equipo de trabajo con un sueldo mensual de S/ 3,000.00. Por otro lado, las capacitaciones iniciales para la implementación del RCM, se consideró por el costo de hora hombre de no producción e insumos de S/ 4,094.00, duración de 02 horas a la semana durante 02 semanas. En cuanto a las capacitaciones de concientización sobre la gestión de mantenimiento se consideró un periodo de 3 semanas de media hora cada sesión semanal, entre el costo de hora hombre de no producción e insumos se estuvo considerando un costo de S/ 1,683.19 semestral. Por último, para los entrenamientos semestrales, no se consideró el costo del curso debido a que la empresa metalmecánica se encuentra inscrita en el padrón general de contribuyentes de SENATI, por consecuente, SENATI brinda cursos gratis, por ello, solo se consideró 1 hora por semana que el operario de mantenimiento saldría temprano para llegar a tiempo durante 4 semanas que se da el curso, considerándose un monto de costo de hora hombre de no producción de S/ 306.00 semestral, si en el caso, los entrenamientos sean virtuales, no se incurriría en ese monto.

AHORRO

Se tiene los siguientes costos por no disponibilidad, teniendo como referencia para el cálculo el rectificador de 01 vástago de un cilindro Boom Hitachi EX5500, dado que es el producto con más aceptación en la empresa metalmecánica procedentes de la empresa Minera Yanacocha SRL.

$$\text{Costo por no disponibilidad} = \text{Lucro Cesante} + \text{costo hora hombre de no producción} \\ + \text{costo hora máquina de no producción}$$

❖ LUCRO CESANTE

Antes de la propuesta: Por el rectificador de cada vástago se toma un tiempo de 12 horas.

Capacidad de rectificador de vástago por horas: 0.083 unid/hr

Precio de venta: S/ 2,488.00/unid

Horas de parada al año: 654 hrs/año

Lucro Cesante = Capacidad por hora x Precio de venta x Horas de parada al año

$$\text{Lucro Cesante} = 0.083 \frac{\text{unid}}{\text{hr}} \times 2,488.05 \frac{\text{soles}}{\text{unid}} \times 654 \frac{\text{hr}}{\text{año}}$$

Lucro Cesante = S/ 135,598.73 /año

Después de la propuesta: Se considera una reducción del 25% en las horas de parada al año, ya que según lo enunciado por Mora (2009) la aplicación del RCM reduce las horas de paradas al menos en un 25%.

Capacidad de rectificador de vástago por horas: 0.083 unid/hr

Precio de venta: S/ 2,488.00/unid

Horas de parada al año: 491 hrs/año

Lucro Cesante = Capacidad por hora x Precio de venta x Horas de parada al año

$$\text{Lucro Cesante} = 0.083 \frac{\text{unid}}{\text{hr}} \times 2,488.05 \frac{\text{soles}}{\text{unid}} \times 491 \frac{\text{hr}}{\text{año}}$$

$$\text{Lucro Cesante} = S/ 101,802.71 /\text{año}$$

En resumen, con la propuesta se obtiene un ahorro mensual como lucro cesante de S/ 2,816.33 o S/ 33,796.01 anual.

Tabla 21

Resumen de Lucro Cesante

LUCRO CESANTE	IMPACTO ECONÓMICO		
		MENSUAL	ANUAL
COSTO ANTES DE LA PROPUESTA	89.63%	S/11,299.89	S/135,598.73
COSTO DESPUÉS DE LA PROPUESTA	95.00%	S/8,483.56	S/101,802.71
AHORRO		S/2,816.33	S/33,796.01

❖ **COSTO HORA HOMBRE DE NO PRODUCCIÓN**

Antes de la propuesta:

Tabla 22

Costo Hora Hombre de No Producción Antes de la Propuesta

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	HORAS DE PARADA AL AÑO	PV H-H	COSTO H-H
MQ130	Rectificador Universal Doimak	121	S/64.57	S/7,812.37
MQ131	Rectificador De Cigüeñal Scledum	91	S/64.57	S/5,875.42
MQ132	Rectificador De Cigüeñal Amc	99.5	S/64.57	S/6,424.22
MQ135	Rectificador De Levas S.Vulcan	126.5	S/64.57	S/8,167.47
MQ136	Rectificador Universal Amc	74	S/64.57	S/4,777.81
MQ138	Rectificador Universal Amc	142	S/64.57	S/9,168.23
TOTAL		654		S/42,225.51

Después de la propuesta: De igual manera, se considera una reducción del 25% en las horas de parada al año

Tabla 23

Costo Hora Hombre de No Producción Después de la Propuesta

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	HRS DE PARADA AL AÑO	PV H-H	COSTO H-H
MQ130	Rectificador Universal Doimak	91	S/64.57	S/5,875.42
MQ131	Rectificador De Cigüeñal Scledum	68	S/64.57	S/4,390.42
MQ132	Rectificador De Cigüeñal Amc	75	S/64.57	S/4,842.38
MQ135	Rectificador De Levas S.Vulcan	95	S/64.57	S/6,133.68
MQ136	Rectificador Universal Amc	55	S/64.57	S/3,551.08
MQ138	Rectificador Universal Amc	107	S/64.57	S/6,908.46
TOTAL		491		S/31,701.42

En resumen, con la propuesta se obtiene un ahorro mensual como costo hora hombre de no producción de S/ 877.01 o S/ 10,524.10 anual.

Tabla 24

Resumen de Costo Hora Hombre de No Producción

COSTO HORA HOMBRE DE NO PRODUCCIÓN		IMPACTO ECONÓMICO	
		MENSUAL	ANUAL
COSTO ANTES DE LA PROPUESTA	89.63%	S/3,518.79	S/42,225.51
COSTO DESPUÉS DE LA PROPUESTA	95.00%	S/2,641.78	S/31,701.42
AHORRO		S/877.01	S/10,524.10

❖ **COSTO HORA MÁQUINA DE NO PRODUCCIÓN**

Antes de la propuesta:

Tabla 25

Costo Hora Máquina de No Producción Antes de la Propuesta

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	HRS DE PARADA AL AÑO	PV H-MAQ	COSTO H-MAQ
MQ130	Rectificador Universal Doimak	121	S/138.93	S/16,810.95
MQ131	Rectificador De Cigüeñal Scledum	91	S/151.51	S/13,787.55
MQ132	Rectificador De Cigüeñal Amc	99.5	S/211.81	S/21,074.95
MQ135	Rectificador De Levas S.Vulcan	126.5	S/156.54	S/19,802.75
MQ136	Rectificador Universal Amc	74	S/125.93	S/9,318.89
MQ138	Rectificador Universal Amc	142	S/189.10	S/26,852.13
TOTAL		654		S/107,647.22

Después de la propuesta: Se considera una reducción del 25% en las horas de parada al año.

Tabla 26

Costo Hora Máquina de No Producción Después de la Propuesta

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	HRS DE PARADA AL AÑO	PV H-MAQ	COSTO H-MAQ
MQ130	Rectificador Universal Doimak	91	S/138.93	S/12,642.95
MQ131	Rectificador De Cigüeñal Scledum	68	S/151.51	S/10,302.78
MQ132	Rectificador De Cigüeñal Amc	75	S/211.81	S/15,885.64
MQ135	Rectificador De Levas S.Vulcan	95	S/156.54	S/14,871.63
MQ136	Rectificador Universal Amc	55	S/125.93	S/6,926.21
MQ138	Rectificador Universal Amc	107	S/189.10	S/20,233.65
TOTAL		491		S/80,862.85

En suma, con la propuesta se obtiene un ahorro mensual como costo hora máquina de no producción de S/ 2,232.03 o S/ 26,784.37 anual.

Tabla 27

Resumen de Costo Hora Máquina de No Producción

COSTO HORA MAQUINA DE NO PRODUCCIÓN		IMPACTO ECONÓMICO	
		MENSUAL	ANUAL
COSTO ANTES DE LA PROPUESTA	89.63%	S/8,970.60	S/107,647.22
COSTO DESPUÉS DE LA PROPUESTA	95.00%	S/6,738.57	S/80,862.85
AHORRO		S/2,232.03	S/26,784.37

En resumen, se tiene los siguientes ahorros mensuales y anuales del lucro cesante, hora hombre y hora máquina:

Tabla 28

Resumen de Ahorros del Proyecto

COSTOS	COSTO ANTES DE LA PROPUESTA	COSTO DESPUÉS DE LA PROPUESTA	AHORRO MENSUAL	AHORRO ANUAL
LUCRO CESANTE	S/11,299.89	S/8,483.56	S/2,816.33	S/33,796.01
HORA HOMBRE DE NO PRODUCCIÓN	S/3,518.79	S/2,641.78	S/877.01	S/10,524.10
HORA MÁQUINA DE NO PRODUCCIÓN	S/8,970.60	S/6,738.57	S/2,232.03	S/26,784.37
TOTAL	S/23,789.29	S/17,863.91	S/5,925.37	S/71,104.48

En base a la información indicada se procedió a calcular la viabilidad del trabajo mediante los parámetros del VAN, TIR y el B/C durante el periodo de 1 año.

Tabla 29

Flujo de Caja

15%	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
AHORRO		S/5,925.37	S/5,925.37	S/5,925.37	S/5,925.37	S/5,925.37	S/5,925.37	S/5,925.37	S/5,925.37	S/5,925.37	S/5,925.37	S/5,925.37
LUCRO CESANTE		S/2,816.33	S/2,816.33	S/2,816.33	S/2,816.33	S/2,816.33	S/2,816.33	S/2,816.33	S/2,816.33	S/2,816.33	S/2,816.33	S/2,816.33
H-H NO PROD		S/877.01	S/877.01	S/877.01	S/877.01	S/877.01	S/877.01	S/877.01	S/877.01	S/877.01	S/877.01	S/877.01
H-MAQ NO PROD		S/2,232.03	S/2,232.03	S/2,232.03	S/2,232.03	S/2,232.03	S/2,232.03	S/2,232.03	S/2,232.03	S/2,232.03	S/2,232.03	S/2,232.03
EGRESOS	S/11,483.19	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/4,989.19	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00
SUELDO DE PERSONAL		S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00
CAPACITACIONES							S/1,683.19					
ENTRENAMIENTOS							S/306.00					
INVERSIÓN	S/11,483.19											
FLUJO	-S/11,483.19	S/2,925.37	S/2,925.37	S/2,925.37	S/2,925.37	S/2,925.37	S/936.18	S/2,925.37	S/2,925.37	S/2,925.37	S/2,925.37	S/2,925.37

Con los datos del análisis anterior de la tabla 29, se calculó el VAN, el TIR y el B/C:

Tabla 30

Interpretación de los Resultados del Flujo de Caja

DESCRIPCIÓN	VALOR	INTERPRETACIÓN	
VAN	S/16,266.71	POSITIVO	VIABLE
TIR	21.26%	POSITIVO	RENTABLE
B/C	1.11	CONSIDERADO DADO QUE POR CADA SOL INVERTIDO SE OBTIENE UN BENEFICIO DE S/ 1.11	

Por consiguiente, el proyecto propuesto fue viable y rentable en base a los resultados obtenido del flujo de caja.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En base al sistema Kantiano, la información recopilada mediante la hoja de control de operación, las máquinas, herramientas, los trabajadores y las capacitaciones representaron el nivel instrumental, las posibles acciones correctivas y proactivas representaron el nivel operacional, el nivel táctico fue representado por el RCM y el nivel estratégico representado por los indicadores que miden el grado de desarrollo de los niveles anteriores, como la disponibilidad y los costos de mantenimiento para ser comparados con otras empresas, corroboran que la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM impacta en la disponibilidad operacional de las máquinas del área de rectificado de la empresa, por ende la principal causa fue la limitada gestión de mantenimiento dado que la empresa no evaluaba completamente cada factor relacionado a este, contrario a la presente propuesta que se utilizó el sistema del Flash Audit. Por estos motivos, la solución propuesta más adecuada fue el diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento. Partiendo de los resultados cuantitativos de la auditoria que se realizó, se logró establecer mejoras para cada problema descrito. Así mismo, se identificaron factores limitantes para el desarrollo como la falta de accesibilidad y la falta de orden a los formatos de mantenimiento, debido a que, al inicio hubo cierto recelo por parte del área de mantenimiento para brindar la información pese a poseer la autorización por parte del representante legal y al solicitar los formatos históricos de mantenimiento se tenía todo en formato impreso.

De acuerdo a lo correspondiente del primer objetivo, se evaluó la gestión de mantenimiento mediante el sistema del Flash Audit por primera vez en la empresa y se identificaron problemas que radican en la baja percepción de las jerarquías superiores de mantenimiento dado que los gerentes no conocen el impacto que conlleva tener un área de mantenimiento y los trabajos que de ellos dependen, la carencia de los conocimientos de los costos de mantenimiento por parte de las áreas relacionadas a causa de que no hay involucramiento de producción con mantenimiento, en los métodos y preparación de trabajos de mantenimiento que implica la falta de verificación constante

entre horas consumidas y planeadas, en la planeación de actividades y trabajos de mantenimiento visto que no hay una forma definida de solicitar las intervenciones por parte de producción y el entrenamiento que involucró la falta de entrenamiento que reciben los operarios de mantenimiento. Conllevando a que el nivel de gestión de mantenimiento haya estado en un 64.35% con una disponibilidad operacional del 89.63%. Esto coincide con lo mencionado por Botero (2010) que al utilizar el Flash Audit obtiene un nivel de desarrollo de la gestión de mantenimiento de 58.98%, que mediante propuesta de mejoras incrementa a 84.98%.

Acorde al segundo objetivo, parte de la propuesta de mejora se estableció una política de calidad de los niveles de gestión de mantenimiento de modo que al conocer el nivel actual se determinó como objetivos que para el nivel de gestión de mantenimiento sea de 75% y para la disponibilidad operacional, 95%. Por ende, existe una brecha de 10.65% y 5.37% respectivamente. De esta forma coincide con lo mencionado por Santa-Cruz (2019) en su investigación, ya que obtiene una brecha de 26% en la disponibilidad, que lo levanta mediante la implementación del RCM en una municipalidad.

Con respecto al tercer objetivo, para reducir la brecha existente, se diseñó un plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo RCM para incrementar la disponibilidad operacional, alineado a los doce puntos del Flash Audit. Mediante el cual se propuso capacitaciones de concientización semestrales a gerencias, área de producción y de mantenimiento con el fin de que el personal este apto para trabajar en conjunto con todos los conocimientos generales de la gestión de mantenimiento, además de entrenamientos semestrales para los operarios de mantenimiento mejorando su desempeño laboral. Así mismo, se propuso la contratación de un especialista en gestión de mantenimiento encargado de la implementación y seguimiento del plan, el levantamiento de la información de los reportes y la elaboración de manuales y guías de los procedimientos de mantenimiento de cada equipo. De esta forma coincide esta propuesta con lo señalado por Montes (2013) debido a que utiliza la táctica del RCM para diseñar un plan de mantenimiento mediante el uso de herramientas avanzadas como las matrices de criticidad, el formato del Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) mediante el número de prioridad de riesgo

(NPR) para determinar los sistemas críticos además de capacitaciones al personal. Así mismo, Cáceres (2016) aplica el RCM como metodología de mejora en la disponibilidad, mediante la utilización del AMEF que es una herramienta que permite analizar la criticidad de los equipos, logrando un aumento de 1.35% en la disponibilidad.

Finalmente, para el cuarto objetivo que es la realización del estudio de factibilidad del diseño del plan de mejora de la gestión de mantenimiento en la empresa metalmecánica, se obtuvo un VAN de S/16,266.71, una TIR de 21.26%, un B/C de 1.11 y reducción en los costos de 24.91%. En concordancia con la investigación de Calderon (2020) que propone como objetivo el determinar el impacto de la implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad y logra reducir sus costos en 42% aumentando la disponibilidad promedio en 0.77%. Del mismo modo, Prado (2018) logra mediante la aplicación del RCM en una empresa papelera reducir sus costos en un 56.72% con un incremento en la disponibilidad de 4.62%.

4.2. Conclusiones

- 4.2.1. Para la presente investigación se concluye que el diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del Callao. El diseño del plan se desarrolla con bases teóricas, antecedentes de investigaciones y con herramientas de mejora.
- 4.2.2. Se desarrolla el diagnóstico situacional de la gestión de mantenimiento, mediante el diagrama de causa y efecto y de Pareto, que identifica las causas relevantes que genera la baja disponibilidad en las máquinas del área de rectificado, que es la limitada gestión de mantenimiento. Así mismo, se utiliza la metodología del análisis de criticidad para la toma de decisiones de las máquinas más críticas a considerar en la presente investigación y se determina el nivel de disponibilidad operacional mediante la base de datos de la hoja de

control de operación y el nivel de gestión de mantenimiento por medio de la metodología del Flash Audit.

- 4.2.3. Se elabora una política de calidad para la gestión de mantenimiento estableciendo los niveles de gestión para medir el desarrollo y tener referencia de los niveles de brechas.
- 4.2.4. Se diseña un plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM para incrementar la disponibilidad de las máquinas en el área de rectificado en una empresa metalmecánica. Mediante las etapas del diseño, desde la organización del área de mantenimiento, en el cual se propone la contratación de un especialista de la gestión de mantenimiento, que se encargará de todas las capacitaciones al personal relacionado a la implementación. Así mismo, de las propuestas de entrenamientos semestrales, el uso de reportes, formato de análisis de modo y efecto de fallas con el fin de conocer los equipos críticos para establecer stock de seguridad y el uso de indicadores para control.
- 4.2.5. Se realiza un estudio de factibilidad del diseño de plan de mejora de la gestión de mantenimiento basado en el modelo del RCM de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica la cual, por medio del análisis del flujo de caja, del VAN, el TIR y el B/C, se concluye que es factible y viable con un impacto económico de S/ 5,925.37 mensuales.

4.3. Recomendaciones

- 4.1.1. Se recomienda la implementación del plan de mejora propuesto de la gestión de mantenimiento en base al RCM dado que poseen fundamento teórico y respaldo por antecedentes similares que han realizado la implementación con excelentes resultados.

- 4.1.2. Se recomienda realizar evaluaciones periódicas para actualizar los datos del diagnóstico situacional como los niveles de gestión de mantenimiento y la disponibilidad operacional, de esta manera se garantiza próximas mejoras continuas, documentando los cambios que puedan generarse, para un mejor control.
- 4.1.3. Se recomienda trabajar firmemente con la política de calidad de la gestión de mantenimiento, como objetivos del área, siendo el caso que se supere el nivel deseado, establecer el nivel siguiente según corresponda en el menor plazo posible, por consiguiente, seguimos asegurando el nivel de gestión de mantenimiento.
- 4.1.4. Se recomienda completar adecuadamente el formato propuesto de análisis de modo y efecto de falla, ya que provee una gran fuente de información útil. Además, analizar los indicadores para asegurar el stock de seguridad y se considere en el presupuesto de mantenimiento anual. Así mismo, se considere la implementación de un software de gestión de mantenimiento.
- 4.1.5. Se recomienda realizar el estudio de factibilidad del diseño del plan de mejora a un año de implementado, para que así, se reafirme el impacto económico que conlleva la mejora y sea de conocimientos para los dueños de la empresa metalmeccánica, los beneficios, no solo en variables económicas si no también en disponibilidad de maquinaria.

REFERENCIAS

- Almeida, S. (2014). *Estudio de la gestión de mantenimiento y su incidencia en la disponibilidad de los equipos y maquinaria en la empresa Santex del cantón Pelileo* [tesis para obtener el título profesional no publicada]. Universidad tecnológica Indoamérica.
- Amable, J. (2017). *Influencia del mantenimiento preventivo en la disponibilidad del cargador frontal Caterpillar 966-c de la municipalidad de Huancayo* [tesis para obtener el título profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional - Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Bazovsky, I. (2004). *Reliability Theory and Practice*. Dover Publications Incorporated.
- Botero, C. (2010). *Plan de mejoras de mantenimiento para una empresa del sector de materiales compuestos* [tesis para obtener el título profesional, Universidad EAFIT]. Repositorio institucional - Universidad EAFIT
- Cáceres, C. (2016). *La aplicación del RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la máquina secadora circular 2400x de la empresa Cooperación Jarcon S.A.C* [tesis para obtener el título profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional - Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Caldas, M., Reyes, C. & Heras, A. (2009). *Empresa e iniciativa emprendedora*. Editex
- Calderon, M. (2020). *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) para reducir los costos operativos de una empresa manufacturera de calzado* [tesis para obtener el título profesional, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional - Universidad Privada del Norte.
- Cuatrecasas, L. (2012). *Gestión del mantenimiento de los equipos productivos*. Ediciones Díaz de Santos.
- García, O. (2014). *Gestión moderna del mantenimiento industrial*. Ediciones de la U.

- García, S. (2009). *La contratación del Mantenimiento*. RENOVETEC.
- García, S. (2004). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos.
- Linares, V. (2015). *UF2238: Diagnóstico de averías y mantenimiento correctivo de sistemas de automatización industrial*. IC Editorial
- Lind, D., Marchal, W. & Wathen, S. (2008). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. MCGRAW-HILL
- Mesa, D., Ortiz, Y., & Pinzón, M. (2006). *La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento* [tesis para obtener el título profesional, Universidad Tecnológica de Pereira]. Scientia Et Technica.
- Montes, J. (2013). *Diseño de un plan de mantenimiento para la flota articulada de INTEGRA S.A.* [tesis para obtener el título profesional, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio institucional - Universidad Tecnológica de Pereira.
- Mora, L. A. (2009). *Mantenimiento: Planeación, ejecución y control*. Alfaomega
- Moubray, J. (2004). *RCM Reliability Centered Maintenance*. Aladon Limited.
- Navarro, L., Pastor, A. & Mugaburu, J. (2009). *Gestión integral de mantenimiento*. Marcombo.
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E. & Villagomez, A. (2014). *Metodología de la Investigación cuantitativa – cualitativa y redacción de tesis*. Ediciones de la U.
- Olazo, Q. (2017). *Propuesta de mejora de mantenimiento utilizando RCM en la línea de producción de xantato de la industria* [tesis para obtener el título profesional, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio institucional - Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Prado (2018). *Aplicación del RCM para mejorar la gestión de mantenimiento de la empresa*

Industrias del papel S. A., Chaclacayo, 2018 [tesis para obtener el título profesional,
Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional - Universidad Cesar Vallejo.

Rodríguez, J. (2008). *Mantenimiento mecánico de máquinas*. Book print digital.

Saldarriaga, J. D., & Botero, A. F. (2001). *Diseño y desarrollo de un modelo de auditoría a la
gestión a un departamento de mantenimiento* [tesis para obtener el título profesional,
Universidad EAFIT]. Repositorio institucional - Universidad EAFIT.

Santa-Cruz, C. (2019) *El plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y su
influencia en la disponibilidad de las unidades de la flota vehicular municipalidad de
San Miguel - Callao 2018* [tesis para obtener el título profesional, Universidad Nacional
del Callao]. Repositorio institucional - Universidad Nacional del Callao.

Smith, A. M. & Hinchcliffe, G. R. (2003). *RCM--gateway to world class maintenance*. Elsevier
Science & Technology.

Soto, J. (2016). *Mantenimiento basado en la confiabilidad para el mejoramiento de la
disponibilidad mecánica de los volquetes FAW en GYM S.A* [tesis para obtener el título
profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional -
Universidad Nacional del Centro del Perú.

Tineo, R. (2020, 12 de octubre). Impulso para la industria metalmecánica. *Revista La Cámara*
- CCL. Recuperada de [https://lacamara.pe/informe-especial-impulso-para-la-industria-
metalmeccanica/](https://lacamara.pe/informe-especial-impulso-para-la-industria-metalmeccanica/)

Valderrama, S. (2002). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: Cuantitativa,
cualitativa y mixta*. San Marcos.

Valdes, J. & San Martin, H. (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo
aplicado a los equipos de la empresa Remaplast* [tesis para obtener el título

profesional, Universidad de Cartagena]. Repositorio institucional - Universidad de
Cartagena.

Vara, A. (2012). *Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa*.
Universidad de San Martín de Porres.

Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L. & Crespo A. (2013). Propuesta de un
modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo.
Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 21(1), 125-138.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052013000100011>

Anexo 2 Prueba de Confiabilidad

Con respecto al Nivel de Gestión de Mantenimiento del Flash Audit, se realizó la prueba de confiabilidad mediante el Alpha de Cronbach

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

Donde:

s_i^2 : Suma de varianzas de cada ítem

s_t^2 : Varianza del total de filas

K: Número de preguntas o ítems

α : Coeficiente de alpha de Cronbach

Alfa de Cronbach indica que:

- De 0.60 hacia arriba se aproxima a ser confiable
- De 0.80 hacia arriba es altamente confiable

Valderrama (2002)

Resultando:

s_i^2	162.05330
s_t^2	3,655.90909
K	386

α	0.958
----------------------------	--------------

En base a los criterios indicados, el resultado es que la prueba del instrumento del Flash Audit del indicador nivel de Gestión de mantenimiento es altamente confiable

Con respecto a los siguientes indicadores medidos por la hoja de control de operación, se realizó la prueba de confiabilidad mediante la Correlación de Pearson

Índice de mantenimiento correctivo programado



		BD. ANTERIOR	BD.ACTUAL
BD.ANTERIOR	Correlación de Pearson	1	,821**
	Sig. (bilateral)		,001
	N	12	12
BD.ACTUAL	Correlación de Pearson	,821**	1
	Sig. (bilateral)	,001	
	N	12	12

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Índice de mantenimiento correctivo no programado



		BD. ANTERIOR	BD.ACTUAL
BD.ANTERIOR	Correlación de Pearson	1	,753**
	Sig. (bilateral)		,005
	N	12	12
BD.ACTUAL	Correlación de Pearson	,753**	1
	Sig. (bilateral)	,005	
	N	12	12

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Tiempo promedio entre fallas



		BD. ANTERIOR	BD.ACTUAL
BD.ANTERIOR	Correlación de Pearson	1	,850**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	12	12
BD.ACTUAL	Correlación de Pearson	,850**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	12	12

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Tiempo promedio de reparación



Disponibilidad Operacional



		BD. ANTERIOR	BD.ACTUAL
BD.ANTERIOR	Correlación de Pearson	1	,759**
	Sig. (bilateral)		,004
	N	12	12
BD.ACTUAL	Correlación de Pearson	,759**	1
	Sig. (bilateral)	,004	
	N	12	12

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

		BD. ANTERIOR	BD.ACTUAL
BD.ANTERIOR	Correlación de Pearson	1	,800**
	Sig. (bilateral)		,002
	N	12	12
BD.ACTUAL	Correlación de Pearson	,800**	1
	Sig. (bilateral)	,002	
	N	12	12

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Santiago Valderrama (2002) indica que:

- $r \geq 0.75$; Los valores son confiables
- $r < 0.75$; Los valores no son confiables

En base a los criterios detallados, se concluye que el instrumento de hoja de control de operación es confiable, ya que todos los coeficientes de Pearson de todos los indicadores, han resultado con más de 0.75.



INFORME DE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1 Nombre y apellidos del experto:

Juan Enrique Sigarróstegui Gutiérrez

1.2 Cargo e institución donde labora el experto:

Coordinador Académico de Ing. Industrial LS - Universidad Privada del Norte

1.3 Título / grados: Licenciado () Ingeniero (x) Magíster () Doctor () Ph.D. ()

1.4 Nombre del instrumento:

Hoja de control de operación.....

1.5 Autor del instrumento:

Empresa metalmecánica.....

1.6 Especialidad:

Ingeniería industrial.....

1.7 Título de la Tesis:

Diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao.

1.8 El instrumento de medición pertenece a la variable: Dependiente e Independiente

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con ``X`` en las columnas de SI o NO. Asimismo, le solicitamos, según sea el caso, la corrección de los ítems del instrumento, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia los ítems de la variable en estudio: Disponibilidad y Gestión de Mantenimiento

II. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN.

N°	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SI	NO	
1	¿El Indicador de medición y/o Instrumento de recopilación de datos presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El Indicador de medición y/o Instrumento de recopilación de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de los ítems tiene un sentido coherente?	X		
7	¿Cada uno de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles los ítems del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Total				

III. SUGERENCIAS.

Es importante que el formato tenga numeración correlativa para un seguimiento de la gestión.

Fecha: 22/03/2021

Firma del experto:



.....
Lic./Ing./Mag./Dr./Ph.D.

CIP:113128

INFORME DE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1 Nombre y apellidos del experto:

Juan Enrique Sigarróstegui Gutiérrez

1.2 Cargo e institución donde labora el experto:

Coordinador Académico de Ing. Industrial LS - Universidad Privada del Norte

1.3 Título / grados: Licenciado () Ingeniero (x) Magíster () Doctor () Ph.D. ()

1.4 Nombre del instrumento:

Flash Audit.....

1.5 Autor del instrumento:

Alberto Mora Gutiérrez.....

1.6 Especialidad:

Ingeniero en Ciencias Mecánicas.....

1.7 Título de la Tesis:

Diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del callao.

1.8 El instrumento de medición pertenece a la variable: independiente

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con ``X`` en las columnas de SI o NO. Asimismo, le solicitamos, según sea el caso, la corrección de los ítems del instrumento, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia los ítems de la variable en estudio: Gestión de Mantenimiento

II. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN.

N°	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SI	NO	
1	¿El Indicador de medición y/o Instrumento de recopilación de datos presenta el diseño adecuado?	X		Es tal cual el diseño de explicado por Mora en su libro Mantenimiento – planeación, Ejecución y Control.
2	¿El Indicador de medición y/o Instrumento de recopilación de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de los Ítems tiene un sentido coherente?	X		
7	¿Cada uno de los Ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles los Ítems del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Total				

III. SUGERENCIAS.

La Herramienta Flash Audit es muy usada para medir la GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, es recomendable manejar las limitaciones de tiempo, dado que la herramienta es extensa los encuestados tienden a demorar en contestar mucho tiempo, el seguimiento es muy importante, puede incluirse en las limitaciones dicha sugerencia.

Fecha: 22/03/2021

Firma del experto:



.....
Lic./Ing./Mag./Dr./Ph.D.

CIP:113128



INFORME DE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1 Nombre y apellidos del experto:

Carolina Silvia Rosas Reynoso

1.2 Cargo e institución donde labora el experto:

Docente Universitario de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte

1.3 Título / grados: Licenciado () Ingeniero (x) Magíster (x) Doctor () Ph.D. ()

1.4 Nombre del instrumento:

Hoja de control de operación.....

1.5 Autor del instrumento:

Empresa metalmecánica.....

1.6 Especialidad:

Ingeniería industrial.....

1.7 Título de la Tesis:

Diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del Callao.

1.8 El instrumento de medición pertenece a la variable: ... dependiente e independiente

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con ``X`` en las columnas de SI o NO. Asimismo, le solicitamos, según sea el caso, la corrección de los ítems del instrumento, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia los ítems de la variable en estudio: Disponibilidad y gestión de mantenimiento

II. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN.

N°	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SI	NO	
1	¿El Indicador de medición y/o Instrumento de recopilación de datos presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El Indicador de medición y/o Instrumento de recopilación de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de los Ítems tiene un sentido coherente?	X		
7	¿Cada uno de los Ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles los Ítems del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Total				

III. SUGERENCIAS.

1. Colocar la codificación al documento para su identificación y control posterior.
2. Incluir un espacio la firma de cada operario/ejecutante.

Fecha: 16/04/2021

Firma del experto:



Ing./Mag./

CIP:166720

INFORME DE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1 Nombre y apellidos del experto:

Carolina Silvia Rosas Reynoso

1.2 Cargo e institución donde labora el experto:

Docente universitario de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte.

1.3 Título / grados: Licenciado () Ingeniero (X) Magíster (X) Doctor () Ph.D. ()

1.4 Nombre del instrumento:

Flash Audit.....

1.5 Autor del instrumento:

Alberto Mora Gutiérrez.....

1.6 Especialidad:

Ingeniero en Ciencias Mecánicas.....

1.7 Título de la Tesis:

Diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del callao.

1.8 El instrumento de medición pertenece a la variable:.....independiente

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con ``X`` en las columnas de SI o NO. Asimismo, le solicitamos, según sea el caso, la corrección de los ítems del instrumento, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia los ítems de la variable en estudio: Gestión de Mantenimiento

II. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN.

N°	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SI	NO	
1	¿El Indicador de medición y/o Instrumento de recopilación de datos presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El Indicador de medición y/o Instrumento de recopilación de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de los ítems tiene un sentido coherente?	X		
7	¿Cada uno de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles los ítems del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Total				

III. SUGERENCIAS.

Solicitar a los encuestados agendar un tiempo prudente para completar la encuesta adecuadamente, dada su extensión.

Fecha: 16/04/2021

Firma del experto:



Ing./Mag.

CIP:166720



INFORME DE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1 Nombre y apellidos del experto:

Silvia Coronado Ramirez

1.2 Cargo e institución donde labora el experto:

Coordinador de carrera _ Universidad Privada del Norte

1.3 Título / grados: Licenciado () Ingeniero () Magíster (X) Doctor () Ph.D. ()

1.4 Nombre del instrumento:

Hoja de control de operación

1.5 Autor del instrumento:

Empresa metalmecánica

1.6 Especialidad:

Ingeniería industrial

1.7 Título de la Tesis:

Diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao.

1.8 El instrumento de medición pertenece a la variable: dependiente e independiente

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con “X” en las columnas de SI o NO. Asimismo, le solicitamos, según sea el caso, la corrección de los ítems del instrumento, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia los ítems de la variable en estudio: Disponibilidad y gestión de mantenimiento

II. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN.

N°	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SI	NO	
1	¿El Indicador de medición y/o Instrumento de recopilación de datos presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El Indicador de medición y/o Instrumento de recopilación de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de los ítems tiene un sentido coherente?	X		
7	¿Cada uno de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles los ítems del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Total				

III. SUGERENCIAS.

.....

Fecha: 16-04-21



Firma del experto:

.....

Lic./Ing./Mag./Dr./Ph.D.

CIP:235866

INFORME DE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1 Nombre y apellidos del experto:

Silvia Coronado Ramirez

1.2 Cargo e institución donde labora el experto:

.....

1.3 Título / grados: Licenciado () Ingeniero () Magister (x) Doctor () Ph.D. ()

1.4 Nombre del instrumento:

Flash Audit.....

1.5 Autor del instrumento:

Alberto Mora Gutiérrez.....

1.6 Especialidad:

Ingeniero en Ciencias Mecánicas.....

1.7 Título de la Tesis:

Diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del callao.

1.8 El instrumento de medición pertenece a la variable: independiente

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con ``X`` en las columnas de SI o NO. Asimismo, le solicitamos, según sea el caso, la corrección de los ítems del instrumento, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia los ítems de la variable en estudio: Gestión de Mantenimiento

II. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN.

N°	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SI	NO	
1	¿El Indicador de medición y/o Instrumento de recopilación de datos presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El Indicador de medición y/o Instrumento de recopilación de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de los Ítems tiene un sentido coherente?	X		
7	¿Cada uno de los Ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles los Ítems del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Total				

III. SUGERENCIAS.

.....

Fecha:16-04-21.....

Firma del experto:

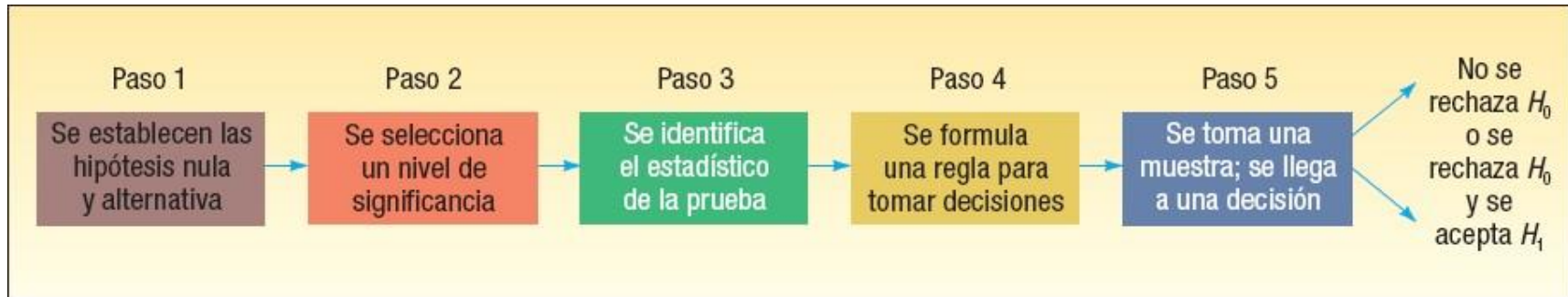


.....
 Lic./Ing./Mag./Dr./Ph.D.

CIP:235866

Anexo 6 Prueba de Correlación de las variables

Se sigue los pasos según Vara (2008), para medir la correlación de las variables



NIVEL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO (VI) VS MTBF (VD)

Paso 1: Se establecen las hipótesis nula y alternativa

Ho: $r=0$

No existe una relación directamente proporcional y significativa entre el Nivel de gestión de mantenimiento y el MTBF de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del callao.

Hi: $r > 0$

Existe una relación directamente proporcional y significativa entre el Nivel de gestión de mantenimiento y el MTBF de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del callao

Paso 2: Se selecciona un nivel de significancia

Nivel de significancia $\alpha = 0.01$

Se acostumbra a elegir el nivel de 0.05 en el caso de los proyectos de investigación relacionados con los consumidores; el nivel de 0.01 en relación con el del control de calidad, y el de 0.10 en el de las encuestas políticas. (Lind, Marchal y Wathen, 2008)

Paso 3: Se identifica el estadístico de la prueba

Prueba t del coeficiente de correlación

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Paso 4: Se formula una regla para tomar decisiones

Regla para tomar la decisión

Grado de Libertad

$$gl = n - 1$$

$$gl = 12 - 2$$

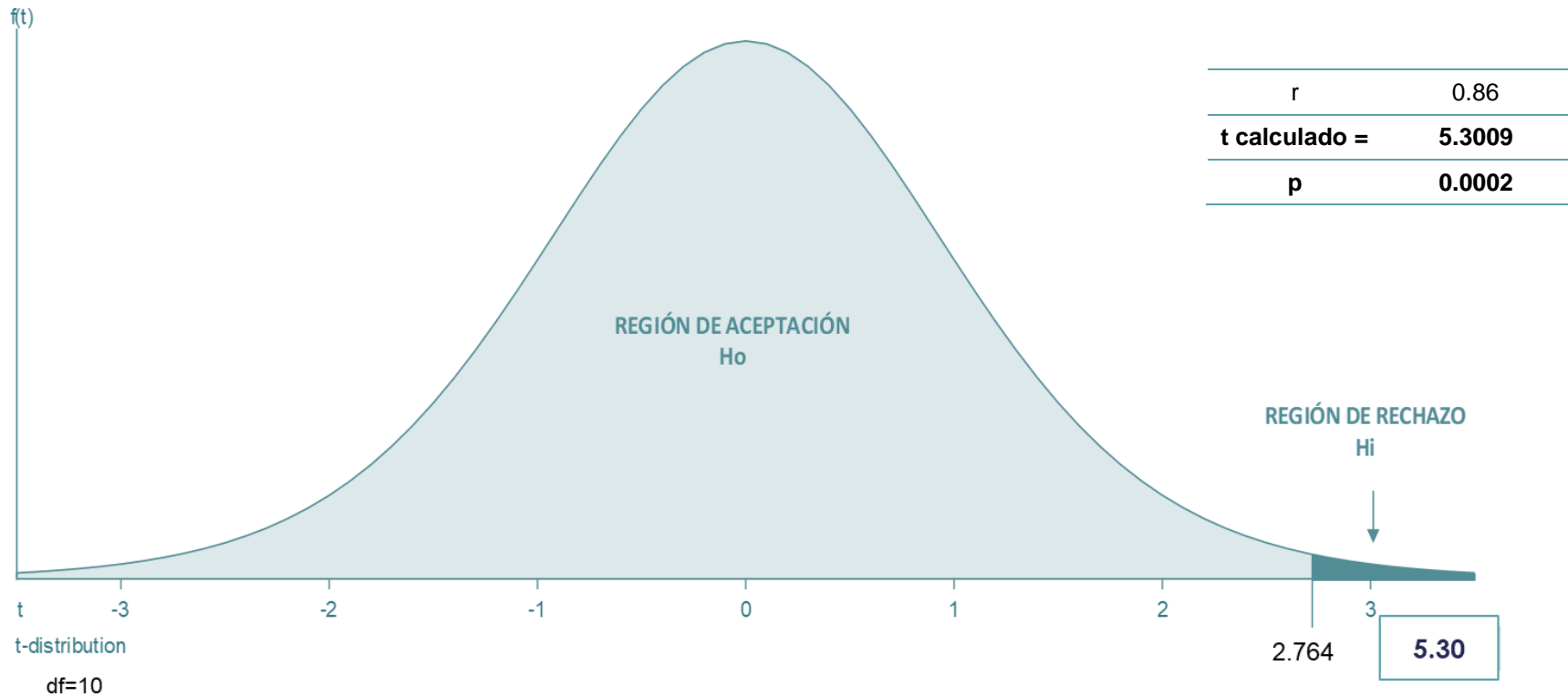
$$gl = 10$$

t calculado > t crítico: Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

p-value < α : Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

(Lind, Marchal y Wathen, 2008, p.346)

t crítico	2.7640
------------------	--------



Según el valor r de 0.86, este es mayor que 0, por lo tanto, tiene relación fuerte directamente proporcional.

Además, el valor t calculado de 5.3009 se encuentra dentro de la región de rechazo de H_0 con un nivel de significancia de 0.01. Por lo tanto, hay relación directamente proporcional y significativa entre el N GM y el MTBF.

Por último, el valor " p " de 0.0002 es menor que el nivel de significancia (0.01), por ende, se revalida que se rechaza la hipótesis nula.

IMC P(VI) VS MTBF (VD)

Paso 1: Se establecen las hipótesis nula y alternativa

Ho: $r=0$

No existe una relación indirectamente proporcional y significativa entre el IMC P y el MTBF de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao.

Hi: $r < 0$

Existe una relación indirectamente proporcional y significativa entre el IMC P y el MTBF de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao.

Paso 2: Se selecciona un nivel de significancia

Nivel de significancia $\alpha = 0.01$

Se acostumbra a elegir el nivel de 0.05 en el caso de los proyectos de investigación relacionados con los consumidores; el nivel de 0.01 en relación con el del control de calidad, y el de 0.10 en el de las encuestas políticas. (Lind, Marchal y Wathen, 2008)

Paso 3: Se identifica el estadístico de la prueba

Prueba t del coeficiente de correlación

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Paso 4: Se formula una regla para tomar decisiones

Regla para tomar la decisión

Grado de Libertad

$$gl = n - 1$$

$$gl = 12 - 2$$

$$gl = 10$$

t calculado > t crítico: Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

p- value < α : Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

(Lind, Marchal y Wathen, 2008, p.346)

t crítico	-2.7640
------------------	---------



Según el valor r de -0.7652 , este es menor que 0 , por lo tanto, tiene relación fuerte indirectamente proporcional.

Además, el valor t calculado de -3.7583 se encuentra dentro de la región de rechazo de H_0 con un nivel de significancia de 0.01 . Por lo tanto, hay relación indirectamente proporcional y significativa entre el IMC P y el MTBF.

Por último, el valor " p " de 0.002 es menor que el nivel de significancia (0.01), por ende, se revalida que se rechaza la hipótesis nula.

IMC NP(VI) VS MTBF (VD)

Paso 1: Se establecen las hipótesis nula y alternativa

Ho: $r=0$

No existe una relación directamente proporcional y significativa entre el IMC NP y el MTBF de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao.

Hi: $r > 0$

Existe una relación directamente proporcional y significativa entre el IMC NP y el MTBF de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao

Paso 2: Se selecciona un nivel de significancia

Nivel de significancia $\alpha = 0.01$

Se acostumbra a elegir el nivel de 0.05 en el caso de los proyectos de investigación relacionados con los consumidores; el nivel de 0.01 en relación con el del control de calidad, y el de 0.10 en el de las encuestas políticas. (Lind, Marchal y Wathen, 2008)

Paso 3: Se identifica el estadístico de la prueba

Prueba t del coeficiente de correlación

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Paso 4: Se formula una regla para tomar decisiones

Regla para tomar la decisión

Grado de Libertad

$$gl= n - 1$$

$$gl= 12 - 2$$

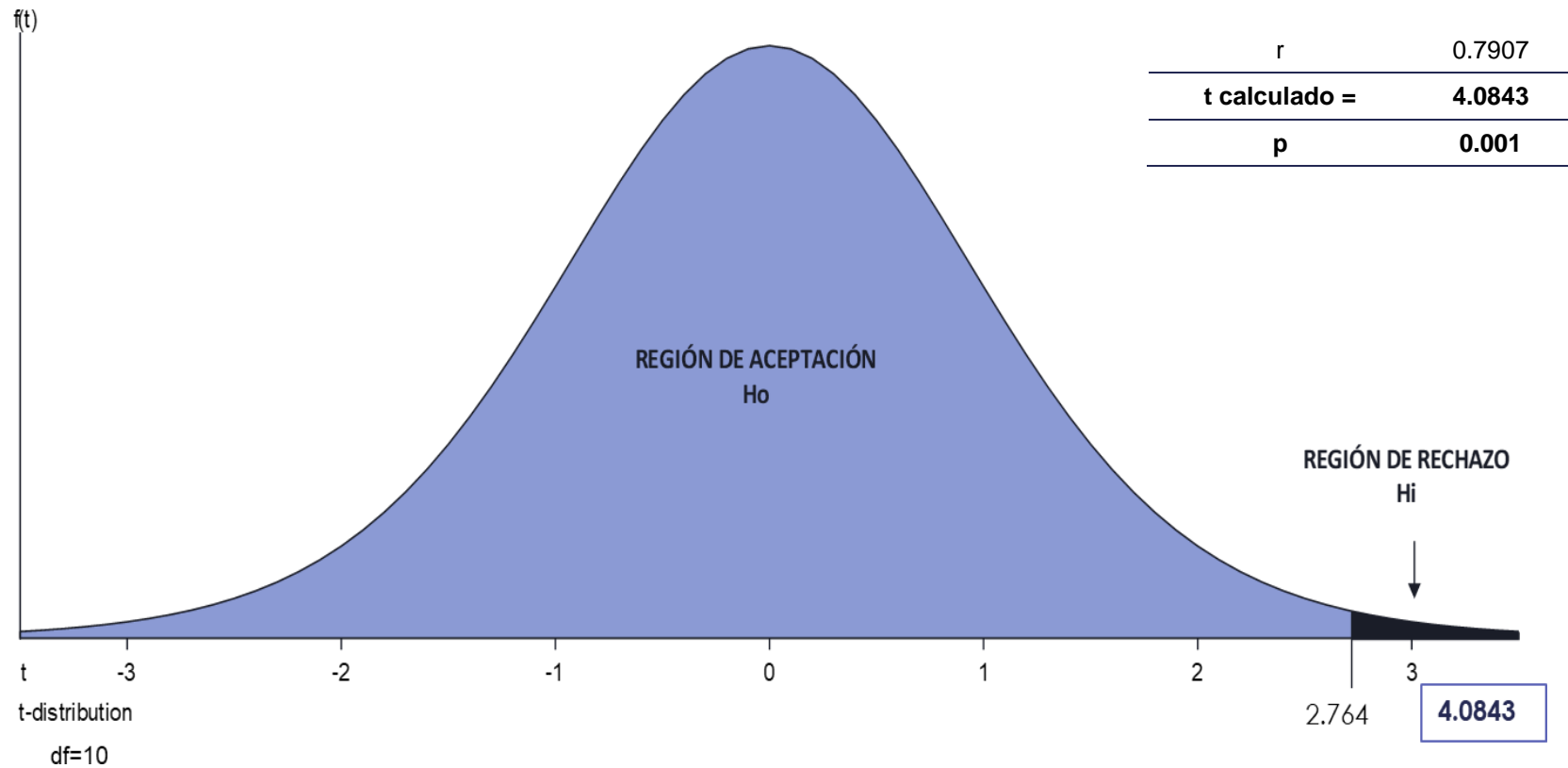
$$gl= 10$$

t calculado > t crítico: Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

p- value < α : Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

(Lind, Marchal y Wathen, 2008, p.346)

t crítico	2.7640
------------------	--------



Según el valor r de 0.7907, este es mayor que 0, por lo tanto, tiene relación fuerte directamente proporcional.

Además, el valor t calculado de 4.0843 se encuentra dentro de la región de rechazo de H_0 con un nivel de significancia de 0.01. Por lo tanto, hay relación directamente proporcional y significativa entre el IMC NP y el MTBF.

Por último, el valor " p " de 0.001 es menor que el nivel de significancia (0.01), por ende, se revalida que se rechaza la hipótesis nula.

NIVEL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO (VI) VS MTTR (VD)

Paso 1: Se establecen las hipótesis nula y alternativa

Ho: $r=0$

No existe una relación directamente proporcional y significativa entre el Nivel de gestión de mantenimiento y el MTTR de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao.

Hi: $r > 0$

Existe una relación directamente proporcional y significativa entre el Nivel de gestión de mantenimiento y el MTTR de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao

Paso 2: Se selecciona un nivel de significancia

Nivel de significancia $\alpha = 0.01$

Se acostumbra a elegir el nivel de 0.05 en el caso de los proyectos de investigación relacionados con los consumidores; el nivel de 0.01 en relación con el del control de calidad, y el de 0.10 en el de las encuestas políticas. (Lind, Marchal y Wathen, 2008)

Paso 3: Se identifica el estadístico de la prueba

Prueba t del coeficiente de correlación

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Paso 4: Se formula una regla para tomar decisiones

Regla para tomar la decisión

Grado de Libertad

$$gl = n - 1$$

$$gl = 12 - 2$$

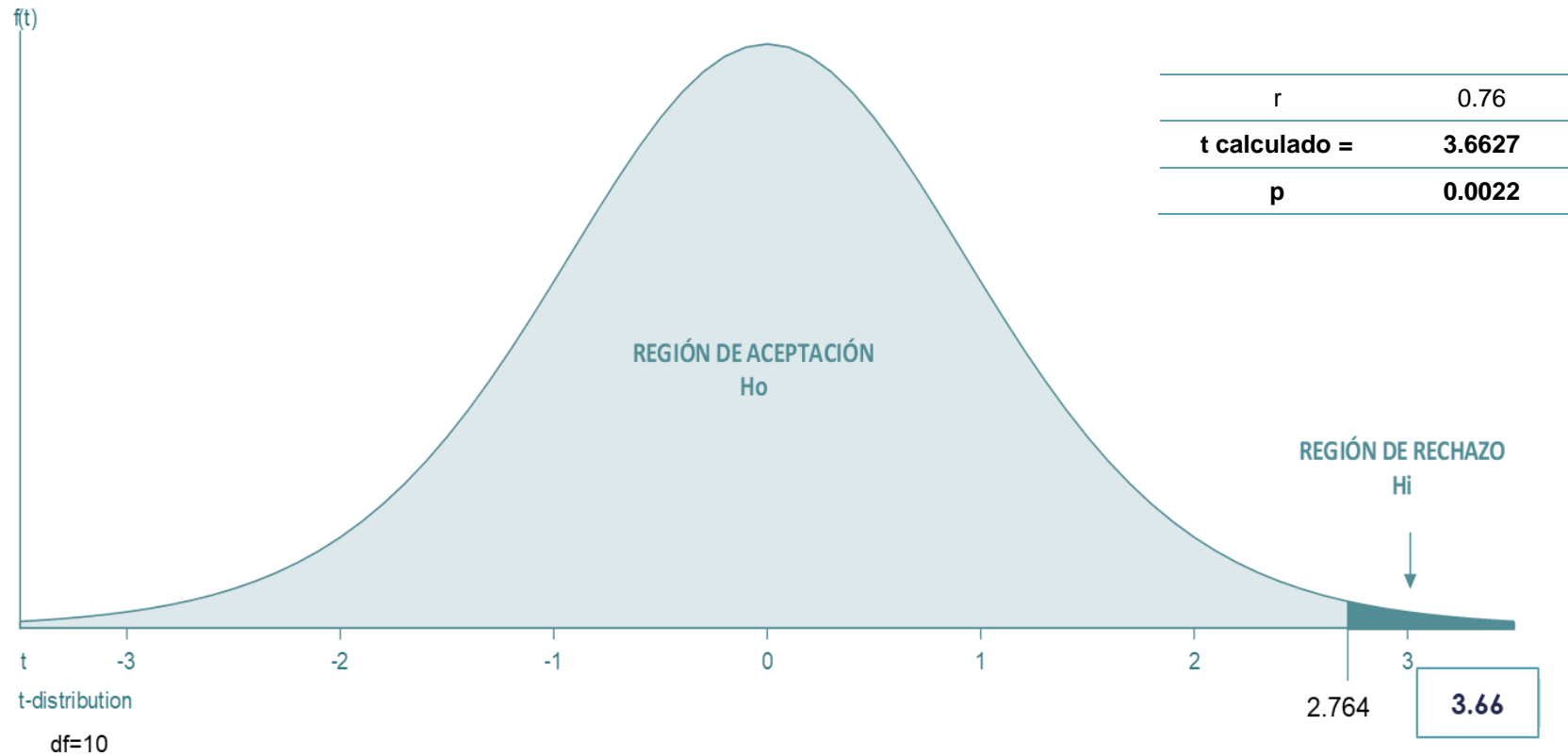
$$gl = 10$$

t calculado > t crítico: Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

p- value < α : Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

(Lind, Marchal y Wathen, 2008, p.346)

t crítico	2.7640
------------------	--------



Según el valor r de 0.76, este es mayor que 0, por lo tanto, tiene relación fuerte directamente proporcional.

Además, el valor t calculado de 3.6627 se encuentra dentro de la región de rechazo de H_0 con un nivel de significancia de 0.01. Por lo tanto, hay relación directamente proporcional y significativa entre el Nivel de gestión de mantenimiento y el MTTR.

Por último, el valor " p " de 0.0022 es menor que el nivel de significancia (0.01), por ende, se revalida que se rechaza la hipótesis nula.

IMC P(VI) VS MTTR (VD)

Paso 1: Se establecen las hipótesis nula y alternativa

Ho:	$r = 0$	No existe una relación indirectamente proporcional y significativa entre el IMC P y el MTTR de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao.
Hi:	$r < 0$	Existe una relación indirectamente proporcional y significativa entre el IMC P y el MTTR de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao.

Paso 2: Se selecciona un nivel de significancia

Nivel de significancia $\alpha = 0.01$

Se acostumbra a elegir el nivel de 0.05 en el caso de los proyectos de investigación relacionados con los consumidores; el nivel de 0.01 en relación con el del control de calidad, y el de 0.10 en el de las encuestas políticas. (Lind, Marchal y Wathen, 2008)

Paso 3: Se identifica el estadístico de la prueba

Prueba t del coeficiente de correlación

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Paso 4: Se formula una regla para tomar decisiones

Regla para tomar la decisión

Grado de Libertad

$$gl = n - 1$$

$$gl = 12 - 2$$

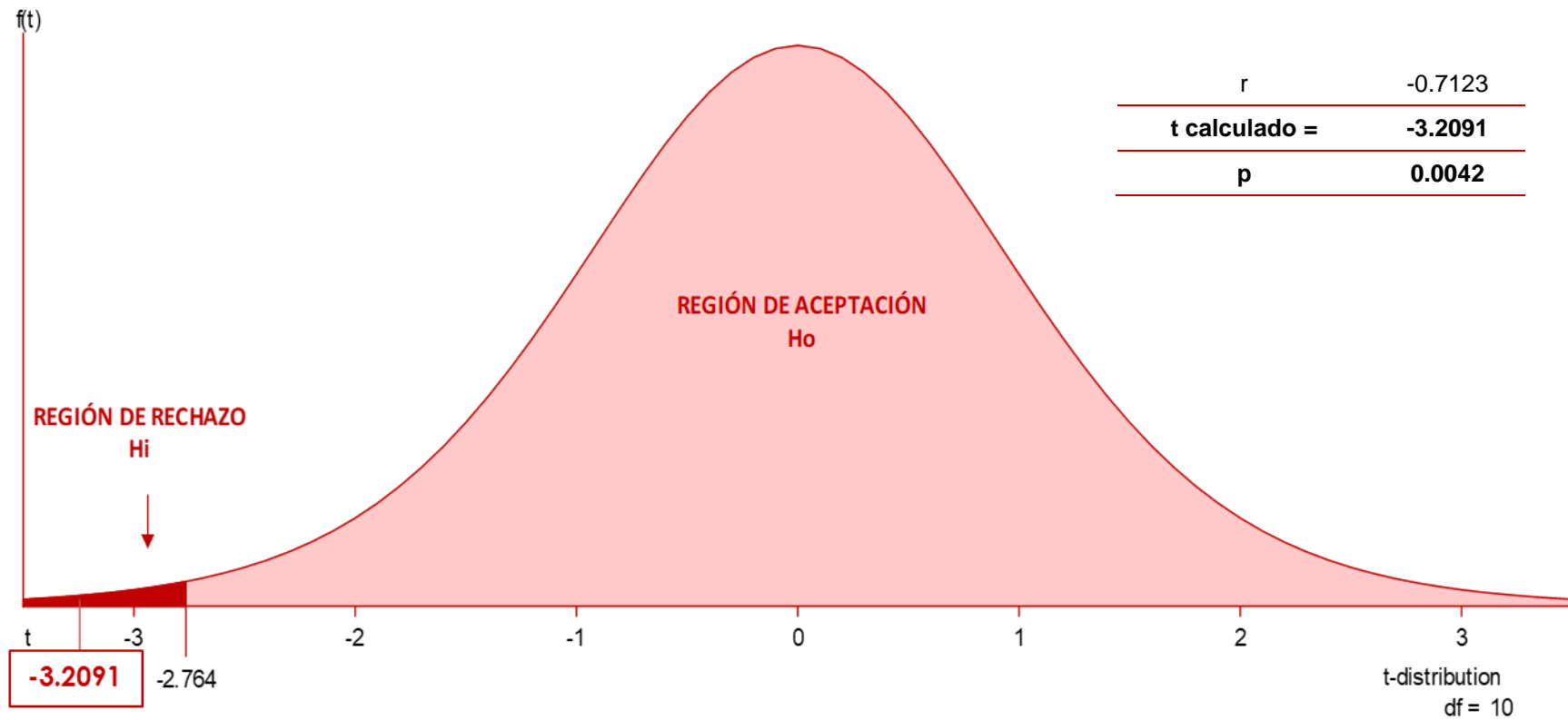
$$gl = 10$$

t crítico	-2.7640
------------------	---------

t calculado > t crítico: Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

p-value < α : Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

(Lind, Marchal y Wathen, 2008, p.346)



Según el valor r de -0.7123 , este es menor que 0 , por lo tanto, tiene relación fuerte indirectamente proporcional.

Además, el valor t calculado de -3.2091 se encuentra dentro de la región de rechazo de H_0 con un nivel de significancia de 0.01 . Por lo tanto, hay relación indirectamente proporcional y significativa entre el IMC P y el MTTR.

Por último, el valor " p " de 0.0042 es menor que el nivel de significancia (0.01), por ende, se revalida que se rechaza la hipótesis nula.

IMC NP(VI) VS MTTR (VD)

Paso 1: Se establecen las hipótesis nula y alternativa

Ho: $r = 0$

Hi: $r > 0$

No existe una relación directamente proporcional y significativa entre el IMC NP y el MTTR de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del callao.

Existe una relación directamente proporcional y significativa entre el IMC NP y el MTTR de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del callao.

Paso 2: Se selecciona un nivel de significancia

Nivel de significancia $\alpha = 0.01$

Se acostumbra a elegir el nivel de 0.05 en el caso de los proyectos de investigación relacionados con los consumidores; el nivel de 0.01 en relación con el del control de calidad, y el de 0.10 en el de las encuestas políticas. (Lind, Marchal y Wathen, 2008)

Paso 3: Se identifica el estadístico de la prueba

Prueba t del coeficiente de correlación

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Paso 4: Se formula una regla para tomar decisiones

Regla para tomar la decisión

Grado de Libertad

$$gl = n - 1$$

$$gl = 12 - 2$$

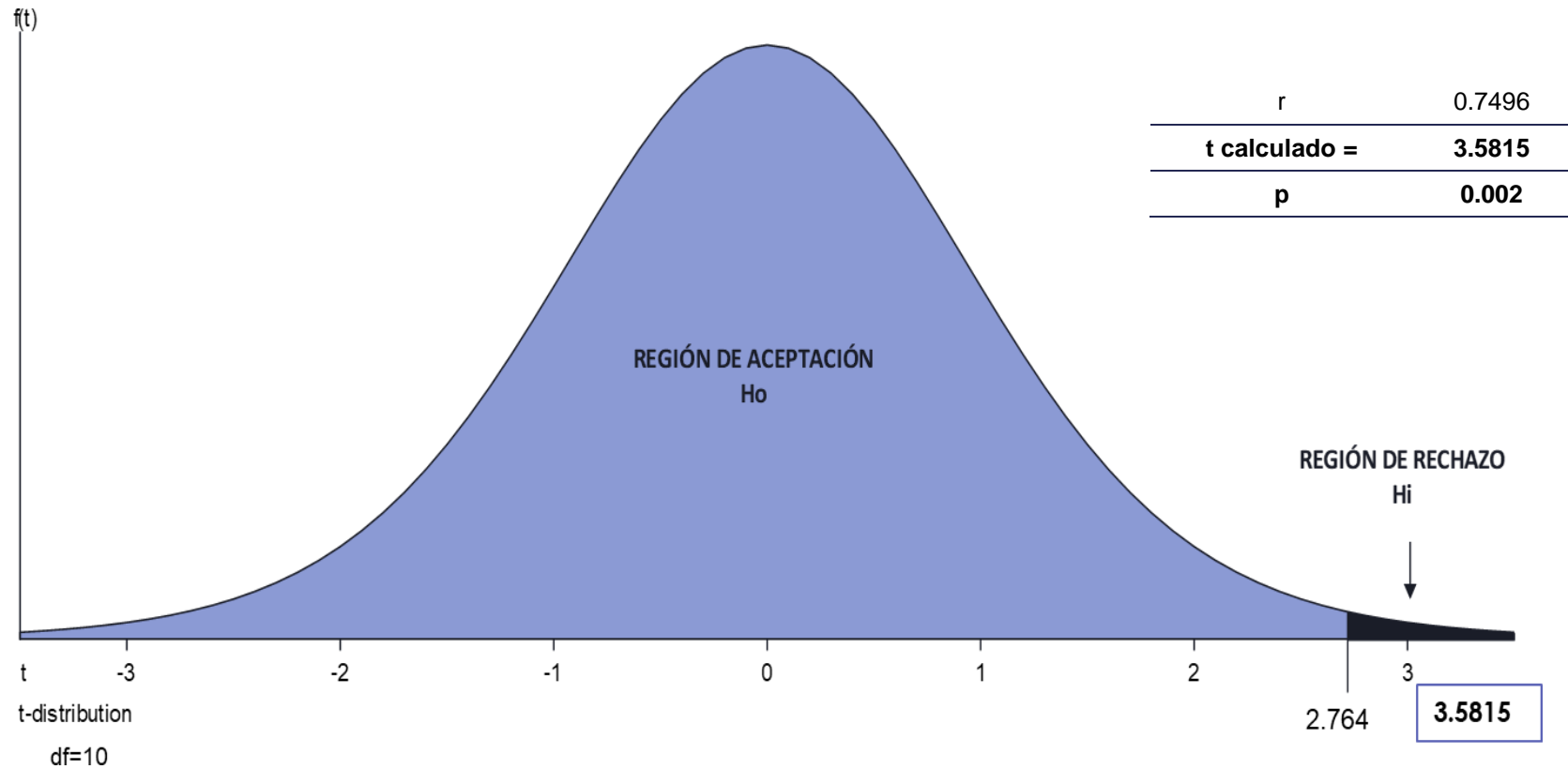
$$gl = 10$$

t crítico	2.7640
------------------	--------

t calculado > t crítico: Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

p-value < α : Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

(Lind, Marchal y Wathen, 2008, p.346)



Según el valor r de 0.7496, este es mayor que 0, por lo tanto, tiene relación fuerte directamente proporcional.

Además, el valor t calculado de 3.5815 se encuentra dentro de la región de rechazo de Ho con un nivel de significancia de 0.01. Por lo tanto, hay relación directamente proporcional y significativa entre el IMC NP y el MTTR.

Por último, el valor "p" de 0.002 es menor que el nivel de significancia (0.01), por ende, se revalida que se rechaza la hipótesis nula.

NIVEL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO (VI) VS DISPONIBILIDAD OPERACIONAL (VD)

Paso 1: Se establecen las hipótesis nula y alternativa

Ho: $r=0$

Hi: $r > 0$

No existe una relación directamente proporcional y significativa entre el Nivel de gestión de mantenimiento y la Disponibilidad operacional de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao.

Existe una relación directamente proporcional y significativa entre el Nivel de gestión de mantenimiento y la Disponibilidad operacional de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao

Paso 2: Se selecciona un nivel de significancia

Nivel de significancia $\alpha = 0.01$

Se acostumbra a elegir el nivel de 0.05 en el caso de los proyectos de investigación relacionados con los consumidores; el nivel de 0.01 en relación con el del control de calidad, y el de 0.10 en el de las encuestas políticas. (Lind, Marchal y Wathen, 2008)

Paso 3: Se identifica el estadístico de la prueba

Prueba t del coeficiente de correlación

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Paso 4: Se formula una regla para tomar decisiones

Regla para tomar la decisión

Grado de Libertad

$$gl = n - 1$$

$$gl = 12 - 2$$

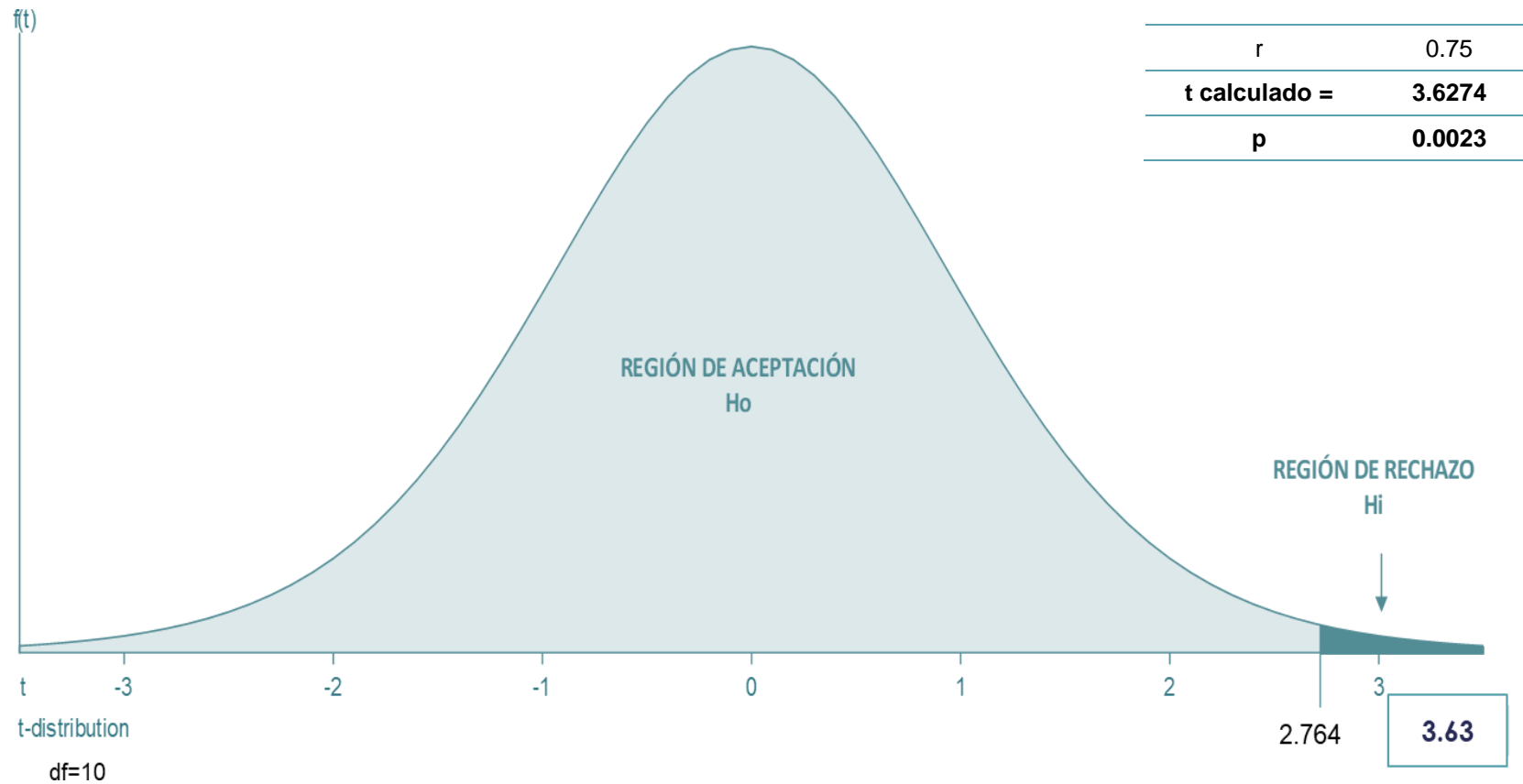
$$gl = 10$$

t calculado > t crítico: Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

p-value < α : Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

(Lind, Marchal y Wathen, 2008, p.346)

t crítico	2.7640
------------------	--------



Según el valor r de 0.75, este es mayor que 0, por lo tanto, tiene relación fuerte directamente proporcional.

Además, el valor t calculado de 3.6274 se encuentra dentro de la región de rechazo de H_0 con un nivel de significancia de 0.01. Por lo tanto, hay relación directamente proporcional y significativa entre el Nivel de gestión de mantenimiento y la Disponibilidad operacional.

Por último, el valor " p " de 0.002 es menor que el nivel de significancia (0.01), por ende, se revalida que se rechaza la hipótesis nula.

IMC P(VI) VS DISPONIBILIDAD OPERACIONAL (VD)

Paso 1: Se establecen las hipótesis nula y alternativa

Ho: $r = 0$

No existe una relación indirectamente proporcional y significativa entre el IMC P y la Disponibilidad operacional de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del callao.

Hi: $r < 0$

Existe una relación indirectamente proporcional y significativa entre el IMC P y la Disponibilidad operacional de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica en la provincia constitucional del callao.

Paso 2: Se selecciona un nivel de significancia

Nivel de significancia $\alpha = 0.01$

Se acostumbra a elegir el nivel de 0.05 en el caso de los proyectos de investigación relacionados con los consumidores; el nivel de 0.01 en relación con el del control de calidad, y el de 0.10 en el de las encuestas políticas. (Lind, Marchal y Wathen, 2008)

Paso 3: Se identifica el estadístico de la prueba

Prueba t del coeficiente de correlación

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Paso 4: Se formula una regla para tomar decisiones

Regla para tomar la decisión

Grado de Libertad

$$gl = n - 1$$

$$gl = 12 - 2$$

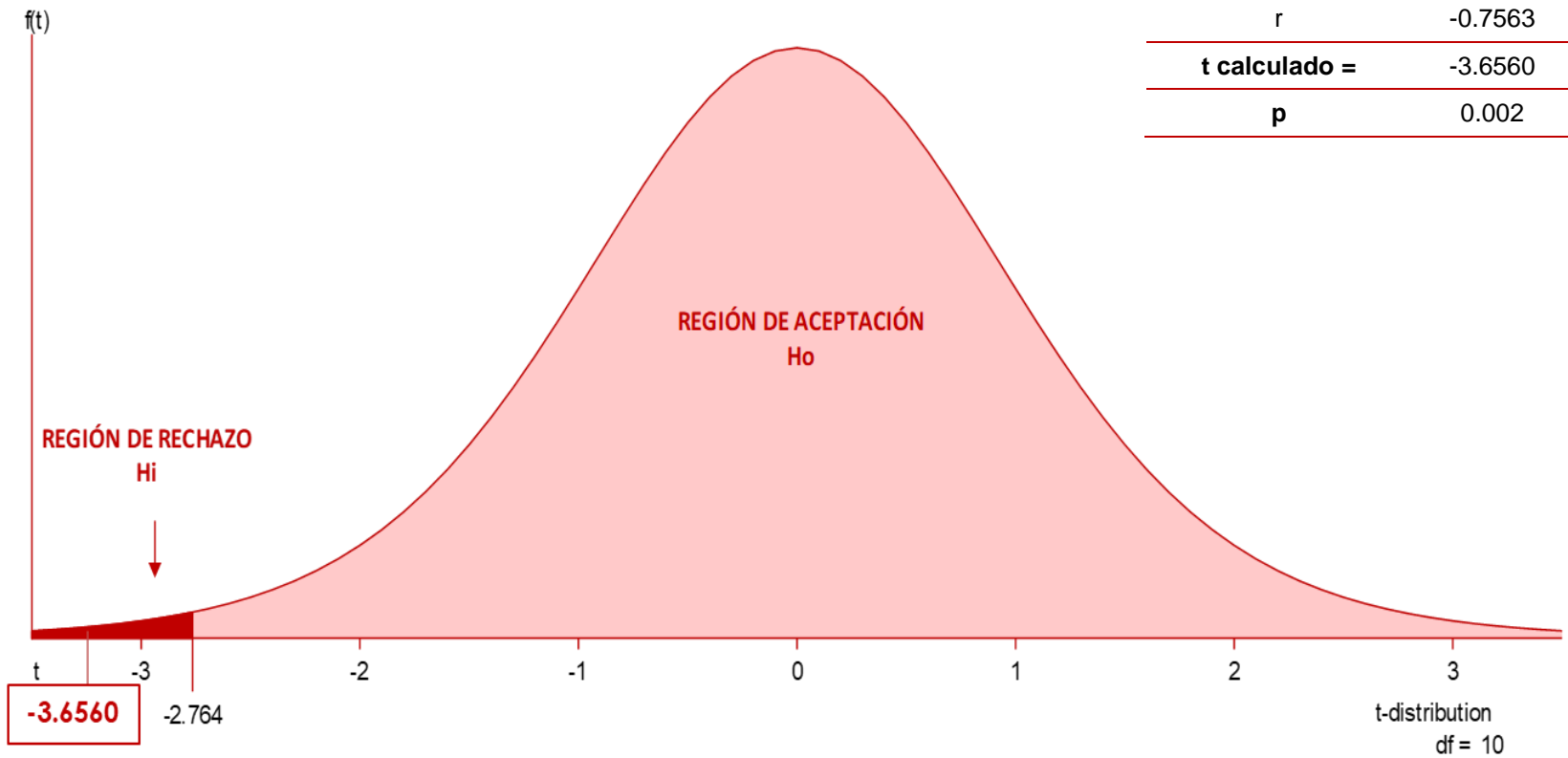
$$gl = 10$$

t calculado > t crítico: Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

p- value < α : Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

(Lind, Marchal y Wathen, 2008, p.346)

t crítico	2.7640
------------------	--------



Según el valor r de -0.7563, este es menor que 0, por lo tanto, tiene relación fuerte indirectamente proporcional.

Además, el valor t calculado de -3.6560 se encuentra dentro de la región de rechazo de H_0 con un nivel de significancia de 0.01. Por lo tanto, hay relación indirectamente proporcional y significativa entre el IMC P y la Disponibilidad operacional.

Por último, el valor " p " de 0.002 es menor que el nivel de significancia (0.01), por ello se corrobora lo mencionado líneas arriba, rechazándose la hipótesis nula.

IMC NP(VI) VS DISPONIBILIDAD OPERACIONAL (VD)

Paso 1: Se establecen las hipótesis nula y alternativa

Ho: $r = 0$

No existe una relación directamente proporcional y significativa entre el IMC NP y la Disponibilidad operacional de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao.

Hi: $r > 0$

Existe una relación directamente proporcional y significativa entre el IMC NP y la Disponibilidad operacional de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao.

Paso 2: Se selecciona un nivel de significancia

Nivel de significancia $\alpha = 0.01$

Se acostumbra a elegir el nivel de 0.05 en el caso de los proyectos de investigación relacionados con los consumidores; el nivel de 0.01 en relación con el del control de calidad, y el de 0.10 en el de las encuestas políticas. (Lind, Marchal y Wathen, 2008)

Paso 3: Se identifica el estadístico de la prueba

Prueba t del coeficiente de correlación

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Paso 4: Se formula una regla para tomar decisiones

Regla para tomar la decisión

Grado de Libertad

$$gl = n - 1$$

$$gl = 12 - 2$$

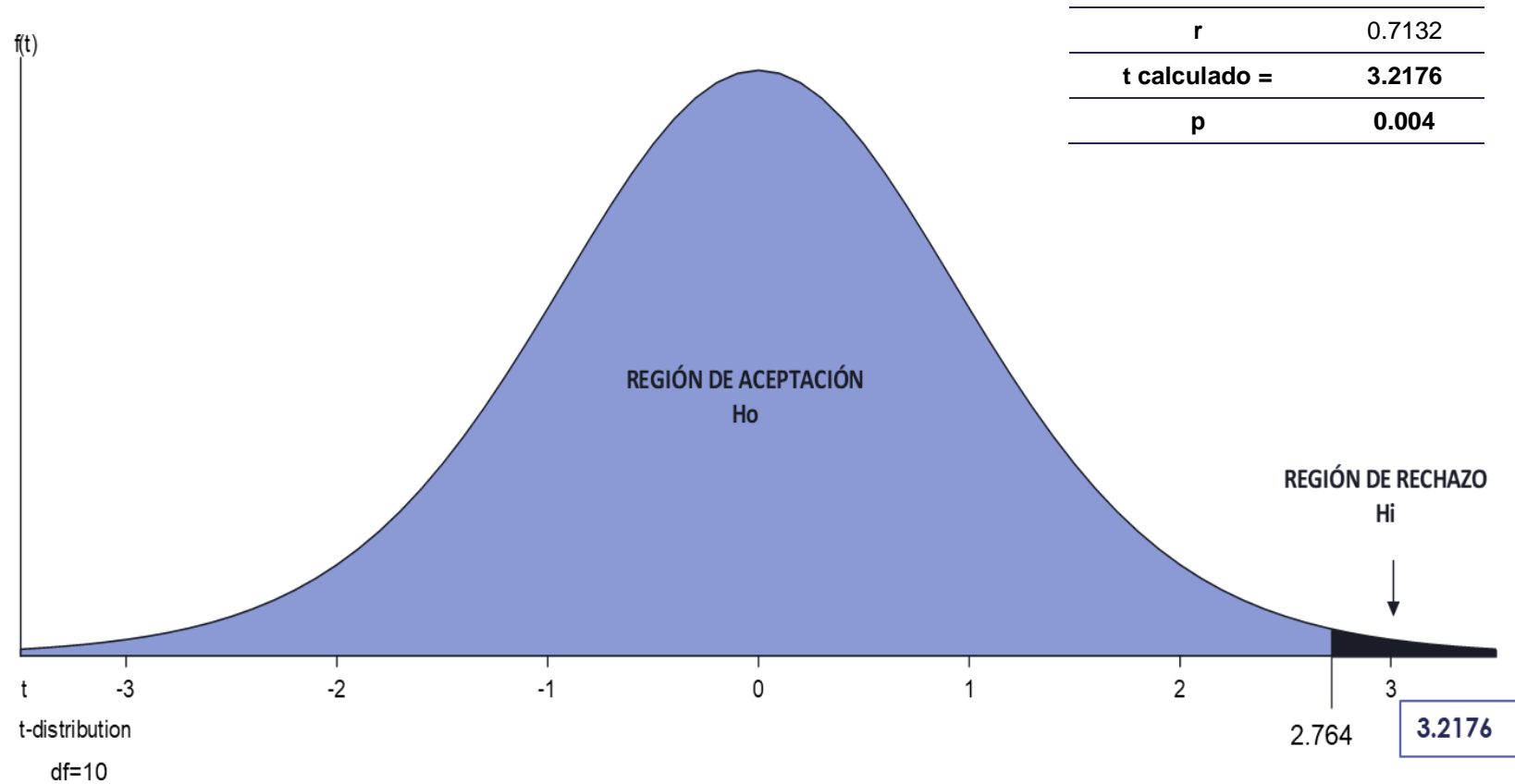
$$gl = 10$$

t calculado > t crítico: Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

p-value < α : Se rechaza la Ho, por lo tanto, existe un problema

(Lind, Marchal y Wathen, 2008, p.346)

t crítico	2,7640
------------------	--------



Según el valor r de 0.7132, este es mayor que 0, por lo tanto, tiene relación fuerte directamente proporcional.

Además, el valor t calculado de 3.2176 se encuentra dentro de la región de rechazo de H_0 con un nivel de significancia de 0.01. Por lo tanto, hay relación indirectamente proporcional y significativa entre el IMC NP y la Disponibilidad operacional.

Por último, el valor " p " de 0.004 es menor que el nivel de significancia (0.01), por ello se corrobora lo mencionado líneas arriba, rechazándose la hipótesis nula.

Se resume con el siguiente recuadro:

CONCEPTO		DISPONIBILIDAD			
		MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD OPERACIONAL	
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	NIVEL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	T-CALCULADO	5.301	3.663	3.627
		P-VALUE	0.0002	0.0022	0.0023
		r	0.859	0.757	0.754
	IMC P	T-CALCULADO	-3.758	-3.209	-3.656
		P-VALUE	0.0016	0.0042	0.0019
		r	-0.765	-0.712	-0.756
	IMC NP	T-CALCULADO	4.084	3.581	3.218
		P-VALUE	0.0009	0.0022	0.0041
		r	0.791	0.750	0.713
T-CRITICO		±2.764			
α		±0.010			
GRADOS DE LIBERTAD		10			

Existe relación entre las variables cuando el T-calculado es mayor que el T-crítico y significativo cuando el p-value es menor que el grado de significancia. Por lo tanto, según este criterio se concluye que existe relación directamente proporcional y significativa entre la gestión de mantenimiento y la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao.

Anexo 7 Prueba de Influencia de las variables

NIVEL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO (VI) VS MTBF(VD)

Prueba 1: Hallar el coeficiente de correlación múltiple

r	0.859
---	--------------

Interpretación:

Se tiene una correlación positiva fuerte.

Prueba 2: Hallar el coeficiente de determinación

r ²	0.7375
%	73.75%

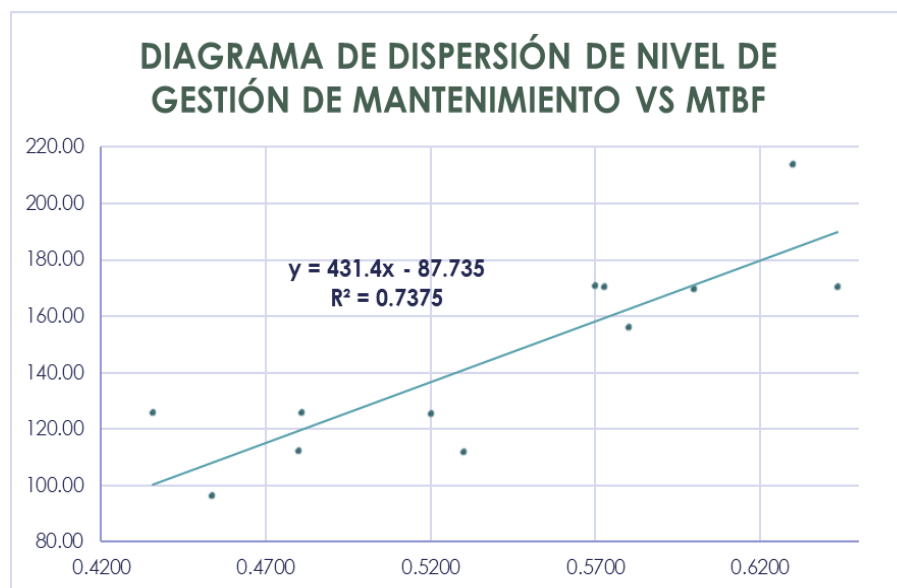
Interpretación:

El Nivel de gestión de mantenimiento aporta el 73.75% de la explicación de la variación del MTBF.

Prueba 3: Hacer el análisis de Varianza

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.858793632
Coefficiente de determinación R ²	0.737526502
R ² ajustado	0.711279152
Error típico	18.54499234



Observaciones 12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	9663.745581	9663.745581	28.09908455	0.000347118
Residuos	10	3439.16741	343.916741		
Total	11	13102.91299			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 99.0%</i>	<i>Superior 99.0%</i>
Intercepción	-87.7353861	44.38118228	-1.97686005	0.076269846	-186.6228226	11.15205045	-228.391454	52.92068209
Variable X 1	431.3997689	81.38302388	5.300856963	0.000347118	250.0670914	612.7324463	173.4747752	689.3247625

Interpretación:

El modelo de correlación entre el Nivel de gestión de mantenimiento y el MTBF es válido y significativo debido a que el valor crítico de F es 0.000347118 siendo menor al nivel de significancia de 0.01.

Prueba 4: Hallar el coeficiente de regresión

$$y = 431.4x - 87.735$$

Interpretación:

El coeficiente 87.735 es la pendiente de la recta, mide el cambio en la Nivel de gestión de mantenimiento por cada unidad de cambio en el MBTF.

El coeficiente 431.4 es la ordenada al origen, el punto donde la recta intercepta al eje del Nivel de gestión de mantenimiento, es decir el valor del Nivel de gestión de mantenimiento cuando el MTBF es igual a 0.

IMC P(VI) VS MTBF(VD)

Prueba 1: Hallar el coeficiente de correlación múltiple

r	-0.765
---	---------------

Interpretación:

Se tiene una correlación negativa fuerte.

Prueba 2: Hallar el coeficiente de determinación

r ²	0.5855
%	58.55%

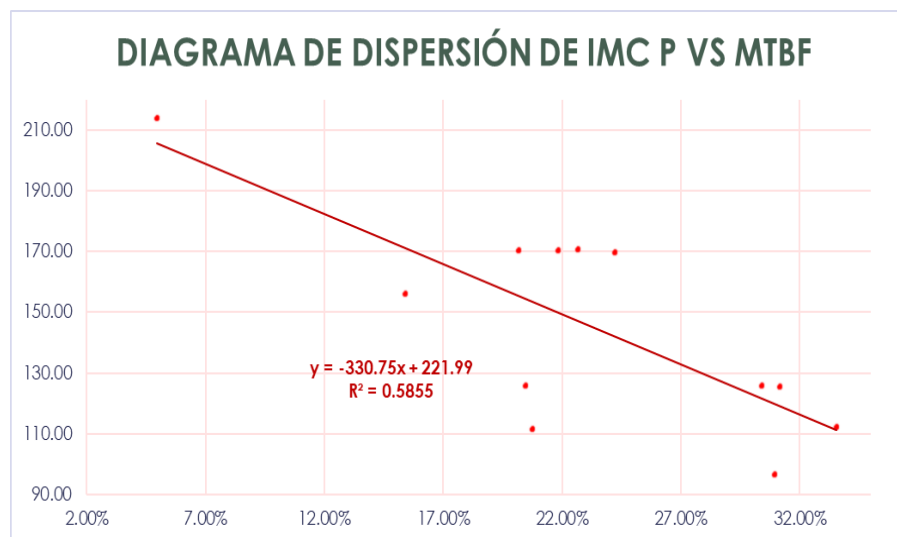
Interpretación:

El IMC P aporta el 58.55% de la explicación de la variación del MTBF

Prueba 3: Hacer el análisis de Varianza

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.765170222
Coefficiente de determinación R ²	0.585485469
R ² ajustado	0.544034016
Error típico	23.30525228
Observaciones	12



ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	7671.565155	7671.565155	14.12460661	0.003732737
Residuos	10	5431.347836	543.1347836		
Total	11	13102.91299			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 99.0%</i>	<i>Superior 99.0%</i>
Intercepción	221.994435	21.35961366	10.39318588	1.11502E-06	174.40225	269.5866201	154.2999952	289.688875
Variable X 1	-330.745524	88.00469301	-3.75827176	0.003732737	-526.832228	-134.658877	-609.656421	-51.8346837

Interpretación:

El modelo de correlación entre el IMC P y el MTBF es válido y significativo debido a que el valor crítico de F es 0.003732737 siendo menor al nivel de significancia de 0.01.

Prueba 4: Hallar el coeficiente de regresión

$$y = -330.75x + 221.99$$

Interpretación:

El coeficiente 221.99 es la pendiente de la recta, mide el cambio en el IMC P por cada unidad de cambio en el MBTF.

El coeficiente 330.75 es la ordenada al origen, el punto donde la recta intercepta al eje del IMC P, es decir el valor del IMC P cuando el MTBF es igual a 0.

IMC NP(VI) VS MTBF(VD)

Prueba 1: Hallar el coeficiente de correlación múltiple

r	0.791
---	--------------

Interpretación:

Se tiene una correlación positiva fuerte.

Prueba 2: Hallar el coeficiente de determinación

r ²	0.6252
%	62.52%

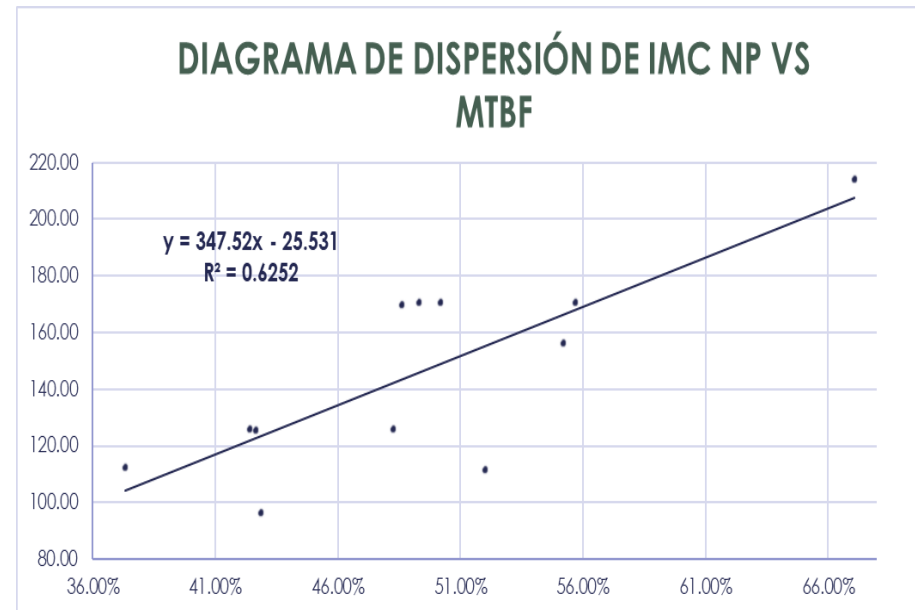
Interpretación:

El IMC NP aporta el 62.52% de la explicación de la variación del MTBF.

Prueba 3: Hacer el análisis de Varianza

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.790704839
Coefficiente de determinación R ²	0.625214142
R ² ajustado	0.587735556
Error típico	22.16029442
Observaciones	12



ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	8192.126503	8192.126503	16.68190324	0.002198998
Residuos	10	4910.786488	491.0786488		
Total	11	13102.91299			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 99.0%</i>	<i>Superior 99.0%</i>
Intercepción	-25.53148154	42.43451133	-0.6016679	0.560787234	-120.0814649	69.01850182	-160.0180187	108.9550556
Variable X 1	347.5224231	85.08637723	4.08434857	0.002198998	157.9381603	537.106686	77.86049298	617.1843533

Interpretación:

El modelo de correlación entre el IMC NP y el MTBF es válido y significativo debido a que el valor crítico de F es 0.002198998 siendo menor al nivel de significancia de 0.01.

Prueba 4: Hallar el coeficiente de regresión

$$y = 347.52x - 25.531$$

Interpretación:

El coeficiente 25.531 es la pendiente de la recta, mide el cambio en el IMC NP por cada unidad de cambio en el MBTF.

El coeficiente 347.52 es la ordenada al origen, el punto donde la recta intercepta al eje del IMC NP, es decir el valor del IMC NP cuando el MTBF es igual a 0.

NIVEL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO (VI) VS MTTR(VD)

Prueba 1: Hallar el coeficiente de correlación múltiple

r	0.757
---	--------------

Interpretación:

Se tiene una correlación positiva fuerte.

Prueba 2: Hallar el coeficiente de determinación

r ²	0.5729
%	57.29%

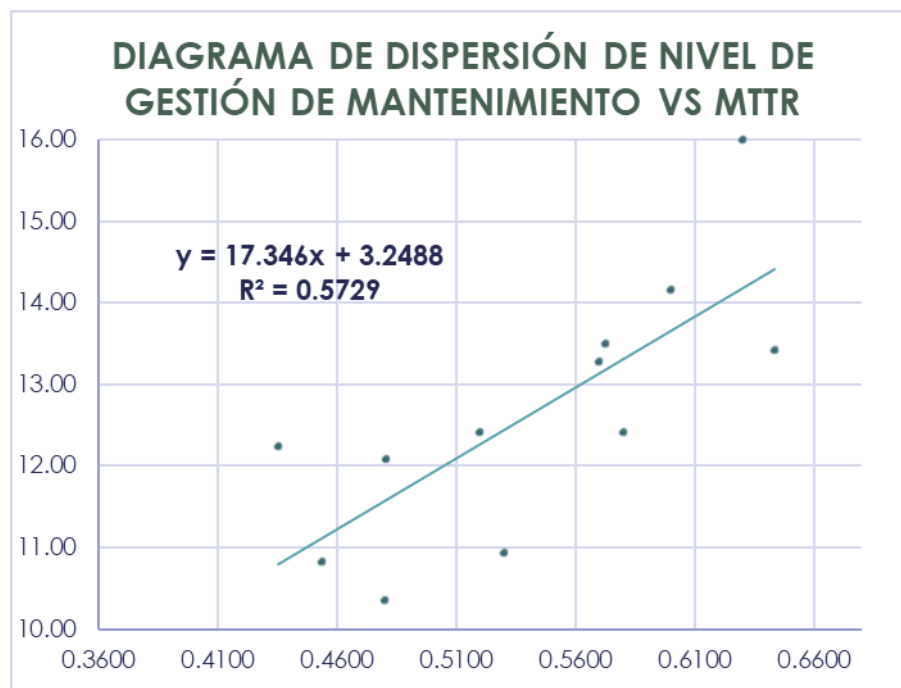
Interpretación:

El Nivel de gestión de mantenimiento aporta el 57.29% de la explicación de la variación del MTTR.

Prueba 3: Hacer el análisis de Varianza

Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0.756920782
Coeficiente de determinación R ²	0.572929071
R ² ajustado	0.530221978
Error típico	1.079196837
Observaciones	12



ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	15.62435782	15.62435782	13.41531421	0.004369588
Residuos	10	11.64665813	1.164665813		
Total	11	27.27101595			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 99.0%</i>	<i>Superior 99.0%</i>
Intercepción	3.248813075	2.582693519	1.257916609	0.237001244	-2.505786698	9.003412847	-4.93644692	11.43407307
Variable X 1	17.34635589	4.735957844	3.662692207	0.004369588	6.793984216	27.89872756	2.336814116	32.35589766

Interpretación:

El modelo de correlación entre el Nivel de gestión de mantenimiento y el MTTR es válido y significativo debido a que el valor crítico de F es 0.004369588 siendo menor al nivel de significancia de 0.01.

Prueba 4: Hallar el coeficiente de regresión

$$y = 17.346x - 3.2488$$

Interpretación:

El coeficiente 3.2488 es la pendiente de la recta, mide el cambio en el Nivel de gestión de mantenimiento por cada unidad de cambio en el MTTR.

El coeficiente 17.346 es la ordenada al origen, el punto donde la recta intercepta al eje del Nivel de gestión de mantenimiento, es decir el valor del Nivel de gestión de mantenimiento cuando el MTTR es igual a 0.

IMC P(VI) VS MTTR (VD)

Prueba 1: Hallar el coeficiente de correlación múltiple

r	-0.7123
---	----------------

Interpretación:

Se tiene una correlación negativa fuerte.

Prueba 2: Hallar el coeficiente de determinación

r ²	0.5073
%	50.73%

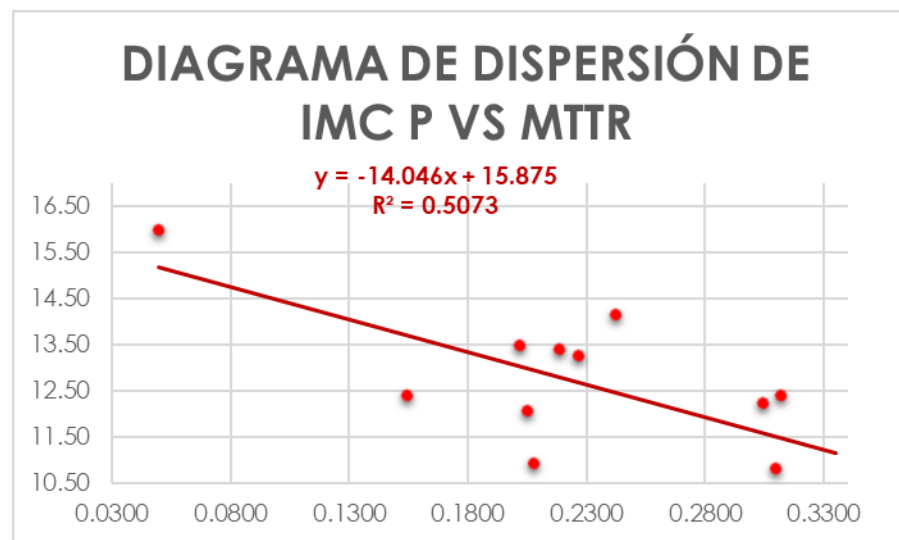
Interpretación:

El IMC P aporta el 50.73% de la explicación de la variación del MTTR.

Prueba 3: Hacer el análisis de Varianza

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.712284159
Coefficiente de determinación R ²	0.507348723
R ² ajustado	0.458083596
Error típico	1.159098823
Observaciones	12



ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	13.83591512	13.83591512	10.29833368	0.009346273			
Residuos	10	13.43510082	1.343510082					
Total	11	27.27101595						

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 99.0%</i>	<i>Superior 99.0%</i>
Intercepción	15.87496194	1.062331476	14.94351085	3.62537E-08	13.50793991	18.24198398	12.50814382	19.24178006
Variable X 1	-14.04610687	4.376959104	-3.20910169	0.009346273	-23.7985795	-4.29363424	-27.9178838	-0.17432993

Interpretación:

El modelo de correlación entre el IMC P y el MTTR es válido y significativo debido a que el valor crítico de F es de 0.009346273 siendo menor al nivel de significancia de 0.01

Prueba 4: Hallar el coeficiente de regresión

$$y = -14.046x + 15.875$$

Interpretación:

El coeficiente 15.875 es la pendiente de la recta, mide el cambio en el IMC P por cada unidad de cambio en el MTTR.

El coeficiente 14.046 es la ordenada al origen, el punto donde la recta intercepta al eje del IMC P, es decir el valor del IMC P cuando el MTTR es igual a 0

IMC NP(VI) VS MTTR(VD)

Prueba 1: Hallar el coeficiente de correlación múltiple

r	0.7496
---	---------------

Interpretación:

Tiene una correlación positiva fuerte.

Prueba 2: Hallar el coeficiente de determinación

r ²	0.5619
%	56.19%

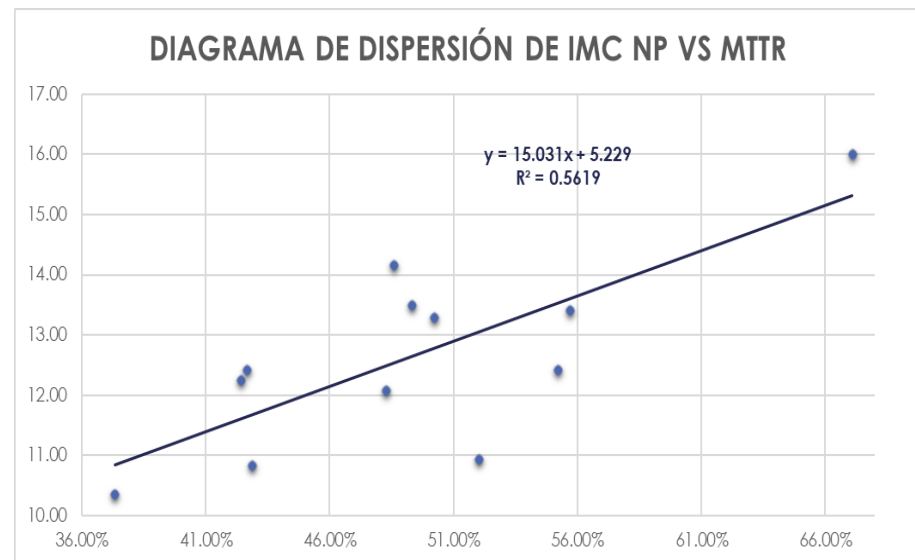
Interpretación:

El IMC NP aporta el 56.19% de la explicación de la variación del MTTR.

Prueba 3: Hacer el análisis de Varianza

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.749615539
Coefficiente de determinación R ²	0.561923456
R ² ajustado	0.518115802
Error típico	1.093013834
Observaciones	12



ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	15.32422353	15.32422353	12.82706101	0.004999315
Residuos	10	11.94679242	1.194679242		
Total	11	27.27101595			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 99.0%</i>	<i>Superior 99.0%</i>
Intercepción	5.22896308	2.093000529	2.498309488	0.031538055	0.565467285	9.892458875	-1.4043263	11.86225246
Variable X 1	15.030511	4.196721652	3.581488659	0.004999315	5.679632437	24.38138957	1.72995576	28.33106625

Interpretación:

El modelo de correlación entre el IMC NP y el MTTR es válido y significativo debido a que el valor crítico de F es 0.004999315 siendo menor al nivel de significancia de 0.01.

Prueba 4: Hallar el coeficiente de regresión

$$y = 15.031x + 5.229$$

Interpretación:

El coeficiente 5.229 es la pendiente de la recta, mide el cambio en el IMC NP por cada unidad de cambio en el MTTR.

El coeficiente 15.031 es la ordenada al origen, el punto donde la recta intercepta al eje del IMC NP, es decir el valor del IMC NP cuando el MTTR es igual a 0

NIVEL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO (VI) VS DISPONIBILIDAD OPERACIONAL (VD)

Prueba 1: Hallar el coeficiente de correlación múltiple

r	0.754
---	--------------

Interpretación:

Se tiene una correlación positiva fuerte.

Prueba 2: Hallar el coeficiente de determinación

r ²	0.5682
%	56.82%

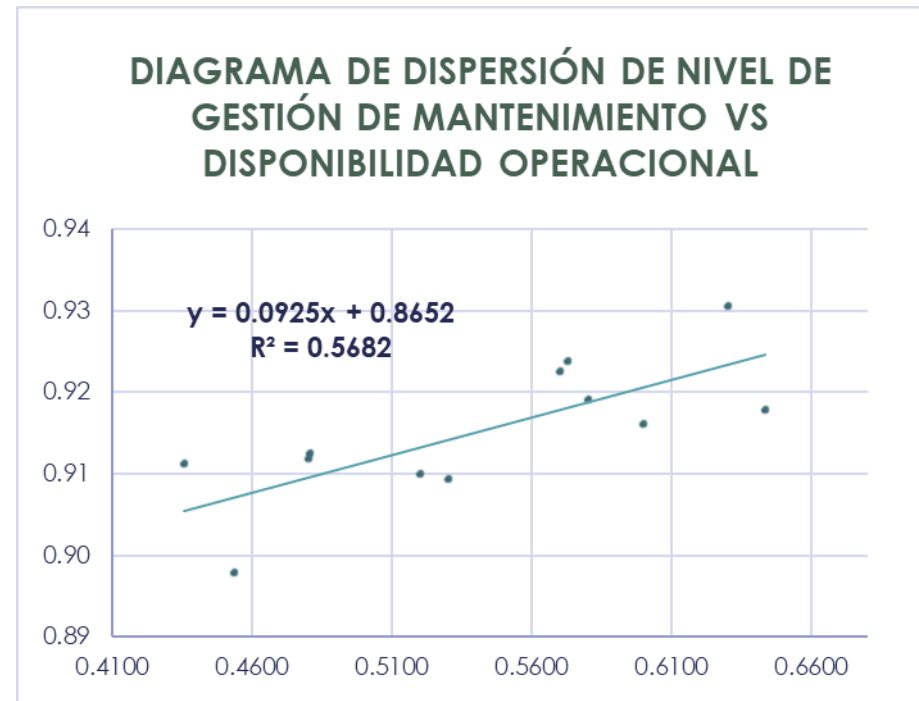
Interpretación:

El Nivel de gestión de mantenimiento aporta el 56.82% de la explicación de la variación de la Disponibilidad operacional.

Prueba 3: Hacer el análisis de Varianza

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.753780343
Coefficiente de determinación R ²	0.568184806
R ² ajustado	0.525003286
Error típico	0.005810021
Observaciones	12



ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0.000444168	0.000444168	13.15805496	0.004632461
Residuos	10	0.000337563	3.37563E-05		
Total	11	0.000781731			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 99.0%</i>	<i>Superior 99.0%</i>
Intercepción	0.865179268	0.013904326	62.22374885	2.79514E-14	0.834198499	0.896160036	0.821112668	0.909245867
Variable X 1	0.092487009	0.025496754	3.627403336	0.004632461	0.035676702	0.149297316	0.011680845	0.173293173

Interpretación:

El modelo de correlación entre el Nivel de gestión de mantenimiento y la Disponibilidad operacional es válido y significativo debido a que el valor crítico de F es 0.004632461 siendo menor al nivel de significancia de 0.01.

Prueba 4: Hallar el coeficiente de regresión

$$y = 0.0925x + 0.8652$$

Interpretación:

El coeficiente 0.8652 es la pendiente de la recta, mide el cambio en la Nivel de gestión de mantenimiento por cada unidad de cambio en la Disponibilidad operacional.

El coeficiente 0.0925 es la ordenada al origen, el punto donde la recta intercepta al eje del Nivel de gestión de mantenimiento, es decir el valor del Nivel de gestión de mantenimiento cuando la Disponibilidad operacional es igual a 0.

IMC P(VI) VS DISPONIBILIDAD OPERACIONAL(VD)

Prueba 1: Hallar el coeficiente de correlación múltiple

r	-0.7563
---	----------------

Interpretación:

Se tiene una correlación negativa fuerte.

Prueba 2: Hallar el coeficiente de determinación

r ²	0.57
%	57.20%

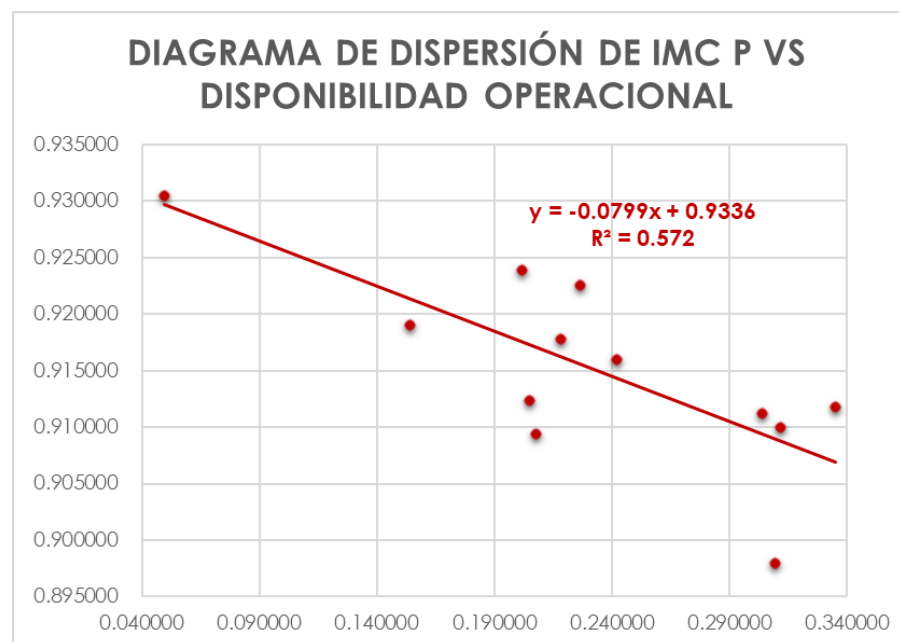
Interpretación:

El IMC P aporta el 57.20% de la explicación de la variación de la DISPONIBILIDAD OPERACIONAL.

Prueba 3: Hacer el análisis de Varianza

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.756327462
Coefficiente de determinación R ²	0.572031231
R ² ajustado	0.529234354
Error típico	0.005784087
Observaciones	12



ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0.000447175	0.000447175	13.36619098	0.004418365
Residuos	10	0.000334557	3.34557E-05		
Total	11	0.000781731			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 99.0%</i>	<i>Superior 99.0%</i>
Intercepción	0.933642207	0.005301202	176.1189512	8.55851E-19	0.921830392	0.945454022	0.916841251	0.950443162
Variable X 1	-0.079852893	0.021841719	-3.65598017	0.004418365	-0.128519277	-0.03118651	-0.14907526	-0.01063053

Interpretación:

El modelo de correlación entre el IMC P y la DISPONIBILIDAD OPERACIONAL es válido y significativo debido a que el valor crítico de F es 0.004418365 siendo menor al nivel de significancia de 0.01.

Prueba 4: Hallar el coeficiente de regresión

$$y = -0.0799x + 0.9336$$

Interpretación:

El coeficiente 0.9336 es la pendiente de la recta, mide el cambio en el IMC P por cada unidad de cambio en la DISPONIBILIDAD OPERACIONAL.

El coeficiente 0.0799 es la ordenada al origen, el punto donde la recta intercepta al eje del IMC P, es decir el valor del IMC P cuando la DISPONIBILIDAD OPERACIONAL es igual a 0.

IMC NP(VI) VS DISPONIBILIDAD OPERACIONAL(Y)

Prueba 1: Hallar el coeficiente de correlación múltiple

r	0.7132
---	---------------

Interpretación:

Se tiene una correlación positiva fuerte.

Prueba 2: Hallar el coeficiente de determinación

r ²	0.50867
%	50.87%

Interpretación:

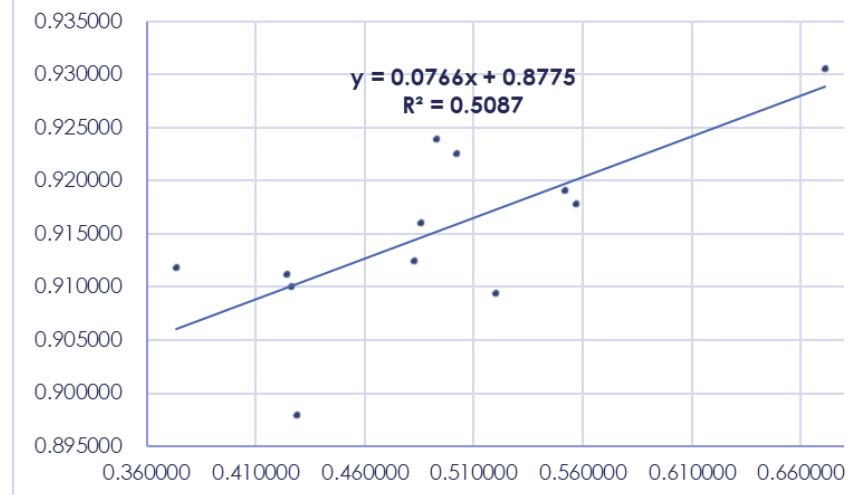
El IMC NP aporta el 50.87% de la explicación de la variación de la DISPONIBILIDAD OPERACIONAL.

Prueba 3: Hacer el análisis de Varianza

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.713211011
Coefficiente de determinación R ²	0.508669947
R ² ajustado	0.459536941
Error típico	0.006197484
Observaciones	12

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE IMC NP VS DISPONIBILIDAD OPERACIONAL



ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0.000397643	0.000397643	10.35291742	0.009212632
Residuos	10	0.000384088	3.84088E-05		
Total	11	0.000781731			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 99.0%</i>	<i>Superior 99.0%</i>
Intercepción	0.877499184	0.011867496	73.9413908	4.99559E-15	0.851056754	0.903941614	0.839887852	0.915110516
Variable X 1	0.07656518	0.023795779	3.217594974	0.009212632	0.02354488	0.129585481	0.001149867	0.151980493

Interpretación:

El modelo de correlación entre el IMC NP y la DISPONIBILIDAD OPERACIONAL es válido y significativo debido a que el valor crítico de F es 0.009212632 siendo menor al nivel de significancia de 0.01.

Prueba 4: Hallar el coeficiente de regresión

$$y = 0.0766x + 0.8775$$

Interpretación:

El coeficiente 0.8775 es la pendiente de la recta, mide el cambio en el IMC NP por cada unidad de cambio en la DISPONIBILIDAD OPERACIONAL.

El coeficiente 0.0766 es la ordenada al origen, el punto donde la recta intercepta al eje del IMC NP, es decir el valor del IMC NP cuando la DISPONIBILIDAD OPERACIONAL es igual a 0

Se resume con el siguiente recuadro:

PRUEBAS ESTADÍSTICAS		MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD OPERACIONAL	
NIVEL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	0.859	0.757	0.754	
	COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN	73.75%	57.29%	56.82%	
	ANÁLISIS DE VARIANZA	F	28.099	13.415	13.158
		F CRÍTICO	0.0003	0.0044	0.0046
	COEFICIENTE DE REGRESIÓN	A	-87.735	3.249	0.865
B		431.400	17.34636	0.09249	
IMC P	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	-0.765	-0.712	-0.756	
	COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN	58.55%	50.73%	57.20%	
	ANÁLISIS DE VARIANZA	F	14.125	10.298	13.366
		F CRÍTICO	0.0037	0.0093	0.0044
	COEFICIENTE DE REGRESIÓN	A	221.994	15.875	0.934
B		-330.746	-14.04611	-0.07985	
IMC NP	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	0.791	0.750	0.713	
	COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN	62.52%	56.19%	50.87%	
	ANÁLISIS DE VARIANZA	F	16.682	12.827	10.353
		F CRÍTICO	0.0022	0.0050	0.0092
	COEFICIENTE DE REGRESIÓN	A	-25.531	5.229	0.877
B		347.522	15.03051	0.07657	

Se realizan 4 pruebas estadísticas para analizar la incidencia entre las variables. La primera es midiendo el coeficiente de correlación el cual debe ser mayor o menor que 0 para que puedan tener incidencia. La segunda es el coeficiente de determinación, que explica lo que aporta una variable en otra. La tercera es el Análisis de varianza (ANOVA), que permite contrastar si nuestro modelo es significativo cuando el F crítico es menor que el nivel de significancia. Por último, el coeficiente de regresión permite medir el cambio de la variable independiente por cada unidad de cambio en la variable dependiente. Acorde a esto, se concluye que hay incidencia significativa entre la Gestión de mantenimiento y la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmeccánica.

Anexo 8 Base de recopilación de datos de mantenimientos correctivos

MANTENIMIENTO CORRECTIVO									
MES	FECHA	MÁQUINAS							HORAS/MES
		MQ130	MQ131	MQ132	MQ135	MQ136	MQ138	RECTIFICADORA	
ENERO	2/01/2019						28.50 hr	28.50 hr	64.00 hr
	28/01/2019				35.50 hr			35.50 hr	
FEBRERO	22/02/2019	25.00 hr						25.00 hr	25.00 hr
MARZO	28/03/2019			38.50 hr				38.50 hr	38.50 hr
ABRIL	11/04/2019					21.50 hr		21.50 hr	21.50 hr
MAYO	3/05/2019		30.00 hr					30.00 hr	63.50 hr
	29/05/2019				33.50 hr			33.50 hr	
JUNIO	2/06/2019			25.00 hr				25.00 hr	78.50 hr
	5/06/2019						53.50 hr	53.50 hr	
JULIO	2/07/2019	38.00 hr						38.00 hr	63.00 hr
	26/07/2019					25.00 hr		25.00 hr	
AGOSTO	1/08/2019		33.50 hr					33.50 hr	93.50 hr
	17/08/2019	31.50 hr						31.50 hr	
	28/08/2019				28.50 hr			28.50 hr	
SEPTIEMBRE	1/09/2019						31.50 hr	31.50 hr	58.00 hr
	14/09/2019	26.50 hr						26.50 hr	
OCTUBRE	6/10/2019							.00 hr	.00 hr
NOVIEMBRE	9/11/2019					27.50 hr		27.50 hr	120.00 hr
	15/11/2019			36.00 hr				36.00 hr	
	20/11/2019				29.00 hr			29.00 hr	
	27/11/2019		27.50 hr					27.50 hr	
DICIEMBRE	3/12/2019						28.50 hr	28.50 hr	28.50 hr

Anexo 9 Base de recopilación de datos de mantenimiento preventivo

MANTENIMIENTO PREVENTIVO									
MES	FECHA	MÁQUINAS							HORAS/ MES
		MQ130	MQ131	MQ132	MQ135	MQ136	MQ138	RECTIFICADORA	
ENERO	8/01/2019				26.50 hr			26.50 hr	26.50 hr
FEBRERO	5/02/2019			28.00 hr				28.00 hr	28.00 hr
MARZO	3/03/2019						25.00 hr	25.00 hr	25.00 hr
ABRIL	24/04/2019	20.00 hr						20.00 hr	20.00 hr
JUNIO	16/06/2019					28.00 hr		28.00 hr	49.50 hr
	23/06/2019		21.50 hr					21.50 hr	
JULIO	11/07/2019				20.50 hr			20.50 hr	20.50 hr
AGOSTO	4/08/2019			23.00 hr				23.00 hr	23.00 hr
SETIEMBRE	26/09/2019						20.00 hr	20.00 hr	20.00 hr
OCTUBRE	20/10/2019	21.00 hr						21.00 hr	21.00 hr
DICIEMBRE	19/12/2019					25.50 hr		25.50 hr	48.00 hr
	27/12/2019		22.50 hr					22.50 hr	

Anexo 10 Ponderación de las preguntas del ítem Relación entre mantenimiento y Producción del

Flash Audit

Relación entre Mantenimiento y Producción		G	M	P
1(a) Comunicación y Relaciones	1.26			
01)	¿Hay una línea de comunicación entre usted (Mantenimiento) y el personal de producción?	1.00	1.00	1.00
02)	¿Es fácil la comunicación entre departamentos y entre personas?	1.00	1.00	1.00
03)	¿Las demandas para intervenciones vienen desde Producción?	1.78	2.00	1.33
04)	¿Observa muchas intervenciones de Mantenimiento sin la consulta de Producción?	1.56	1.33	1.33
05)	¿Estas intervenciones se hacen en la forma de Mantenimiento Preventivo?	1.00	1.00	1.00
06)	¿Observa mucho tiempo perdido entre las demandas y las intervenciones?	1.22	1.00	1.33
1(b) Método de Intervención	1.67			
07)	¿Los operarios de producción también están desempeñando un papel en Mantenimiento?	2.67	2.33	2.67
08)	¿Los operarios son obligados a intervenir en vez de Mantener?	2.00	1.00	2.00
09)	¿Los operarios están registrando los detalles de sus intervenciones?	2.33	1.00	3.00
10)	¿El Mantenimiento registra los contenidos de las intervenciones de los operarios?	1.67	1.00	3.00
11)	¿Hay intervenciones para Mantenimiento sin una forma de ser completadas?	1.22	1.00	1.33
12)	¿Están registradas las demandas para las intervenciones?	1.33	1.00	1.00
13)	¿Usted realiza un control de calidad después de cada intervención?	1.44	2.33	1.00
14)	¿Existe un control formal de la información obtenida de los reportes de cada intervención?	1.22	1.00	1.67
15)	¿El equipo que es técnicamente mantenido es conocido por Mantenimiento?	1.11	1.00	1.33
1(c) Percepción del Mantenimiento Preventivo (Nivel de Mantenimiento)	1.76			
16)	¿Es usted directamente responsable del correcto funcionamiento de una o varias máquinas o de equipos?	1.67	2.00	1.00
17)	¿Existe un programa de Mantenimiento preventivo?	1.00	1.00	1.00
18)	¿La introducción del mantenimiento preventivo causa problemas?	1.78	2.00	1.33
19)	¿Usted ajusta (electricistas) o aprieta tuercas (mecánicos), tubos, accesorios, conexiones, etc.?	1.89	2.67	1.00
20)	¿Lubrica y ajusta regularmente sus máquinas?	1.89	2.67	1.00
21)	¿Conoce los tipos de lubricantes o los tipos de ajuste necesarios para cada una de sus máquinas?	2.11	2.33	1.00
22)	¿Visita sistemáticamente sus máquinas o equipos?	2.00	2.67	2.33
23)	¿Controla el estado de sus máquinas o equipos?	2.22	2.67	2.00
24)	¿Interviene de acuerdo a un programa regular?	1.56	1.67	1.00
25)	¿El programa se ha elaborado con la ayuda de la gente de producción?	1.89	2.00	1.67

26) ¿Existe una planeación de todas o unas partes de las operaciones, visitas y controles?	1.33	1.00	1.00	2.00
1(d) Percepción de la Función de Mantenimiento por Producción	1.90			
27) ¿Usted siempre llama Mantenimiento con procedimientos definidos?	1.33	1.00	1.00	2.00
28) ¿Respeto estos procedimientos incluso en caso de averías o en circunstancias imprevistas?	1.67	2.00	1.00	2.00
29) ¿Llama a Mantenimiento en caso de la limpieza de sus máquinas?	1.33	1.00	2.00	1.00
30) ¿Llama a Mantenimiento en caso del control simple de niveles?	1.56	1.00	1.67	2.00
31) ¿Llama a Mantenimiento en caso de cambiar fusibles?	3.00	3.00	3.00	3.00
32) ¿Llama a Mantenimiento en caso de ajustes elementales?	2.44	2.00	2.33	3.00
33) ¿Divulga los detalles de la intervención por la producción al mantenimiento?	1.78	1.00	2.33	2.00
34) ¿Considera al departamento de Mantenimiento tan importante como el de producción?	2.11	2.33	1.00	3.00
PROMEDIO	1.68	1.62	1.55	1.87
CALIFICACIÓN	66.01%	69.12%	72.55%	56.37%

Anexo 11 Ponderación de las preguntas del ítem Percepción de las Jerarquías Superiores de
Mantenimiento del Flash Audit

Percepción de las Jerarquías Superiores de Mantenimiento			G	M	P
2(a)	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	1.19			
01)	¿Existe un diagrama organizacional en su compañía?	1.00	1.00	1.00	1.00
02)	¿Existe un diagrama organizacional específico para mantenimiento?	1.22	1.67	1.00	1.00
03)	¿Conoce la mano de obra en mantenimiento?	1.11	1.33	1.00	1.00
04)	¿La mano de obra corresponde con el diagrama organizacional?	1.00	1.00	1.00	1.00
05)	¿Cada posición de la jerarquía corresponde con el trabajo real?	1.00	1.00	1.00	1.00
06)	¿Piensa usted que es útil o de poco uso hacer que el mantenimiento dependa de la producción?	1.67	1.67	1.33	2.00
07)	¿Piensa que es útil darle mantenimiento el poder de decisión para definir su propia política, así como sus medios de acciones?	1.00	1.00	1.00	1.00
08)	¿Puede el mantenimiento decidir cuándo reacondicionar el equipo y la maquinaria estratégica?	1.33	1.00	2.00	1.00
09)	¿El mantenimiento participa en la compra de nuevos equipos?	1.33	1.00	2.00	1.00
2(b)	Posición de la Mano de Obra del Mantenimiento dentro de la Compañía	2.41			
10)	¿Aplica los mismos criterios de la promoción para el personal de la producción y de mantenimiento en sus carreras profesionales?	2.67	3.00	3.00	2.00
11)	¿Son las posibilidades de promoción iguales para el personal de la producción y de mantenimiento?	2.56	2.67	3.00	2.00
12)	¿Utiliza la misma estructura de pago para el personal de producción que para el de mantenimiento?	3.00	3.00	3.00	3.00
13)	¿Utiliza la misma estructura de bonos para el personal de producción que para el de mantenimiento?	2.00	2.00	2.00	2.00
14)	¿Usted da las mismas ventajas al personal de producción en cuanto a mantenimiento?	2.56	3.00	2.67	2.00
15)	¿En su retiro, puede una persona del mantenimiento esperar lograr el mismo alto nivel que sus contrapartes de la producción?	2.67	2.67	2.33	3.00
16)	¿La gerencia en esta compañía viene de mantenimiento o de producción?	1.44	1.00	2.33	1.00
2(c)	Opinión de Mantenimiento	1.81			
17)	¿Conoce los costos globales de Mantenimiento?	1.89	1.67	1.00	3.00
18)	¿Qué parte del presupuesto de trabajo es consumida por el mantenimiento?	2.44	2.00	2.33	3.00
19)	¿Piensa que el nivel técnico de las intervenciones ejecutadas realizadas por el mantenimiento es provechoso a la compañía?	1.00	1.00	1.00	1.00
20)	¿Piensa que el mantenimiento puede ayudar a lograr sus objetivos de funcionamiento?	1.00	1.00	1.00	1.00
21)	¿Desde este punto de vista, piensa que los costes de mantenimiento están justificados?	1.33	1.33	1.33	1.33

“DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS DEL ÁREA DE
RECTIFICADO EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA EN LA PROVINCIA
CONSTITUCIONAL DEL CALLAO.”

22)	¿Piensa que el mantenimiento puede ayudarle a mantener una alta disponibilidad en sus equipos?	1.00	1.00	1.00	1.00
23)	¿Piensa que el mantenimiento puede ayudarle a mejorar seguridad y el entorno de trabajo?	1.67	1.00	1.00	3.00
24)	Considerando sus respuestas, ¿en cuales categorías usted ubicaría al mantenimiento?	1.33	1.00	1.00	2.00
25)	¿Conoce el presupuesto para el mantenimiento?	2.11	1.33	2.00	3.00
26)	¿Hay las líneas presupuestarias específicas para las varias actividades del mantenimiento?	1.78	2.00	1.33	2.00
27)	¿Son estas líneas presupuestarias específicas suficientes?	1.67	2.00	1.00	2.00
28)	¿Tiene un presupuesto específico para el entrenamiento del personal del mantenimiento?	2.78	2.33	3.00	3.00
29)	¿Piensa que este presupuesto cubre las necesidades de entrenamiento?	2.56	2.67	3.00	2.00
30)	¿Tiene algunos cocientes para ayudarle a manejar sus costes?	2.33	2.00	2.00	3.00
31)	¿Para mejorar funcionamientos, usted utiliza a menudo cocientes?	2.33	2.00	2.00	3.00
PROMEDIO		1.77	1.69	1.73	1.88
CALIFICACIÓN		61.65%	65.59%	63.44%	55.91%

Anexo 12 Ponderación de las preguntas del ítem Percepción del Departamento de Mantenimiento

por Mantenimiento del Flash Audit

Percepción del Departamento de Mantenimiento por Mantenimiento			G	M	P
3(a) Importancia dada a la Organización	1.67				
01) En caso de que falta o interrupción, ¿quién es informado por producción?	1.33	2.00	1.00	1.00	
02) Después de una intervención, ¿anota los detalles del trabajo realizado?	1.56	2.00	1.00	1.67	
03) ¿Hay un intercambio sistemático de los detalles de las intervenciones entre la producción y el mantenimiento?	2.00	1.67	2.00	2.33	
04) En la práctica, ¿la organización permite estos intercambios?	1.33	1.00	1.00	2.00	
05) ¿Dónde archiva la forma en la cual observa los detalles de su trabajo?	1.44	1.67	1.00	1.67	
06) ¿Hay preparación de intervenciones rutinarias?	2.11	1.33	3.00	2.00	
07) ¿Hay preparación de intervenciones en las máquinas que afectan la producción?	1.56	1.00	1.67	2.00	
08) ¿Tiene una oficina técnica que sea parte de mantenimiento?	2.00	2.00	2.00	2.00	
3(b) Importancia dada a la entrada de datos y al análisis de datos	1.53				
09) Para las operaciones del mantenimiento, ¿se compone un informe de la ejecución?	1.00	1.00	1.00	1.00	
10) ¿Se comprueban las horas trabajadas reales?	1.78	2.00	1.33	2.00	
11) ¿Están las piezas de repuestos utilizadas y los artículos registrados?	1.22	1.00	1.00	1.67	
12) ¿Recibe detalles en el departamento del mantenimiento en caso de intervenciones de Producción?	2.33	1.00	3.00	3.00	
13) ¿qué hace con el informe de ejecución?	1.00	1.00	1.00	1.00	
14) ¿Qué usted hace con las planillas de tiempo?	1.00	1.00	1.00	1.00	
15) ¿Qué hace usted con las hojas de control de las piezas de repuesto y los artículos?	1.00	1.00	1.00	1.00	
16) ¿Existe un tratamiento técnico de los documentos concernientes a la demanda del trabajo, las planillas de tiempo y el reporte?	1.56	2.00	1.67	1.00	
17) ¿Hay una regeneración sistemática de la información después de	2.44	2.00	2.33	3.00	
18) Después de procesar, ¿piensa que la cantidad de retroalimentación es suficiente?	2.00	2.00	1.67	2.33	
3(c) Mantenimiento Preventivo	1.42				
19) ¿Existe un programa de Mantenimiento Preventivo?	1.00	1.00	1.00	1.00	
20) ¿Comprueba sistemáticamente las máquinas y equipos?	1.67	2.33	1.67	1.00	
21) ¿Las instrucciones de funcionamiento existen para los controles sistemáticos?	1.33	1.00	2.00	1.00	
22) ¿Cuántas máquinas se controlan sistemáticamente?	1.22	1.00	1.00	1.67	
23) ¿Percibe resultados positivos referentes a las máquinas que se controlan sistemáticamente?	1.33	1.00	1.00	2.00	
24) ¿Cómo mide usted esta mejora?	1.89	1.67	1.67	2.33	
25) ¿Hay un informe de la ejecución que se refiere a operaciones de mantenimiento?	1.89	2.00	1.67	2.00	
26) ¿Existe un reporte de Intervenciones Preventivas?	1.00	1.00	1.00	1.00	
PROMEDIO	1.54	1.45	1.49	1.68	
CALIFICACIÓN	73.08%	77.56%	75.64%	66.03%	

Anexo 13 Ponderación de las preguntas del ítem Conocimiento de la Disponibilidad de equipos del

Flash Audit

Conocimiento de la Disponibilidad de equipos		G	M	P
4(a) Registros Históricos	1.26			
01) ¿Sabe qué máquinas son estratégicas para la Producción?	1.00	1.00	1.00	1.00
02) ¿Sabe por qué se consideran estratégicas??	1.00	1.00	1.00	1.00
03) ¿Actualiza el expediente del historial de estas máquinas?	1.56	1.67	1.00	2.00
04) ¿Está la parte de Disponibilidad en los registros históricos?	1.00	1.00	1.00	1.00
05) En su área, ¿conoce qué máquinas son problemáticas?	1.33	2.00	1.00	1.00
06) ¿Existe un programa de Mantenimiento Preventivo para las máquinas?	1.11	1.33	1.00	1.00
07) ¿Tiene un sistema de gerencia para la parada estacional?	1.67	2.00	1.00	2.00
08) En mantenimiento preventivo, además de la parada estacional de la unidad, ¿tiene un planeamiento para la parada regular?	1.00	1.00	1.00	1.00
09) ¿Hay una preparación detallada de las intervenciones durante estas paradas previstas?	1.78	2.00	2.00	1.33
10) ¿Un registro histórico existe para todas las intervenciones planeadas?	1.00	1.00	1.00	1.00
11) ¿Existe un registro histórico de las Intervenciones correctivas?	1.33	1.00	1.00	2.00
12) ¿Tiene un historial de todas las pérdidas de disponibilidad (externa o interna) de sus máquinas y equipos?	1.33	1.00	1.00	2.00
4(b) Análisis de los datos y de las informaciones	1.89			
13) ¿Sigue el down time para todas las máquinas?	1.89	1.67	2.00	2.00
14) ¿Registra las causas de la parada de las máquinas?	1.67	1.67	1.00	2.33
15) ¿Sigue el índice de la disponibilidad de las máquinas que disciernen entre la interrupción, el mantenimiento preventivo, lubricar, etc.?	3.00	3.00	3.00	3.00
16) ¿Registra sobre las horas de la ejecución, la dosificación entre el Mantenimiento Preventivo y Correctivo?	1.00	1.00	1.00	1.00
17) ¿Es el informe global conocido?	1.56	1.67	1.00	2.00
18) ¿Este informe es conocido para todas las máquinas Estratégicas?	1.89	1.67	2.00	2.00
19) ¿Tiene límites que sean aceptables o inaceptables para el Mantenimiento preventivo/Mantenimiento Correctivo?	2.00	2.00	2.00	2.00
20) ¿Utiliza este cociente para mejorar el programa preventivo?	2.44	2.00	2.33	3.00
21) ¿Mide la tarifa de la satisfacción después de tareas de mejora?	2.44	2.00	3.00	2.33
22) ¿Hay intervenciones del mantenimiento sin el uso de un informe?	1.00	1.00	1.00	1.00
PROMEDIO	1.55	1.53	1.42	1.68
CALIFICACIÓN	72.73%	73.48%	78.79%	65.91%

Anexo 14 Ponderación de las preguntas del ítem Conocimiento de los Costos de mantenimiento

del Flash Audit

Conocimiento de los Costos de mantenimiento		G	M	P	
5(a)	Datos históricos referentes a costos de mantenimiento	2.08			
01)	¿Conoce los costos de Mantenimiento en detalle?	2.22	2.00	1.67	3.00
02)	¿Hace usted la adquisición de datos de los costes de mantenimiento?	2.78	2.67	2.67	3.00
03)	¿Tiene registros de la adquisición de datos referentes a los costes de mantenimiento?	2.33	1.67	2.33	3.00
04)	¿Usted utiliza un documento especial para exigir una intervención?	1.00	1.00	1.00	1.00
05)	¿hay un informe formal de la ejecución para las intervenciones del mantenimiento?	1.00	1.00	1.00	1.00
06)	¿Existen planillas de tiempo?	1.00	1.00	1.00	1.00
07)	¿Registra el consumo de las piezas de repuesto?	2.00	2.00	1.00	3.00
08)	¿Hay un tratamiento técnico de los documentos que se refieren a la demanda del trabajo, a las planillas de tiempo y al informe?	2.00	2.00	2.00	2.00
09)	¿Destaca los costes de la ejecución de Mantenimiento Preventivo?	2.33	1.67	2.33	3.00
10)	¿Destaca los costes de la ejecución de Mantenimiento Correctivo??	2.44	2.00	2.33	3.00
11)	¿Se sigue el informe del costo del Mantenimiento Preventivo/Correctivo?	2.78	2.67	2.67	3.00
12)	¿Es el informe de costo del Preventivo/Correctivo conocido para cada máquina?	2.56	2.00	2.67	3.00
13)	¿Utiliza el informe para hacer evaluaciones al programa Preventivo?	2.56	2.67	2.00	3.00
5(b)	Análisis del sistema actual	2.31			
14)	¿Siempre utiliza índices de costos?	2.44	1.67	2.67	3.00
15)	¿Hay siempre un tratamiento técnico para los costes??	2.00	2.00	2.00	2.00
16)	¿Tiene proceso específico para los Costos Preventivos??	2.33	2.00	2.00	3.00
17)	Si usted adquiere datos de costeo, ¿es para un análisis de la contabilidad analítica?	2.00	2.00	2.00	2.00
18)	¿Tiene una estructura para la contabilidad analítica?	2.11	2.00	2.33	2.00
19)		2.89	2.67	3.00	3.00
20)	¿Es el informe de los costes de mantenimiento Preventivo/Correctivo conocido y seguido siempre?	2.56	2.00	2.67	3.00
PROMEDIO		2.17	1.93	2.07	2.50
CALIFICACIÓN		41.67%	53.33%	46.67%	25.00%

Anexo 15 Ponderación de las preguntas del ítem Métodos y preparación de trabajos de
mantenimiento

Métodos y preparación de trabajos de mantenimiento.		G	M	P
6(a) Preparación del Trabajo	2.03			
01) ¿Para las intervenciones planeadas, usted prepara los Recursos Humanos necesarios?	1.78	2.33	1.00	2.00
02) ¿Para las intervenciones previstas, usted prepara el equipo?	1.89	2.67	1.00	2.00
03) ¿Para las intervenciones previstas, usted prepara las herramientas necesarias, principalmente herramientas específicas?	1.89	2.67	1.00	2.00
04) ¿Para las intervenciones previstas, usted prepara la documentación técnica necesaria?	2.00	2.33	1.67	2.00
05) ¿Para las intervenciones previstas, usted prepara el equipo necesario de medición?	1.89	2.67	1.00	2.00
06) ¿En general, hace una valoración de la época necesaria para las intervenciones previstas?	1.33	1.67	1.33	1.00
07) ¿El horario de tiempo de las intervenciones se respeta?	2.11	2.00	2.00	2.33
08) ¿Antes de preparar ciertas intervenciones, realiza una inspección preliminar?	2.44	2.67	2.00	2.67
09) ¿Para qué tipos de intervención usted realiza estas inspecciones?	2.56	2.67	2.00	3.00
10) ¿Para qué tipos de intervención usted refiere a la documentación técnica?	2.44	2.33	2.00	3.00
11) ¿Intenta sincronizar las intervenciones de varias especialidades?	2.78	2.67	2.67	3.00
12) ¿Cuándo se planea una intervención, en cual momento la necesidad de piezas aparece?	1.22	1.67	1.00	1.00
6(b) Historia cronológica de las intervenciones	1.60			
13) ¿Utiliza una forma especial para exigir una intervención?	1.00	1.00	1.00	1.00
14) ¿Existe un informe de ejecución formal para las actividades del mantenimiento?	1.33	1.00	1.00	2.00
15) ¿La ejecución del trabajo para el Mantenimiento Preventivo, está basado en procedimientos estándares de operación?	1.33	1.00	1.00	2.00
16) ¿Con ayuda de quienes han sido elaboradas estas formas o procedimientos?	1.89	1.67	2.00	2.00
17) ¿Hay un tratamiento técnico para las formas de petición de trabajo, las órdenes de trabajo y el informe de las horas registradas?	1.67	2.00	2.00	1.00
18) ¿Existen intervenciones de Mantenimiento sin una petición o una orden formal?	1.00	1.00	1.00	1.00
19) ¿Compara la cantidad de horas gastadas y el consumo real de las piezas de repuesto, con sus documentos de preparación del trabajo y los procedimientos estándar funcionamiento?	3.00	3.00	3.00	3.00
6(c) Análisis de los sistemas actuales	2.14			
20) ¿Adquiere regularmente estadísticas sobre la naturaleza de las intervenciones exigidas?	2.33	2.00	2.00	3.00
21) ¿Procesa regularmente los elementos escritos en las demandas de las intervenciones?	2.33	2.00	2.00	3.00

22)	¿Calcula los costos de ejecución para el Mantenimiento Preventivo?	2.56	2.00	2.67	3.00
23)	¿Calcula el tiempo de ejecución para el Mantenimiento Preventivo?	1.78	1.33	1.00	3.00
24)	¿Calcula los costos de ejecución para el Mantenimiento Correctivo?	2.44	1.67	2.67	3.00
25)	¿Calcula los tiempos de ejecución para el Mantenimiento Correctivo?	1.78	1.33	1.00	3.00
26)	¿Utiliza índices para comparar los costes de mantenimiento Preventivo y Correctivo?	2.56	2.00	2.67	3.00
27)	¿Utiliza índices para comparar los tiempos de ejecución del Mantenimiento Preventivo y Correctivo?	2.00	1.00	2.00	3.00
28)	¿Utiliza estos índices para mejorar el programa de Mantenimiento Preventivo?	2.33	2.00	2.00	3.00
29)	¿Cómo se siguen los datos y los índices?	1.33	1.00	1.00	2.00
6(d) Trabajos de la mejora		2.19			
30)	¿Ha hecho mejoras a sus equipos o máquinas?	2.22	2.00	2.67	2.00
31)	¿Ha participado en grupos de trabajo para el análisis de mejoras sugeridas a sus equipos o máquinas?	2.44	2.00	2.33	3.00
32)	¿Hace estudios de beneficios antes de comenzar la implementación de mejoras en los equipos o máquinas?	2.56	2.67	2.00	3.00
33)	¿Utiliza los mismos procedimientos para mejorar las infraestructuras y los edificios?	2.33	2.00	2.00	3.00
34)	¿Tiene un departamento que tome con cuidado de los estudios de las mejoras?	2.67	2.00	3.00	3.00
35)	¿Quién puede lanzar los estudios de la mejora con respecto a las máquinas de la producción?	1.67	1.00	2.00	2.00
36)	¿Quién puede lanzar los estudios de la mejora con respecto a la infraestructura?	1.44	2.33	1.00	1.00
6(e) Mantenimiento Preventivo		1.83			
37)	¿Existe un programa para Mantenimiento Preventivo?	1.11	1.00	1.00	1.33
38)	¿Quién elabora la planeación para la lubricación y las inspecciones?	1.00	1.00	1.00	1.00
39)	¿Conoce los tipos de lubricantes y los tipos de ajuste necesarios para todas sus máquinas?	1.67	2.00	1.00	2.00
40)	¿Quién define los procedimientos de operación para la lubricación y los ajustes?	1.00	1.00	1.00	1.00
41)	¿Utiliza un sistema de las tarjetas de índice preestablecidas para todas las visitas programadas?	2.67	2.00	3.00	3.00
42)	¿Con quién usted ha resuelto estas tarjetas de índice para las visitas?	2.67	2.00	3.00	3.00
43)	¿Recibe la recomendación concerniente a las formas y demandas de la intervención?	1.89	1.67	2.00	2.00
44)	¿Calcula la estadística de acuerdo a la proporción de costos de Mantenimiento Preventivo y de Mantenimiento Correctivo?	2.44	2.33	2.00	3.00
45)	¿Calcula la estadística concerniente a la proporción de horas registradas de Mantenimiento Preventivo y de Mantenimiento Correctivo?	2.00	2.00	1.00	3.00
6(f) Piezas de Repuesto		2.00			
46)	¿Define las piezas de repuesto necesarias para cada intervención planeada?	2.00	2.00	1.00	3.00
47)	¿Qué sección o que persona define estas necesidades?	1.00	1.00	1.00	1.00

48)	¿Qué papel desempeña el departamento de mantenimiento en el sistema de entrega de las piezas de repuesto?	1.00	1.00	1.00	1.00
49)	¿Analiza la información sobre las piezas de repuesto obtenidas de los informes de la intervención?	2.00	2.00	1.00	3.00
50)	¿Comprueba la conformidad y las referencias de las piezas de repuesto recibidas?	1.78	1.33	1.00	3.00
51)	¿Es usted responsable de actualizar regularmente el catálogo de piezas de repuesto?	2.56	2.67	2.00	3.00
52)	¿Usted asigna los costos de las piezas de repuesto?	2.67	2.00	3.00	3.00
53)	¿Utiliza cocientes para seguir los costos de las piezas de repuesto?	2.56	1.67	3.00	3.00
54)	¿Participa en la elaboración de criterios de gerencia para las piezas de repuesto?	2.11	1.00	2.33	3.00
55)	¿Participa en las decisiones referentes la subcontratación de ciertas tareas del mantenimiento?	2.33	1.67	2.33	3.00
6(g) Documentación Técnica		1.59			
56)	¿Utiliza la documentación técnica durante la preparación de las intervenciones de mantenimiento?	2.44	2.67	1.67	3.00
57)	¿Es fácil el acceso a la documentación técnica?	2.00	1.67	2.00	2.33
58)	Si usted necesita la documentación, ¿dónde puede usted encontrarla?	1.00	1.00	1.00	1.00
59)	Cuándo consulta un documento, ¿está seguro de su confiabilidad?	1.00	1.00	1.00	1.00
60)	¿Encuentra fácilmente los temas referentes a su trabajo?	1.00	1.00	1.00	1.00
61)	¿Está satisfecho con el sistema de codificación de la documentación técnica?	1.00	1.00	1.00	1.00
62)	¿El sistema permite que encuentre la información eficientemente?	1.67	1.00	2.00	2.00
63)	¿Existe un sistema para los archivos de la máquina, los archivos de los estándares y otros archivos técnicos?	1.89	2.00	2.00	1.67
64)	¿Estos documentos se consultan con frecuencia?	2.33	2.00	2.00	3.00
65)	¿Estos archivos son actualizados regularmente?	2.00	1.67	2.00	2.33
66)	¿Las modificaciones en el equipo se basan siempre en la Documentación Técnica?	1.11	1.00	1.00	1.33
PROMEDIO		1.91	1.77	1.71	2.26
CALIFICACIÓN		54.38%	61.62%	64.39%	37.12%

Anexo 16 Ponderación de las preguntas del ítem Planeación de actividades y trabajos de

mantenimiento

Planeación de actividades y trabajos de mantenimiento		G	M	P
7(a) Programación del Trabajo	1.84			
01) ¿Utiliza una forma específica para exigir una intervención a otro servicio?	1.89	1.67	1.00	3.00
02) ¿Utiliza una forma similar para las intervenciones no programadas (reparaciones)?	1.89	1.67	1.00	3.00
03) ¿Existe un circuito administrativo bien definido para estas formas?	2.33	2.00	2.00	3.00
04) ¿Estas formas se registran en cada paso del circuito?	2.33	2.00	2.00	3.00
05) ¿Hay un informe de ejecución sobre el mismo documento?	2.67	3.00	2.00	3.00
06) En caso de intervención prevista, ¿quién lleva a cabo la preparación del trabajo?	1.00	1.00	1.00	1.00
07) ¿En caso de parada necesaria de las máquinas estratégicas, lo obtuvo fácilmente desde producción?	1.44	1.33	1.00	2.00
08) ¿Hace generalmente una estimación del tiempo necesario para las intervenciones planeadas?	1.78	1.33	1.00	3.00
09) ¿Se respetan los horarios de tiempo?	2.11	2.00	2.33	2.00
10) ¿Conoce la proporción de las intervenciones imprevistas en relación a las intervenciones previstos?	2.00	1.67	2.00	2.33
11) ¿Para cual equipo tiene manuales de reparaciones de mantenimiento?	1.67	1.00	2.00	2.00
12) ¿Hay una clasificación central para todos los manuales?	1.33	1.00	2.00	1.00
13) ¿Estos manuales se traducen a español para sus técnicos?	1.44	1.00	2.00	1.33
7(b) Programación de Trabajo y ejecución	1.71			
14) ¿Tiene un sistema para definir prioridades de intervenciones previstos?	2.00	2.00	2.00	2.00
15) Si no, ¿Cómo decide las prioridades de las intervenciones previstas?	1.22	1.00	1.33	1.33
16) ¿Sobre cuál base usted acepta el trabajo suplementario?	1.44	1.33	1.33	1.67
17) ¿Calcula regularmente su carga de trabajo?	1.56	1.67	2.00	1.00
18) ¿Cómo calcula su carga de trabajo?	2.44	2.33	3.00	2.00
19) ¿Actualiza regularmente este cálculo?	1.89	1.67	2.00	2.00
20) ¿Cómo asigna el tiempo y el número del personal requerido?	2.22	1.67	2.00	3.00
21) ¿Cómo define las herramientas necesarias?	1.56	1.00	1.67	2.00
22) ¿Cómo define las herramientas manuales?	1.78	2.00	2.00	1.33
23) ¿Cómo decide reemplazar las partes?	1.00	1.00	1.00	1.00
PROMEDIO	1.78	1.58	1.72	2.04
CALIFICACIÓN	60.87%	71.01%	63.77%	47.83%

Anexo 17 Ponderación de las preguntas del ítem Manejo de inventarios

Manejo de inventarios		G	M	P
8(a) Catálogo de piezas de repuestos	1.98			
01) ¿Para cuantas de sus maquinas tiene usted un catalogo de piezas de recambio?	1.67	1.00	2.00	2.00
02) ¿Tiene usted muchas copias de cada catálogo?	2.33	2.00	2.00	3.00
03) ¿Cuál es la razón de la carencia de catálogos?	1.78	1.00	2.33	2.00
04) ¿Tiene usted la clasificación centralizada para catálogos?	2.00	2.00	2.00	2.00
05) ¿Para ciertos artículos generales, (artículos estándar) usa usted sólo la referencia de proveedor?	1.78	1.33	2.00	2.00
06) ¿Son puestos al día los catálogos de piezas de recambio con regularidad?	2.33	2.00	2.00	3.00
07) ¿Son la mayor parte de sus catálogos en su propia lengua?	2.00	2.00	2.00	2.00
8(b) Registro de retiro y destinación de las piezas de recambio	1.51			
08) ¿Es registrada cada pieza de recambio saliente?	1.00	1.00	1.00	1.00
09) ¿Sobre cuál método recibe usted demandas de una pieza de recambio?	1.00	1.00	1.00	1.00
10) ¿Controla usted la conformidad y las referencias de las piezas de recambio recibidas?	1.78	1.33	2.00	2.00
11) ¿Hay un control de la destinación final de piezas de recambio codiciosas?	1.00	1.00	1.00	1.00
12) ¿Si usted nota una anomalía (la no conformidad, mal se refiere, la dirección desconocida), qué hace usted?	1.56	1.00	1.67	2.00
13) ¿Tiene usted un sistema para asignar las piezas a una orden de trabajo?	2.00	2.00	1.00	3.00
14) ¿Se le hace un buen seguimiento a este sistema de cita?	2.33	2.00	2.00	3.00
15) ¿Hay un control final acerca de los pasos procesales del uso de piezas de recambio?	1.33	1.00	1.00	2.00
16) ¿Recibe usted o hace usted la cuenta regular del número de las piezas de recambio que dejan cada sector?	1.00	1.00	1.00	1.00
17) ¿Recibe usted o hace usted la cuenta regular del valor de las piezas de recambio que dejan cada sector?	2.11	1.67	1.67	3.00
8(c) Listas de piezas de recambio	1.40			
18) ¿Usa usted un sistema a la continuación la disponibilidad de piezas de recambio en la acción(reserva)?	2.22	1.67	2.00	3.00
19) ¿Con que frecuencia pone al día usted el estado de las tarjetas de índice para la acción(reserva) de piezas de recambio?	2.33	3.00	2.00	2.00

20)	¿Verifica usted la disponibilidad sólo basada en el listado ó también por controlando la acción(reserva) física?	1.56	1.67	1.33	1.67
21)	¿Con frecuencia nota usted diferencias entre las cantidades catalogadas y las cantidades físicas?	1.78	2.00	1.67	1.67
22)	¿Con que frecuencia controla usted la acción(reserva) de piezas de recambio física?				
23)	¿Qué porcentaje de artículos de reserva están en mal estado?	2.22	1.67	2.00	3.00
24)	¿Usa usted la descripción de artículo?	2.00	2.00	1.00	3.00
25)	¿Usa usted la referencia de artículo?	1.00	1.00	1.00	1.00
26)	¿Usa usted la referencia de proveedor?	1.00	1.00	1.00	1.00
27)	¿Usted usa el código de posición?	1.00	1.00	1.00	1.00
28)	¿Usted usa reserva en cantidad?	1.00	1.00	1.00	1.00
29)	¿Usted usa registro y fechas?	1.00	1.00	1.00	1.00
30)	¿Usted usa cuestionarios y fechas?	1.00	1.00	1.00	1.00
31)	¿Usa usted la reserva máxima?	1.00	1.00	1.00	1.00
32)	¿Usa usted la reserva mínima?	1.00	1.00	1.00	1.00
33)	¿Usa usted la cantidad ordenada(pedida)?	1.00	1.00	1.00	1.00
34)	¿Usa usted la orden de referencia(pedido)?	1.11	1.33	1.00	1.00
35)	¿Usa usted el precio por unidad?	2.00	1.00	2.00	3.00
8(d) Dirección de Piezas de recambio		1.76			
36)	¿Usted da continuación a los niveles de reserva de cada	2.22	1.67	2.00	3.00
37)	¿Usted da continuación a las órdenes en el progreso	1.89	1.67	1.00	3.00
38)	¿Está condicionado el sistema de control con los límites	2.00	1.00	2.00	3.00
39)	¿Es automatizado el control de reserva, manual o combinado?	1.00	1.00	1.00	1.00
40)	¿Quién decide los criterios de control para la dirección de piezas de recambio?	1.00	1.00	1.00	1.00
41)	¿Son reajustados los criterios de control con regularidad?	2.11	2.00	2.00	2.33
42)	¿Tiene usted una o varias tiendas para abastecer sus piezas de recambio?	1.56	1.00	1.67	2.00
43)	¿Están estas bien aisladas y bien protegidas?	1.11	1.33	1.00	1.00
44)	¿Están codificada la posición de las partes incluidas en su sistema de dirección?	1.33	1.00	2.00	1.00
45)	¿Sabe(conoce) usted cuáles piezas de recambio que	2.56	2.00	2.67	3.00
46)	¿Usa usted un sistema de pico - hacia fuera en tiendas o en reservas para las partes que con frecuencia son consumidas?	2.33	2.00	2.00	3.00
47)	¿Controla usted estas acciones de la reserva?	2.00	2.00	1.00	3.00
8(e) Compras y Suministro de reserva		2.07			

48)	¿Nota usted tardanzas importantes del suministro de ciertas partes?	2.44	2.33	2.00	3.00
49)	¿Analiza usted las causas de aquellas tardanzas?	2.11	2.00	2.33	2.00
50)	¿Son lanzadas nuevos órdenes de compra después de un procedimiento bien definido?	1.00	1.00	1.00	1.00
51)	¿Qué papel juega la Oficina Técnica en el sistema de nuevo ordenamiento de piezas de recambio?	2.67	2.00	3.00	3.00
52)	¿Recibe usted demandas de piezas de recambio de varios departamentos de la Empresa?	2.00	2.00	1.00	3.00
53)	¿Usted da continuación a las órdenes de piezas de recambio?	2.33	2.00	2.00	3.00
54)	¿Guarda(¿Mantiene) usted la estadística de las piezas de recambio que no son movidas o consumidas durante el año?	2.33	2.33	1.67	3.00
55)	¿Para cubrir sus necesidades para el año y principalmente cubrir el imprevisto, se siente usted obligado a sobre ordenar (sobre pedir) ciertas piezas de recambio?	2.22	2.33	2.33	2.00
56)	¿Si ésta es la situación, cómo evita usted la carencia de volumen de ventas de estas piezas de recambio?	1.56	1.33	1.33	2.00
PROMEDIO		1.68	1.49	1.55	1.99
CALIFICACIÓN		66.07%	75.30%	72.62%	50.30%

Anexo 18 Ponderación de las preguntas del ítem ¿Qué es lo que cada quién hace en
mantenimiento?

¿Qué es lo que cada quién hace en mantenimiento?		G	M	P
9(a) Mantenimiento	1.37			
01) ¿Quién tiene cuidado de la preparación de las intervenciones planeadas?	1.56	1.67	1.00	2.00
02) ¿Quién tiene cuidado de la planificación de las tareas de mantenimiento?	1.56	1.67	1.00	2.00
03) ¿Quién define las piezas de recambio necesarias para las intervenciones planeadas?	1.56	1.67	1.00	2.00
04) ¿Quién es responsable de la documentación técnica?	1.11	1.33	1.00	1.00
05) ¿Quién es responsable de la estructura y la codificación de la documentación técnica?	1.00	1.00	1.00	1.00
06) ¿Quién es responsable de la puesta al día de documentación técnica?	1.33	1.00	2.00	1.00
07) ¿Quién controla el equipo de medida?	1.56	1.67	1.00	2.00
08) ¿Quién tiene cuidado de las inspecciones de equipo antes de las intervenciones planeadas?	2.78	2.33	3.00	3.00
09) ¿Quién decide la duración de intervenciones planeadas?	1.00	1.00	1.00	1.00
10) ¿Quién define prioridades para intervenciones planeadas?	1.78	1.33	2.00	2.00
11) ¿Quién procesa los datos sobre las formas de la intervención?	1.00	1.00	1.00	1.00
12) ¿Quién recibe los resultados de la informática?	1.00	1.00	1.00	1.00
13) ¿Quién tiene cuidado de la estadística de horas trabajadas en el departamento de mantenimiento?	1.67	3.00	1.00	1.00
14) ¿Quién calcula la cantidad de trabajo en el mantenimiento?	1.00	1.00	1.00	1.00
15) ¿Quién hace un análisis global de los gastos de mantenimiento?	1.67	2.00	2.00	1.00
16) ¿Quién hace un análisis de gastos de mantenimiento preventivos?	1.33	2.00	1.00	1.00
17) ¿Quién establece las necesidades de piezas de recambio para el mantenimiento?	1.00	1.00	1.00	1.00
18) ¿Quién lanza las nuevas órdenes de piezas de recambio para el mantenimiento?	1.11	1.33	1.00	1.00
19) ¿Quién controla la conformidad y la referencia de las nuevas piezas de recambio?	1.00	1.00	1.00	1.00
20) ¿Quién comprueba el inventario de las piezas de recambio?	1.11	1.33	1.00	1.00
21) ¿Quién define los criterios de dirección de piezas de recambio para el mantenimiento?	1.67	3.00	1.00	1.00
9(b) Seguridad	1.13			
22) ¿Quién es responsable de trabajo de mejora y tramando?	1.67	3.00	1.00	1.00
23) ¿Quién es responsable de la seguridad?	1.33	2.00	1.00	1.00
24) ¿Quién es responsable del departamento de seguridad?	1.00	1.00	1.00	1.00
25) ¿Quién está encargada de la estadística en cuanto a accidentes?	1.00	1.00	1.00	1.00
26) ¿Quién está encargado del análisis de accidente e informes?	1.00	1.00	1.00	1.00
27) ¿Quién está encargado del sistema de protección contra incendios?	1.00	1.00	1.00	1.00
28) ¿Quién está a cargo del equipo de seguridad?	1.00	1.00	1.00	1.00
29) ¿Quién está a cargo del entrenamiento acerca de la seguridad?	1.00	1.00	1.00	1.00
PROMEDIO	1.30	1.49	1.17	1.24
CALIFICACIÓN	84.87%	75.29%	91.38%	87.93%

Anexo 19 Ponderación de las preguntas del ítem Recursos Humanos de Mantenimiento

Recursos Humanos de Mantenimiento		G	M	P
10(a) Proporciones de mano de obra	1.84			
01) ¿Usa usted proporciones para la administración del personal?	2.44	2.00	2.67	2.67
02) ¿Usa usted estas proporciones para ayudarlo a decidir si aumentar o disminuir la mano de obra?	2.56	2.33	2.67	2.67
03) ¿Conoce usted el movimiento de ventas del personal de mantenimiento?	2.00	1.67	1.67	2.67
04) ¿Entre el personal de mantenimiento especializado, es considerado el movimiento de ventas importante o inquietante?	1.67	1.33	1.00	2.67
05) ¿Entre el personal de mantenimiento no especializado, es considerado el volumen de ventas importante o inquietante?	1.89	2.00	1.00	2.67
06) ¿Conoce usted el número del personal de mantenimiento?	1.11	1.33	1.00	1.00
07) ¿Conoce usted el número de personal de ejecución en el mantenimiento?	1.22	1.67	1.00	1.00
08) ¿La proporción de personal de ejecución / personal especializado le permite trabajar de manera eficiente?	1.56	2.00	1.33	1.33
09) ¿Le parece útil seguir las proporciones entre el personal de producción / personal de mantenimiento?	2.00	3.00	1.00	2.00
10) ¿Considera usted que es útil seguir la proporción entre el personal de mantenimiento / mano de obra total?	2.00	3.00	1.00	2.00
10(b) Mano de obra de Mantenimiento	1.43			
11) ¿Conoce usted la mano de obra de Mantenimiento?	1.11	1.33	1.00	1.00
12) ¿Conoce usted el número del personal de dirección de Mantenimiento?	1.11	1.33	1.00	1.00
13) ¿Hay una diferencia entre el personal real y el personal mencionado sobre el organigrama por el que mantenimiento este preocupado?	1.00	1.00	1.00	1.00
14) ¿Conoce usted el número de gente de ejecución en el mantenimiento?	1.44	1.67	1.00	1.67
15) ¿Hay un hueco entre la verdadera gente de ejecución y el número mencionado sobre el organigrama?	1.00	1.00	1.00	1.00
16) ¿Tiene usted la posibilidad de aumentar o disminuir su personal?	1.78	1.33	2.00	2.00
17) ¿Hay una carencia de trabajo calificado en el Mantenimiento?	1.44	1.00	2.00	1.33
18) ¿Se queja usted de procedimientos lentos administrativos en el reclutamiento de nuevo personal?	2.00	2.00	2.00	2.00
19) ¿La mano de obra física de mantenimiento le permite finalizar completamente la cantidad de trabajo y en la programación de tiempo prevista?	2.00	2.00	2.00	2.00

10(c) Proporción programada de trabajo / mano de obra mantenimiento	1.58				
20) ¿Planifica usted intervenciones preventivas?	1.78	1.67	1.67	2.00	
21) ¿Tiene usted una programación acerca de la carga de trabajo del personal de ejecución?	1.67	1.33	1.67	2.00	
22) ¿El equipo preventivo es permanente?	1.67	2.00	1.00	2.00	
23) ¿En qué momento se prepara la asignación de recursos humanos en caso de tareas de Mantenimiento?	1.22	1.00	1.67	1.00	
10(d) Motivación y productividad del personal	1.74				
24) ¿Estima usted el tiempo necesario para una intervención planificada?	1.44	1.67	1.67	1.00	
25) ¿Es respetado el tiempo de la intervención?	2.11	1.67	2.33	2.33	
26) ¿Controla usted la proporción de ausentismo del personal de Mantenimiento?	2.33	2.33	1.67	3.00	
27) ¿Qué piensa usted en la proporción de ausentismo?	1.22	1.00	1.00	1.67	
28) ¿Cuándo usted analiza las causas de carencia de motivación, concluye usted que esto es debido al entrenamiento inadecuado?	2.00	2.00	2.00	2.00	
29) ¿Cuándo usted analiza las causas de carencia de motivación, concluye usted que esto es debido a la falta de una indumentaria adecuada?	2.22	2.00	2.00	2.67	
30) ¿Cuándo usted analiza las causas de carencia de motivación, concluye usted que esto es debido a la documentación técnica inadecuada?	1.67	2.00	2.00	1.00	
31) ¿Cuándo usted analiza las causas de carencia de motivación, concluye usted que esto es debido a la falta de dibujos?	1.89	2.00	2.00	1.67	
32) ¿Cuándo usted analiza las causas de carencia de motivación, concluye usted que esto es debido a problemas creados por la falta de preparación de trabajo?	2.00	1.00	3.00	2.00	
33) ¿La persona responsable de preparación tiene la información necesaria para hacer un trabajo bueno?	1.22	1.00	1.00	1.67	
34) ¿Hay un problema de sincronización entre personas interventoras para la intervención de mantenimiento?	1.00	1.00	1.00	1.00	
PROMEDIO					
CALIFICACIÓN		1.67	1.67	1.56	1.78
		66.50%	66.67%	72.06%	60.78%

Anexo 20 Ponderación de las preguntas del ítem Recursos Materiales de Mantenimiento

Recursos Materiales de Mantenimiento		G	M	P
11(a) Documentación Técnica	1.59			
01) ¿Tiene usted un inventario detallado y puesto al día de su equipo?	1.89	2.00	1.67	2.00
02) ¿Tiene usted planos y dibujos para su equipo?	2.00	2.00	1.67	2.33
03) ¿Para cuántos de sus equipos tiene usted el plan de mantenimiento y manuales para reparar?	1.22	1.00	1.67	1.00
04) ¿Para cuales intervenciones usa usted la documentación técnica?	1.67	1.00	1.00	3.00
05) ¿Dónde consulta usted dibujos, diagramas y manuales?	1.33	1.00	2.00	1.00
06) ¿Existe un sistema de documentación para archivos de máquina, archivos estándar y otros archivos técnicos?	1.67	2.00	1.00	2.00
07) ¿Posee usted varias copias idénticas de la documentación?	2.33	2.67	2.00	2.33
08) ¿Son traducidos los manuales a un lenguaje entendible por sus técnicos?	1.44	1.00	1.67	1.67
09) ¿Quién puede pedir la renovación de documentación técnica?	1.00	1.00	1.00	1.00
10) ¿Quién puede pedir la nueva documentación técnica?	1.33	2.00	1.00	1.00
11(b) Instrumentos y Equipos	1.56			
11) ¿Tiene cada trabajador sus propios instrumentos?	1.33	1.00	1.67	1.33
12) ¿Existen instrumentos generales para el uso común?	1.00	1.00	1.00	1.00
13) ¿Estos instrumentos generales son suficientes para sus intervenciones?	1.33	2.00	1.00	1.00
14) ¿Son almacenados estos instrumentos generales en un lugar específico?	1.00	1.00	1.00	1.00
15) ¿También tiene usted instrumentos especiales especificados por los fabricantes de equipo?	2.89	3.00	2.67	3.00
16) ¿Los instrumentos especiales son suficientes para todas sus intervenciones?	1.56	1.00	1.67	2.00
17) ¿Son renovados los instrumentos especiales con regularidad?	2.33	2.00	2.00	3.00
18) ¿Con regularidad hace usted un inventario de instrumentos generales y especiales?	1.78	1.67	1.67	2.00
19) ¿Subcontrata usted debido a una carencia de recursos humanos o instrumentos?	1.89	2.33	2.00	1.33
20) ¿Quién puede pedir la compra de instrumento para renovar instrumentos existentes?	1.00	1.00	1.00	1.00
21) ¿Quién puede pedir la compra de instrumentos nuevos o especiales?	1.00	1.00	1.00	1.00
11(c) Infraestructura	1.22			
22) ¿Allí son designados sitios para hacer reparaciones?	1.33	2.00	1.00	1.00
23) ¿Dichas ubicaciones son convenientes para usted?	1.00	1.00	1.00	1.00
24) ¿Tiene usted una ubicación para la producción de partes para reparación de emergencia?	1.33	2.00	1.00	1.00
25) ¿Tiene usted un lugar designado para almacenar sus instrumentos?	1.00	1.00	1.00	1.00
26) ¿Tiene usted una ubicación designada para la oficina técnica?	1.33	1.00	1.00	2.00
27) ¿Tiene usted una ubicación para abastecer sus sub ensambles?	1.33	1.00	1.00	2.00
PROMEDIO	1.49	1.51	1.38	1.59
CALIFICACIÓN	75.31%	74.69%	80.86%	70.37%

Anexo 21 Ponderación de las preguntas del ítem Entrenamiento

Entrenamiento		G	M	P
12(a) Importancia del entrenamiento)	2.02			
01) ¿Tiene usted un presupuesto específico para entrenar el personal de mantenimiento?	2.00	2.00	2.00	2.00
02) ¿Sabe usted si el presupuesto que se asigna al entrenamiento para mantenimiento siempre es consumido?	2.11	1.67	2.67	2.00
03) ¿Estima usted que su presupuesto cubre las necesidades de entrenamiento?	2.00	2.00	1.67	2.33
04) ¿Recibe el personal recién vinculado un entrenamiento básico de su empresa?	2.00	2.00	2.00	2.00
05) ¿Más tarde siguen ellos entrenamientos adicionales para el progreso?	2.67	2.00	3.00	3.00
06) ¿Con que frecuencia es enviado el personal a un entrenamiento?	2.44	2.00	3.00	2.33
07) ¿Si usted ha estado en el entrenamiento, está de acuerdo con esto en su trabajo?	1.00	1.00	1.00	1.00
08) ¿Si su personal ha sido entrenado, corresponde esto a la ocupación de trabajo?	1.00	1.00	1.00	1.00
09) ¿Usted era capaz de usar el conocimiento adquirido para mejorar sus condiciones de trabajo?	1.33	1.00	1.00	2.00
10) ¿Como una persona responsable, con regularidad participa usted a cursos de capacitación por si mismo?	2.78	3.00	2.67	2.67
11) ¿Quién decide cual personal debe ser enviado a entrenamiento?	2.00	2.00	2.00	2.00
12) ¿Antes ser enviado a entrenamiento, hay allí una discusión previa sobre las necesidades de su departamento?	1.33	1.00	1.00	2.00
13) ¿Hace usted una presentación del conocimiento recién adquirido?	3.00	3.00	3.00	3.00
14) ¿Son organizados los cursos de capacitación por la empresa?	1.89	2.00	1.33	2.33
15) ¿Son organizados cursos específicos de capacitación en la empresa o en otra parte?	1.33	1.00	1.00	2.00
16) ¿Cuántas semanas de entrenamiento ha recibido usted durante los doce meses pasados?	2.89	3.00	2.67	3.00
17) ¿Fueron tenidas en cuenta sus ideas y observaciones durante este entrenamiento?	2.33	2.00	2.33	2.67
18) ¿Tienen ustedes un método para medir la eficacia que se entrena?	2.22	2.00	2.33	2.33
PROMEDIO	2.02	1.87	1.98	2.20
CALIFICACIÓN	49.07%	56.48%	50.93%	39.81%

Anexo 22 Manual de Organización y Funciones (MOF) del Especialista en Gestión de

Mantenimiento

MANUAL DE ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES

ÁREA

Mantenimiento

I. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO

CARGO FUNCIONAL Especialista en gestión de mantenimiento

II. FUNCIÓN BÁSICA

Dirigir y supervisar la ejecución de las acciones operativas y administrativas inherentes a la gestión de mantenimiento

III. FUNCIÓN ESPECÍFICAS

- Implementación y seguimiento permanente del plan de mejora de la gestión de mantenimiento en el área.
- Revisar y reformular el Gantt propuesto para el plan de mejora constantemente.
- Realización de capacitaciones iniciales del plan de mejora y capacitaciones semestrales sobre la gestión de mantenimiento
- Elaboración, llenado y evaluación de formato de Análisis de modo y efecto de falla.
- Levantamiento y análisis de la información de los reportes de costos del área de mantenimiento, reporte de fallas, reporte de stock de seguridad, reporte de entrenamiento y capacitaciones.
- Elaboración y desarrollo de manuales y guías de los procedimientos de mantenimiento de cada equipo crítico.
- Presentación de resultados de los reportes e indicadores mensuales a gerencia.
- Actualización y presentación anual de impacto económico a gerencia.
- Otras funciones que asigne el jefe de mantenimiento.

IV. LÍNEA DE AUTORIDAD

Para el logro de funciones asignadas, el especialista en gestión de mantenimiento mantiene las siguientes relaciones:

- De dependencia lineal del jefe de mantenimiento
- De coordinación permanente con operarios, especialmente del área de mantenimiento y rectificado.
- Comunicación y coordinación constante con el jefe de mantenimiento y jefe de producción para el establecimiento y aprobación de los manuales de guía de procedimientos de mantenimiento.

V. REQUISITO MÍNIMO

- Título profesional universitario a nombre de la Nación de Ingeniero industrial o mecánico.
- Capacitaciones especializadas en la gestión de mantenimiento.
- Experiencia laboral en dirección de gestión de mantenimiento no menor a 05 años.
- Conocimientos de programas de Office, tablas dinámicas nivel intermedio.
- Capacidad de análisis, redacción, coordinación técnica y organización.
- Capacidad de trabajo en equipo.
- Habilidad para trabajar bajo presión.
- Orientado a resultados.

Anexo 23 Discusión de Antecedentes

	MONTES (2013)	BOTERO (2010)	CALDERON (2020)				CACERES (2016)		
DISCUSIÓN	Diseño de un plan de mantenimiento para la flota articulada de INTEGRA S.A. usando algunas herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	Plan de mejoras de mantenimiento para una empresa del sector de materiales compuestos	Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) para reducir los costos operativos de una empresa manufacturera de calzado				La aplicación del RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la máquina secadora circular 2400x de la empresa Cooperación Jarcon S.A.C.		
HERRAMIENTAS	AMEF, ANALISIS DE CRITICIDAD, RCM, CAPACITACIONES	Flash Audit	RCM				RCM, AMEF		
INDICADORES	DISP, CONF, MANTENI	Nivel de Gestión de mantt	DISPONIBILIDAD		COSTOS	HRS CORRECTIVOS	DISPONIBILIDAD	HRS CORRECTIVOS	
PROBLEMA		58.98%	96.99%	95.71%	97.03%	113,954.00	268.00	89.43%	10.00
PROPUESTA		84.98%	98.23%	96.15%	97.66%	66,512.00	194.00	90.78%	7.50
MEJORA		26.00% ↑	1.24%	0.44%	0.63% ↑	42% ↓	28% ↓	1.35% ↑	25% ↓
TIPO DE EMPRESA	EMPRESA DE TRANSPORTE	EMPRESA DE MATERIALES	EMPRESA DE CALZADO				EMPRESA AGROINDUSTRIAL		

	SANTACRUZ (2019)	PRADO (2018)				CHAUCA (2021)			
DISCUSIÓN	El plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y su influencia en la disponibilidad de las unidades de la flota vehicular municipalidad de San Miguel - Callao 2018	Aplicación del RCM para mejorar la gestión de mantenimiento de la empresa Industrias del papel S. A., Chaclacayo, 2018				Diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de rectificado en una empresa metalmecánica en la provincia constitucional del callao.			
HERRAMIENTAS	RCM, AMEF	RCM, AMEF				ANALISIS DE CRITICIDAD, FLASH AUDIT, RCM			
INDICADORES	DISPONIBILIDAD	DISPONIBILIDAD	HRS CORRECTIVOS	Nivel de Gestión de mantt	COSTOS	DISPONIBILIDAD	Nivel de Gestión de mantt	COSTOS	HRS CORRECTIVOS
PROBLEMA	59%	92.18%	268.01	34.64%	482,418.00	89.63%	64.35%	23,789.29	654.00
PROPUESTA	85%	96.80%	115.99	87.34%	208,782.00	95.00%	75.00%	17,863.91	491.00
MEJORA	26.00% ↑	4.62% ↑	56.72% ↓	52.70% ↑	56.72% ↓	5.37% ↑	10.65% ↑	25% ↓	25% ↓
TIPO DE EMPRESA	MUNICIPALIDAD	EMPRESA PAPELERA				EMPRESA METALMECÁNICA			

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El asesor Juan Enrique Sigarróstegui Gutiérrez, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Industrial, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo del proyecto de investigación del(os) estudiante(s):

- Chauca Ramon, Katherine Elizabeth

Por cuanto, **CONSIDERA** que el proyecto de investigación titulado: “DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS DEL ÁREA DE RECTIFICADO EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO.” para aspirar al título profesional por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al(los) interesado(s) para su presentación.

Ing. /Lic./Mg./Dr. Nombre y Apellidos

Asesor