

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento de
una empresa de servicios portuarios en la ciudad de
Arequipa basada en la Ingeniería de Métodos**

Luis Angel Ccapa Pizarro

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Julio Cesar Alvarez Barreda
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 27 de Setiembre de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento de una empresa de servicios portuarios en la ciudad de Arequipa basada en la Ingeniería de Métodos

Autores:

1. Luis Angel Ccapa Pizarro – EAP. Ingeniería Industrial

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (PALABRAS): 10 palabras SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original (no se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

Julio Cesar Alvarez Barreda
Asesor de trabajo de investigación

ASESOR

Mg. Julio César Alvarez Barreda

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por permitir que llegar a este momento; a mi madre, por darme la vida y brindarme su apoyo incondicional hasta el día de hoy.

A mi esposa y mis dos hijas, por ser el impulso para que yo pueda terminar la carrera y titularme como Ingeniería Industrial. Mi esposa, que siempre estuvo pendiente para darme el tiempo y el empujón para continuar con la investigación y no permitir que me rindiera por la carga que tenía en el trabajo y en el hogar.

Agradecimiento especial también, a mi asesor de tesis en la Universidad Continental, al ingeniero Julio César Alvarez Barreda, por su apoyo, orientaciones y, sobre todo, por la paciencia en el desarrollo de este trabajo de investigación.

DEDICATORIA

A mi esposa Nataly Laura y a mis pequeñas hijas, Sophie e Ivana, a quienes tanto amo, ellas son y serán siempre el motivo que me permite cada día seguir adelante, son el impulso para cumplir con mis metas profesionales y personales. A mi esposa, por su apoyo incondicional, por su amor, su paciencia y comprensión; a mi hija Sophie porque me acompañó con su calor en las mañanas frías de fin de semana cuando elaboraba esta investigación; a mi hija Ivana, porque con cada sonrisa me da la fuerza que necesito para afrontar nuevos retos, para un mejor futuro y por el bien de la familia.

ÍNDICE

ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Pregunta general.....	3
1.2.2 Preguntas específicas.....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Justificación	3
1.4.1 Justificación práctica	3
1.5 Importancia	4
1.6 Delimitación.....	4
1.6.1 Delimitación temporal.....	4
1.6.2 Delimitación espacial	4
1.7 Variables	4
1.7.1 Descripción de Variables.....	4
1.7.2 Operacionalización de variables	5

CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes de la investigación.....	6
2.2 Bases teóricas.....	11
2.2.1 Gestión del mantenimiento industrial.....	11
2.2.2 Ingeniería de Métodos.....	15
2.3 Definición de términos básicos.....	25
CAPÍTULO III.....	26
METODOLOGÍA.....	26
3.1 Método y alcance de la investigación.....	26
3.1.1 Método de investigación.....	26
3.1.2 Alcance de investigación.....	26
3.2 Diseño de la investigación.....	26
3.3 Población y muestra.....	26
3.3.1 Población.....	26
3.3.2 Muestra.....	27
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	27
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	28
3.5 Instrumentos de análisis de datos.....	28
CAPÍTULO IV.....	29
DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	29
4.1 Descripción de la empresa y sus procesos.....	29
4.1.1 Visión.....	30
4.1.2 Misión.....	30
4.1.3 Organigrama de la empresa.....	30
4.1.4 Mapa de procesos de la empresa.....	32
4.2 Diagnóstico de la situación actual.....	32
4.2.1 Órdenes de mantenimiento sin atender.....	33

4.2.2	Falta de hojas de ruta o lista de instrucciones en planes de mantenimiento	34
4.2.3	Falta de tiempo estándar	34
4.3	Identificación de causas.....	35
4.3.1	Diagrama Ishikawa.....	35
4.3.2	Diagrama de Pareto	37
4.4	Propuesta de mejora con ingeniería de métodos.....	38
4.4.1	Elaborar diagrama de operaciones de procesos - DOP	39
4.4.2	Elaborar Diagrama de Análisis de Procesos - DAP	44
4.4.3	Estudio de tiempos	56
4.4.4	Mejorar planes de mantenimiento	68
4.5	Resultados	68
CONCLUSIONES		70
RECOMENDACIONES.....		72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		73
ANEXOS		76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de las variables.....	5
Tabla 2.	Sistema Westinghouse para calificar habilidades.	21
Tabla 3.	Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo.	22
Tabla 4.	Sistema Westinghouse para calificar las condiciones.	22
Tabla 5.	Sistema Westinghouse para calificar la consistencia.	22
Tabla 6.	Cantidad de equipos en el área de granos.	33
Tabla 7.	Cumplimiento de plan de mantenimiento del área de granos.....	33
Tabla 8.	Cantidad de órdenes de mantenimiento sin ejecutar	34
Tabla 9.	Cantidad de planes con hojas de ruta.....	34
Tabla 10.	Lista de causas – efectos.....	37
Tabla 11.	Lista causas - efectos en orden de relevancia.	37
Tabla 12.	Propuesta de mejora.	38
Tabla 13.	Resultado de cálculo de tiempo estándar.	69
Tabla 14.	Planes con hojas de ruta después de la propuesta de mejora.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Oportunidades de ahorros a través de la aplicación de la Ingeniería de Métodos y el estudio de tiempos.....	16
Figura 2. Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con estándar ASME.	17
Figura 3. Estudio de métodos.	20
Figura 4. Holguras recomendadas.	24
Figura 5. Actividades de una empresa de servicios portuarios.....	29
Figura 6. Estructura organizacional de la empresa de servicios portuarios.	31
Figura 7. Diagrama de Ishikawa de la Generación de Backlog de mantenimiento en el área de granos de una empresa de servicios portuarios.....	36
Figura 8. Diagrama de Pareto.	38
Figura 9. Diagrama de operaciones de Procesos de mantenimiento eléctrico de fajas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.....	39
Figura 10. Diagrama de operaciones de Procesos de mantenimiento mecánico de fajas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.....	40
Figura 11. Diagrama de operaciones de Procesos de mantenimiento eléctrico de cadenas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.....	41
Figura 12. Diagrama de operaciones de Procesos de mantenimiento mecánico de cadenas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.....	42
Figura 13. Diagrama de operaciones de Procesos de mantenimiento eléctrico de elevadores de cangilones en una empresa de servicios portuarios.....	43
Figura 14. Diagrama de operaciones de Procesos de mantenimiento mecánico de elevadores de cangilones en una empresa de servicios portuarios.....	44
Figura 15. Diagrama de Análisis de Procesos de mantenimiento eléctrico de fajas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.....	45
Figura 16. Diagrama de Análisis de Procesos de Mantenimiento mecánico de fajas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.....	47
Figura 17. Diagrama de Análisis de Procesos de Mantenimiento Eléctrico de Cadenas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.....	49
Figura 18. Diagrama de Análisis de Procesos de Mantenimiento mecánico de Cadenas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.....	51

Figura 19.	Diagrama de Análisis de Procesos de Mantenimiento Eléctrico de Elevadores de cangilones en una empresa de servicios portuarios.....	53
Figura 20.	Diagrama de Análisis de Procesos de Mantenimiento Mecánico de Elevadores de cangilones en una empresa de servicios portuarios.....	55
Figura 21.	Tiempo estándar del proceso de mantenimiento eléctrico de fajas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.....	57
Figura 22.	Tiempo estándar del proceso de mantenimiento mecánico de fajas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.....	59
Figura 23.	Tiempo estándar del proceso de mantenimiento eléctrico de cadenas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.....	61
Figura 24.	Tiempo estándar del proceso de mantenimiento mecánico de cadenas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.....	63
Figura 25.	Tiempo estándar del proceso de mantenimiento eléctrico de elevadores de cangilones en una empresa de servicios portuarios.....	65
Figura 26.	Tiempo estándar del proceso de Mantenimiento mecánico de elevadores de cangilones en una empresa de servicios portuarios.....	67

RESUMEN

La investigación ejecutada en una empresa de servicios portuarios en la ciudad de Arequipa tuvo como propósito principal el diseñar una propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basada en la Ingeniería de Métodos. En el estudio se empleó el método deductivo para identificar las causas de la generación de backlog u órdenes sin ejecutar en el cumplimiento del plan de mantenimiento; del mismo modo, dado que la investigación es de alcance descriptivo, se presentó una serie de propuestas para la mejora de la gestión de mantenimiento. Al evaluar las propuestas, se concluye que, luego de la implementación se logra una mejora en las órdenes de mantenimiento si ejecutar o backlog y, sobre todo, se evidencia una mejora en la planificación como parte de la gestión de mantenimiento.

Con esta finalidad, se identificó, en principio, la problemática de la gestión del mantenimiento, que va desde una deficiencia en los planes de mantenimiento, como falta de hojas de ruta y cálculo de tiempos para el desarrollo de las actividades de mantenimiento, haciéndose el planteamiento de propuestas de elaborar diagramas de análisis de procesos para los planes de mantenimiento, cálculo de tiempos estándar para las actividades de los planes de mantenimiento y una mejora en los mismos. El desarrollo de la presente investigación se elaboró con bases teóricas apropiadas y antecedentes de investigaciones que dieron inspiración y métodos para su realización.

Palabras claves: mejora, gestión de mantenimiento, Ingeniería de Métodos.

ABSTRACT

The main purpose of the research carried out at a port services company in the city of Arequipa was to design a proposal for improving maintenance management based on Methods Engineering. The study used a deductive method to identify the causes of backlogs or unexecuted orders generated in compliance with the maintenance plan. Similarly, given the descriptive scope of the research, a series of proposals for improving maintenance management were presented. Upon evaluating the proposals, it was concluded that, after implementation, an improvement in unexecuted maintenance orders or backlogs was achieved, and, above all, an improvement in planning as part of maintenance management was evident. To this end, maintenance management problems were initially identified, ranging from deficiencies in maintenance plans, such as a lack of route sheets and time calculations for the development of maintenance activities. Proposals were made to develop process analysis diagrams for maintenance plans, calculate standard times for maintenance plan activities, and improve them. This research was developed with appropriate theoretical foundations and research background that provided inspiration and methods for its implementation.

Keywords: improvement, maintenance management, Methods Engineering.

INTRODUCCIÓN

La gestión de mantenimiento es un pilar muy importante en el desarrollo productivo de una empresa y más en una de servicios portuarios, donde el tiempo y la disponibilidad de los equipos son muy necesarias. Los sistemas de gestión representan una herramienta muy importante para establecer las actividades día a día dentro de una compañía de servicios. La mejora continua de este sistema es necesaria para el desarrollo de la organización.

La importancia de la presente investigación radica en que algunas herramientas de la ingeniería de métodos pueden ser aplicadas no solo en ámbitos productivos sino también en el ámbito del mantenimiento, ya sea de forma directa o indirecta, permitiendo encontrar mejoras que faciliten la ejecución del trabajo de mantenimiento en menos tiempo y facilitando la programación y planificación de las mismas; utilizando el estudio de tiempos, como una técnica de medida, facilita el registro de los ritmos de trabajo y también los tiempos en relación a una actividad definida y realizada en condiciones determinadas. Analizar estos datos para averiguar el tiempo requerido que se debe invertir en realizar una tarea de mantenimiento, permite que en el ámbito de mantenimiento las empresas puedan optimizar sus recursos internos y mejorar en la planificación que a la larga incrementa y optimiza la gestión de mantenimiento; por tanto, lo mencionado en la presente investigación beneficia de forma directa a la empresa de servicios portuarios en la ciudad de Arequipa, identificando tiempos muertos y demoras con la finalidad de mejorar la gestión de mantenimiento.

La presente investigación se ha desarrollado en cuatro capítulos:

Capítulo I, planteamiento del estudio: planteamiento y formulación del problema, objetivos, justificación, importancia, limitaciones y la descripción de las variables.

Capítulo II, marco teórico: comprende los antecedentes, bases teóricas científicas y definición de términos básicos.

Capítulo III, metodología de investigación: se define el método, alcances y diseño de investigación, población y muestra; técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capítulo IV, diagnóstico, análisis y resultados: se realizó la descripción de la empresa el diagnóstico de la situación actual, identificación de las causas del problema, la propuesta de mejora, interpretación de los resultados obtenidos de cada variable, la discusión de resultados. Finalmente, se da a conocer las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento del problema

García, S (2003) explica que cuando las empresas entendieron que deberían hacer diferencias entre el personal dedicado a producción y el dedicado a los cuidados de los equipos e instalaciones, los departamentos de mantenimiento han estado dependientes de las actividades de producción, estando continuamente un escalón abajo en la línea jerárquica de las empresas. El concepto de cliente interno toma fuerza a mediados de los 80's, con la llegada de formas de gestión aplicadas en Japón por empresas y obteniendo excelentes resultados. Un concepto importante para líneas de producción, donde una etapa de la producción suministra la «materia prima» con la que se elaborará la etapa siguiente. Es en estos casos necesario, que la etapa previa compruebe que suministra un producto que alcanza exactamente las especificaciones que necesita la etapa siguiente. En base a esto el pensamiento de cliente interno fue aplicado también a otros departamentos, estableciéndose en las empresas que el departamento de mantenimiento es un «proveedor» de la producción, y, por tanto, su cliente interno. En base a este pensamiento departamentos como Ingeniería, Métodos o Compras, se convirtieron también en proveedores de la Producción.

Establecer de esta manera la relación entre producción y mantenimiento es tal vez muy acertada en ambientes en los que no existe la presencia de gestión de mantenimiento; es decir, donde el mantenimiento solo se ocupa de la reparación de las fallas que producción informa oportunamente. Pero cuando el mantenimiento se gestiona, esta situación es muy discutible, entendiendo por gestionar el tratar de optimizar los recursos que se emplean, es así como producción y mantenimiento se convierten en dos elementos igualmente importantes del proceso productivo.

Incluso se puede mencionar que la eficiencia de una organización es determinada por el departamento que tenga el peor funcionamiento, ya que de nada sirve que en una empresa el área de Calidad sea buena si el área Comercial no logra poner en el mercado el producto o servicio; de igual manera el área de Mantenimiento sea excelente si la Producción está mal organizada, y viceversa. Por lo antes mencionado, podemos decir que en entornos donde el mantenimiento se gestiona la producción no es el cliente de mantenimiento (García, S. (2023) p 3).

El área de Almacenamiento de granos en silos de una empresa de servicios portuarios en Arequipa cuenta con equipos como fajas transportadoras, cadenas transportadoras, elevadores de cangilones y equipos auxiliares en las líneas de recepción y despacho de graneles como el trigo, cebada y maíz. El área de Mantenimiento granos es la encargada de gestionar el mantenimiento y garantizar el adecuado funcionamiento de los que equipos en estas instalaciones, mensualmente en los indicadores de cumplimiento de la programación y órdenes abiertas se ha evidenciado la generación de backlog u órdenes pendientes en la ejecución de los planes de mantenimiento preventivos y correctivos, ocasionando la acumulación de pedidos pendientes de ejecución que comprometen la disponibilidad de los equipos para las operaciones propias del área; entre los meses de julio a diciembre del año 2024, este número de requerimientos pendientes de ejecución conforman un porcentaje del 28% del total de las órdenes del programa de mantenimiento entre estos meses, los pendientes generan un incremento en las órdenes a ejecutar el mes siguiente y, por ello, surge la necesidad de plantear una solución para este déficit en el cumplimiento del Plan de mantenimiento preventivo y permita la ejecución del 100 % de la las órdenes de mantenimiento programadas mensualmente.

La herramienta SAP permite programar un tiempo de ejecución para cada orden de mantenimiento perteneciente a un Plan de mantenimiento preventivo; en la actualidad, este tiempo no se está programando adecuadamente y cada equipo de colaboradores invierte un tiempo distinto para la ejecución de la misma orden de mantenimiento preventivo. Se pretende utilizar herramientas de la Ingeniería de Métodos para realizar la medición de trabajo y el estudio de tiempos para estandarizar el lapso de ejecución necesario para la realización de una orden de mantenimiento preventivo, de manera que permita planificar de manera adecuada la cantidad de órdenes que se deben realizar en un día y, consecuentemente, las que se realizarán en el mes. Lo antes mencionado permitirá optimizar al máximo el cumplimiento de los planes de mantenimiento.

El problema central es el alto porcentaje de incumplimiento del programa de mantenimiento en el área de Granos, ello se debe a muchos factores comenzando por una falta de disponibilidad de equipos de mantenimiento, reducido personal de mantenimiento y, más aún, cuando se tienen actividades de recepción en las cuales se nombra técnicos de guardia a los equipos de recepción, lejanía de las instalaciones de mantenimiento del área operativa de granos, falta de actualización de los programas de mantenimiento.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Pregunta general

¿De qué manera la aplicación de la Ingeniería de Métodos mejorará la gestión de mantenimiento en una empresa de servicios portuarios en la ciudad de Arequipa?

1.2.2 Preguntas específicas

- a) ¿Cuál es la situación actual de la gestión de mantenimiento de una empresa de servicios portuarios?
- b) ¿Cuáles serán las causas de los problemas encontrados?
- c) ¿Qué acciones basadas en Ingeniería de Métodos permitirá mejorar la gestión de mantenimiento?
- d) ¿Cuáles serán los resultados esperados en la mejora de gestión de mantenimiento?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento para una empresa de servicios portuarios en la ciudad de Arequipa basada en la Ingeniería de Métodos.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Diagnosticar la situación actual en la que se encuentra la gestión de mantenimiento de una empresa de servicios portuarios en la ciudad de Arequipa.
- b) Identificar los problemas en la gestión de mantenimiento dentro de la empresa de servicios portuarios en la ciudad de Arequipa.
- c) Determinar las acciones de Ingeniería de Métodos que permitirán la mejora de la gestión de mantenimiento dentro de una empresa de servicios portuarios en Arequipa.
- d) Evaluar los resultados de la propuesta basada en Ingeniería de Métodos implementados en la empresa de servicios portuarios en la ciudad de Arequipa.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación práctica

La presente investigación es justificada desde el punto de vista práctico, debido a que se plantea la solución a los principales problemas identificados en el área de Mantenimiento. El estudio

permite aplicar herramientas de la Ingeniería de Métodos con objetivo mejorar la gestión de mantenimiento y, de esta manera, lograr disminuir la cantidad de órdenes de mantenimiento pendientes a ejecutar del Plan de mantenimiento preventivo y correctivo mensual.

1.5 Importancia

La presente investigación es importante por el planteamiento de una propuesta de mejora de la gestión del mantenimiento basado en la disminución de los tiempos muertos con una propuesta de estandarización de tiempos y la mejora de los planes de mantenimiento.

1.6 Delimitación

1.6.1 Delimitación temporal

La investigación se desarrollará del mes de julio al mes de diciembre del año 2024, por un periodo de seis meses.

1.6.2 Delimitación espacial

La investigación se desarrolla en una empresa de servicios portuarios, ubicada el departamento de Arequipa, provincia de Islay.

1.7 Variables

1.7.1 Descripción de Variables

- a) Variable independiente: propuesta de mejora basada en Ingeniería de métodos.

W. Niebel y Freivalds (2009) explica que la Ingeniería de Métodos es una técnica que ayuda en la mejora de la productividad, donde se incluye herramientas para el diseño, creación y selección de los mejores métodos de fabricación, elaboración de procesos, fabricación de herramientas y equipos, estas habilidades ayudarán a lograr fabricar un producto que cumpla con las especificaciones desarrolladas por el área de Ingeniería del Producto. (p.2)

- b) Variable dependiente: gestión de mantenimiento.

Es el proceso de organización y seguimiento de las actividades de mantenimiento realizadas a los activos y equipos de una empresa garantizando el rendimiento óptimo de cada activo y equipo durante los procesos operativos. La gestión del mantenimiento es muy importante debido a que permite disminuir costos, optimizando la mano de obra y el consumo de materiales

en las actividades de mantenimiento, además de garantizar la confiabilidad de los equipos y/o activos durante los procesos operativos de la empresa.

1.7.2 Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
VI: Propuesta de mejora basada en Ingeniería de métodos	Estudio de tiempos	$T_s = T_n \times (1 + \text{Suplementos})$ Leyenda: Ts: Tiempo estándar Tn: tiempo normal
	Diagrama de Procesos	Cantidad de actividades identificadas
VD: Gestión de mantenimiento	Backlog	$\% \text{Backlog} = \frac{\text{cant. OM no realizadas}}{\text{cant. OM programadas}} \times 100\%$ Leyenda: OM: orden de mantenimiento
	Cumplimiento de Programación de mantenimiento	$\% \text{Cumplimiento} = \frac{\text{cant. OM realizadas}}{\text{cant. OM programadas}} \times 100\%$ Leyenda: OM: orden de mantenimiento

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Mariátegui, M y Tapia, A (2020) en su tesis titulada “Propuesta de mejora basada en la Ingeniería de Métodos para incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa TAMEFISA”, tuvieron como objetivo aumentar la productividad en la manufactura de husillos de cobre en la organización, determinando los factores que afectan en gran manera el proceso de fabricación, cómo la Ingeniería de Método incrementa la productividad y qué impacto económico tiene. En este estudio se utilizó una investigación aplicada con un enfoque cualitativo, realizado a la etapa de producción de husillos, en la cual estaban involucrados las maquinarias, el personal, las herramientas y el material. Por un periodo de 30 semanas, utilizando la entrevista y la observación directa para recolección de datos logrando como resultados incrementar el indicador de productividad del operario en 19.12 % y la máquina en 19.3%.

Yovera, M (2021) realizó la investigación titulada “Propuesta de Ingeniería de Métodos para mejorar la productividad en la línea de producción de la empresa procesadora de agua en bidones, Piura 2021”, el estudio tuvo como objetivo mejorar la productividad de una empresa procesadora de bidones de agua mediante la utilización de la Ingeniería a de Métodos. El estudio fue de tipo aplicado, con un enfoque cuantitativo de nivel descriptivo-propositivo, las técnicas empleadas fueron: la observación en campo, entrevista, análisis documental, observación directa y análisis de datos. Encontrando algunas deficiencias en el método de trabajo empleado durante el proceso productivo, el que originaba una disminución en productividad del 14 %. Se propuso un nuevo método de trabajo estandarizando los procesos de la línea de producción y utilizar el estudio de tiempos para estandarizar los tiempos de procesos reduciendo un minuto de demora en la producción de un bidón de agua.

Córdova, L (2020) elaboró la investigación titulada “Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad de la producción de pegamentos de cerámico de la empresa Yuraq Pacha, Huancayo – 2020”, teniendo como objetivo el mejorar la producción de pegamentos en una empresa en Huancayo, determinando cómo al utilizar la Ingeniería de Métodos se mejora la eficiencia y efectividad de la producción. El tipo de investigación utilizada fue aplicada con un diseño experimental, Se tomó como población la empresa Yuraq Pacha ubicada en Huancayo durante un periodo de 90 días y se determinó como muestra el área de Producción

considerando la producción del pegamento por 48 días. Se utilizó como técnicas de recolección de datos la observación, la entrevista y los instrumentos la ficha de observación y la guía de entrevista, se elaboró diagramas de análisis de procesos y se realizó estudios de tiempo en el área de Producción, demostrando que al utilizar la Ingeniería de Métodos se mejora la producción de pegamentos de cerámico.

Laiza, F (2020) realizó la tesis titulada “Propuesta de mejora según la teoría de Ingeniería de Métodos para incrementar la productividad en la empresa Don Lucho SRL, Trujillo 2020”, con el objetivo de determinar cuál es el impacto a la productividad de la empresa con una propuesta de mejora con base en Ingeniería de Métodos. El tipo de investigación utilizada es propositiva, tomando como población todos los procesos de la entidad y como la muestra solo los procesos de producción. La técnica de recolección de datos fue la observación y el instrumento el estudio de tiempos. Para el desarrollo de la propuesta se elaboró diagramas de operaciones del proceso y diagramas de análisis de procesos, en base a ellos se elaboró la propuesta de mejora utilizando herramientas de la Ingeniería de Métodos, con el objetivo de incrementar la productividad. Después de la propuesta se determinó un aumento de 39 % en la producción.

Jara, F (2020) realizó la tesis titulada “Propuesta de mejora en gestión de Ingeniería de Métodos para incrementar la productividad en la línea de producción de una empresa textil de la ciudad de Trujillo”, teniendo como objetivo de determinar cuál es el impacto de una propuesta de mejora con base en Ingeniería de Métodos sobre el rendimiento de la producción de una empresa textil. El estudio es de tipo cuantitativo de grado diagnóstica y propositiva, como población se considera a todas las áreas de la empresa textil, siendo la muestra la línea de producción de una empresa textil. Las técnicas empleadas para la recolección de información fueron la observación directa, las revisiones documentarias y la encuesta; además, para trabajar los datos se utilizaron diagramas de Ishikawa y de Pareto. Se utilizó cuatro herramientas de la ingeniería de métodos siendo el estudio de tiempos la herramienta que al implementarla genera una mayor utilidad económica y una mejora del 38.21 % en la producción.

Cayata, J (2021) realizó la tesis titulada “Aplicación de la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en una empresa del rubro eléctrico, Lima, 2021”, con el objetivo de determinar como la aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la productividad, calidad y eficiencia en una empresa del rubro eléctrico. El tipo de investigación fue explicativa, sobre una población de 250 reportes de producción de transformadores, de la cual se trabajó con una muestra de 125 reportes. Se utilizó el análisis de información para la recolección de datos. Obteniendo como resultados se logró incrementar la productividad en 8.55%, la eficacia en 9.85% y la calidad de los posesos en un 9.2%.

Cárdenas, F Y Garfias, J elaboraron un trabajo de investigación de título “Análisis de la aplicación de métodos de ingeniería para optimizar la gestión de mantenimiento en empresas de servicio en Latinoamérica en los últimos 10 años”, publicado en 2021, con el objetivo evaluar qué impacto genera la aplicación de la Ingeniería de Métodos y sus herramientas para optimizar la gestión de mantenimiento en empresas de servicio, el estudio trató en realizar una revisión de la literatura científica de forma sistemática, utilizando como fuentes de información las bases de datos online conformadas por 32 de revistas de ingeniería, 40 artículos y 8 de revistas de diferentes disciplinas. Este trabajo de investigación evidenció el gran interés e importancia que se tiene para estudiar y mejorar la gestión del mantenimiento, demostrando que la mayor frecuencia fue en el año 2013. También, se pudo hallar que el aporte de las investigaciones empíricas fue de enfoque cualitativo, en su mayoría de un nivel explicativo.

Gamarra, O (2022) en su tesis titulada “Aplicación de la Ingeniería de Métodos para mejorar la productividad en la línea de producción en la empresa LADRILLOS FORTES S.A.C – Callanca”, tuvo el objetivo utilizar la Ingeniería de Métodos y sus herramientas para mejorar y optimizar la productividad en la empresa LADRILLOS FORTES S.A.C. Se utilizó una investigación de tipo descriptiva aplicada y cuantitativa con diseño no experimental. En el estudio la población y la muestra estuvieron compuestas por el proceso productivo y sus 36 trabajadores de la zona de fabricación de ladrillos. Se emplearon técnicas para recojo de datos, tales como la entrevista, observación, encuesta. Con esta investigación se logró disminuir el tiempo de producción en 35.31 minutos, lo que permitió incrementar la productividad de ladrillos fabricados/operario en 16.35%, ladrillos fabricados/hora-Hombre en 16.67% y de ladrillos fabricados/hora-máquina en 15.07%.

Navarro, C. (2022) elaboró su tesis titulada “Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento para optimizar el desempeño en una unidad minera del sur del país - Arequipa 2021”, diseñando una propuesta para mejorar la gestión del mantenimiento de un caldero Oschatz y; de esta manera, lograr optimizar la operatividad de una unidad minera del sur del país. Para esta investigación se empleó el método deductivo y analítico, estudiando las actividades realizadas en los procesos de mantenimiento del caldero Oschatz. Con esta investigación se trató de disminuir los elevados costos reduciendo los tiempos de paros e incrementando la disponibilidad de equipos. La población está conformada por todos los colaboradores y elemento que forman parte la empresa minera y la muestra está definida por colaboradores que intervienen en las actividades de mantenimiento, como resultado se logró optimizar la asignación de tareas, actividades y la secuencia de las mismas, en los procesos de mantenimiento preventivo, todo basado en un modelo de programación lineal.

Ataucusi, H (2022) elaboró la tesis titulada “Aplicación de la Ingeniería de Métodos para incrementar la productividad en las tareas de metalmecánica de mantenimiento del oleoducto norperuano tramo II en la empresa BIDDLE INC. SAC.,2019”, teniendo como objetivo el determinar cómo al utilizar la Ingeniería de Métodos y sus herramientas se puede mejorar la productividad en las tareas de mantenimiento metalmecánico. La metodología que se utilizó fue cuantitativa, explicativa, experimental y longitudinal, teniendo como población el total de observaciones de tareas de metalmecánica de mantenimiento y como muestra corresponde a las observaciones durante 12 meses de estas tareas. Se comprobó un cambio favorable en la eficiencia de las actividades de mantenimiento metalmecánico, con esto se evidenció que al utilizar la Ingeniería de Métodos se puede mejorar la productividad en las tareas de metalmecánica de mantenimiento de un 76.01 % a un 81.44%.

Miranda, K y Casimiro, M (2022) elaboró su tesis titulada “Implementación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad de la línea de operaciones en una empresa metal mecánica”, en esta investigación se analizó la utilización de la Ingeniería de Métodos y sus herramientas, con el objetivo principal de mejorar la productividad de la empresa en el área de Operaciones, disminuyendo la cantidad de actividades, el tiempo de cada actividad y el flujo del producto de cada actividad. El estudio utilizó la metodología investigativa de tipo aplicada y método explicativo. Se tomó como muestras las actividades afectadas por un operario en 14 semanas, con la aplicación de Ingeniería de Métodos y sus herramientas la empresa logró reducir en 34.09% el número de actividades que realiza el operario y en 19.34% de tiempos improductivos, verificando que al utilizar la Ingeniería de Métodos se mejora el nivel de productividad de la empresa.

Yagual, L (2022) elaboró su tesis titulada “La Ingeniería de Métodos y su efecto en la cadena de producción de la empresa Fontana, del cantón La Libertad, provincia Santa Elena”, con el objetivo de evaluar el impacto que tiene la Ingeniería de Métodos en la cadena de producción de la empresa. El estudio se basó en un enfoque cuantitativo y una investigación de diseño experimental, la población y la muestra fueron todas las personas encargadas del proceso de producción. Se utilizó las siguientes técnicas de recolección de datos; la observación, la encuesta, registros de datos, fichas de estudios de tiempos, tablas de observación y registros de análisis de campo. Al realizar medición del tiempo para la adecuada elaboración de optimización se logró que la cadena de producción se incremente en un 54% el porcentaje aceptable en eficiencia, dando como resultado que la intervención de la Ingeniería de Métodos causó un efecto positivo en la empresa, logrando disminuir en un 1,1 minuto al tiempo que se toma en las actividades que se llevan a cabo para la obtención del producto final.

Sánchez, A (2023) realizó la tesis con título “Diseño de una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento preventivo para aumentar la productividad de una empresa de transporte interprovincial de carga, Lima 2022”, esta tuvo la finalidad de elaborar un programa de mantenimiento preventivo con el objetivo de lograr un incremento del 15% en la productividad de la organización por el periodo de un año. En este estudio se tuvo un enfoque de investigación aplicada, con un método cuantitativo. Se limita a una empresa de transporte interprovincial de carga ubicada en Lima. La población y muestra utilizadas fueron 6 unidades de transporte de carga pesada, las técnicas utilizadas fueron el análisis de documentos y el análisis de campo. Los resultados mostraron que, el implementar un programa de mantenimiento preventivo en las unidades vehiculares, incrementó en un 30 % la productividad de la empresa.

Gutiérrez, E y Obando, A (2024) realizaron la investigación titulada “Propuesta de mejora de la productividad en el Overhaul de palas eléctricas P&H mediante la reducción de retrabajos con Ingeniería de Métodos”, con el objetivo de mejorar la productividad en el proceso de overhaul de palas eléctricas P&H, reducir la cantidad, tiempo y costo de retrabajos. El tipo de investigación utilizada es aplicada y cuasiexperimental, la población la conforman 760 actividades y tareas identificadas que conforman el proceso de overhaul de las palas electromecánicas P&H y la muestra se seleccionaron correspondientes al overhaul del sistema de transmisión Hoist. Se recopiló los datos con entrevistas a especialistas del overhaul, encuesta al equipo técnico y el estudio de trabajo obteniendo como resultado la reducción de 1333 minutos de retrabajo, mejorando la productividad de 15.23 % a 15.97%.

Cachiguango, N (2024) elaboró la investigación titulada “Aplicación de la ingeniería de métodos para la mejora de la productividad de la empresa “Textiles Tabango”, con el objetivo de elaborar una propuesta de implementación de estudio de métodos y tiempos para el incremento en la productividad de la empresa textiles Tabango. La investigación tiene un enfoque de tipo mixta cualitativa y cuantitativa, documental y de campo, los instrumentos utilizados fueron las entrevistas a la gerencia y como herramientas de análisis los diagramas de flujo, cursogramas analíticos y cronometraje por cada puesto de trabajo. La muestra y población es el área de Preparado de lana ovina. Luego de tener un diagnóstico inicial mediante la ingeniería de métodos y estudio de tiempos en el área de preparado de lana ovina, se realizó la aplicación del nuevo método que aumentó la eficiencia en un 7.92% valor muy significativo en la productividad de una empresa.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Gestión del mantenimiento industrial

El mantenimiento industrial es uno de los pilares más importantes para mantener la productividad en cualquier empresa, el mantenimiento de los activos y equipos requiere la inversión de mucho tiempo y esfuerzo para garantizar la confiabilidad de los múltiples equipos y maquinarias con las que operan las empresas. Por tal motivo, la importancia de una buena administración o gestión de mantenimiento.

Gestión del mantenimiento es el conjunto de actividades que tienen como objetivo de garantizar la continuidad de los procesos operativos en una empresa, evitando atrasos en el proceso por averías y falta de disponibilidad de activos y equipos. Los principales objetivos de la gestión de mantenimiento son: reducir los costos de mantenimiento optimizando el consumo de materiales y mano de obra utilizado en los diferentes tipos de mantenimiento; mejorar y garantizar la vida útil de los activos y equipos de las empresas analizando la influencia que tiene cada equipo en los resultados de los procesos de una empresa; de tal manera, que la mayor cantidad de los recursos se utilicen en aquellos equipos críticos en los posesos o mayor influencia y, finalmente, reducir las averías imprevistas al máximo en todos los equipos.

Con una adecuada gestión de mantenimiento alcanzamos los siguientes beneficios:

- Minimizar costos de producción, que se dan por fallas de los equipos que paralizan y/o retrasan la producción.
- Mantener un stock adecuado de los repuestos de equipos críticos, minimizando compras de emergencia que podrían costar mucho y demorar en llegar
- Ayudar en disminuir los costos de producción, de igual manera generar nuevos productos que tengan una mejora en la competitividad en el mercado.
- Apoyar en mejorar el consumo de recursos y mantener constante el presupuesto asignado en el área de mantenimiento.
- Incremento de tiempo de trabajo de los equipos.
- Mejorar los estándares de calidad.

Según García, S (2003) debemos gestionar el mantenimiento por qué:

- Porque la competencia obliga a disminuir costos. Ya que es necesario optimizar el consumo de materiales y el empleo de mano de obra. Para lo cual es sumamente imprescindible estudiar el modelo de organización que mejor se adapta a las

características de cada planta; es necesario también analizar la influencia que tiene cada uno de los equipos en los resultados de la empresa, de manera que dediquemos la mayor parte de los recursos a aquellos equipos que tienen una influencia mayor. Es necesario, igualmente, estudiar el consumo y el stock de materiales que se emplean en mantenimiento; y es necesario aumentar la disponibilidad de los equipos, no hasta el máximo posible, sino hasta el punto en que la indisponibilidad no interfiera en el Plan de Producción.

- A lo largo del tiempo se ha generado una multitud de técnicas que es preciso analizar, para estudiar si su implantación supone una mejora en los resultados de la empresa, y para estudiar también cómo desarrollarlas, en el caso de que pudieran ser de aplicación. Algunas de estas técnicas son las ya comentadas: TPM (Mantenimiento Productivo Total), RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad), Sistemas GMAO (Gestión de mantenimiento Asistido por Ordenador), diversas técnicas de mantenimiento Predictivo (Análisis vibracional, termografías, detección de fugas por ultrasonidos, análisis amperimétricos, etc.).
- Ya que los departamentos requieren estrategias, directrices que serán aplicadas, que deben ser acordes con los objetivos definidos por la dirección.
- También Porque la calidad, la seguridad, y las interrelaciones con el medio ambiente son aspectos que han tomado una extraordinaria importancia en la gestión industrial. Es necesario gestionar estos aspectos para incluirlos en las formas de trabajo de los departamentos de mantenimiento. (p. 4)

2.2.1.1. Mantenimiento industrial

Entendemos por mantenimiento al grupo de actividades necesarias para restablecer o conservara un sistema o conjunto de sistemas en un estado que garantice su funcionamiento a un mínimo costo. Realizando actividades como prevenir o corregir averías minimizando el costo para estas actividades.

Según García, S (2003), se define el mantenimiento como el conjunto de técnicas y actividades realizadas para conservar equipos e infraestructura en operación por el mayor tiempo posible; es decir, tratando de obtener la máxima disponibilidad y con el más alto rendimiento. Podemos definir diversos modelos de mantenimiento utilizados.

a) Modelos de mantenimiento

- Modelo correctivo: es el más básico de los modelos, que consta de inspecciones visuales y lubricación, además de la reparación de averías que puedan surgir durante la

operación. Este modelo se aplica a equipos con nivel de criticidad bajo, donde la averías o fallas no representan ningún problema económico ni técnico. Los equipos a los que se aplica este modelo de mantenimiento son rentables como para dedicar mayores recursos ni esfuerzos.

- **Modelo a condición:** este modelo corresponde a las actividades del modelo anterior además de la ejecución de una serie de ensayos y pruebas que comprometen un actuar posterior. Si luego de las pruebas se encuentra una falla o avería, se procede a programar una intervención más exhaustiva, pero si, por el contrario, todo está funcionando de manera normal, no se interviene el equipo. Este modelo de mantenimiento es aplicado a aquellos equipos que son poco utilizados, o aquellos equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo que tienen una baja probabilidad de fallo o avería.
- **Modelo sistemático:** se incluye en este modelo un conjunto de actividades que se realizan sin tener en cuenta la condición actual del equipo, se realizan una serie de mediciones y pruebas para evaluar si se realiza tareas de mayor envergadura. Como último paso se resuelven las posibles averías que se presenten. Este modelo se aplica en equipos de mediana disponibilidad, que significa una importancia media en el sistema productivo donde las averías o fallos causan un impacto regular a la producción, cabe señalar que los equipos sujetos a un modelo de mantenimiento sistemático no cuentan con actividades de intervención con frecuencia fija, simplemente se tienen tareas sistemáticas, que se realizan sin tomar en cuenta el tiempo de funcionamiento o el estado de los elementos o componentes con los que trabaja. La principal diferencia con los dos modelos anteriores, es que se debe presentar algún síntoma de avería o fallo para realizar una intervención.
- **Modelo de alta disponibilidad:** es el más exigente y exhaustivo de todos los modelos. Se aplica a los equipos de alta disponibilidad, es decir que no pueden sufrir una avería o fallo bajo ninguna circunstancia. A estos equipos se les exige niveles de disponibilidad muy altos que están por encima del 90%. El motivo por el cual tienen un nivel tan alto de disponibilidad es por el alto costo que significa una parada por avería en la producción. Al tener un nivel de exigencia tan alto no deja tiempo para utilizar modelos de mantenimiento que requiera detener el equipo. Para mantener estos equipos es necesario utilizar técnicas de mantenimiento predictivo, que nos permitan conocer el estado del equipo en funcionamiento, y realizar paradas programadas donde se realizará una revisión general completa del equipo, las frecuencias generalmente son anuales o superiores, en estas intervenciones se reemplazan todas las piezas sometidas a desgaste o con alta probabilidad de fallo a lo largo del año o una vida útil inferior a

dos años. Estas actividades son programadas con gran antelación y no tienen por qué ser exactamente iguales cada año.

b) Tipos de mantenimiento

- **Mantenimiento correctivo:** este mantenimiento se lleva a cabo después de que ocurre una avería o falla en un equipo, debido a que las reparaciones no son planificadas. Es un buen método para los equipos que no son esenciales para los procesos operativos o que tienen un coste menor.
- **Mantenimiento preventivo:** este mantenimiento consiste en realizar inspecciones periódicas de los activos y equipos, también se realizan actividades de mantenimiento planificadas en intervalos definidos. El objetivo de esta estrategia es prolongar la vida útil de los activos y prevenir la aparición de fallos y averías.
- **Mantenimiento predictivo:** este mantenimiento está basado en el monitoreo continuo de los equipos y la recopilación de datos en tiempo real para predecir la necesidad de mantenimiento. Se utilizan tecnologías y herramientas avanzadas, como el análisis de vibraciones, la termografía y el análisis de aceite, para detectar signos tempranos de problemas y degradación en los equipos.
- **Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM):** este mantenimiento se basa en una estrategia centrada en identificar las funciones críticas de los equipos y determinar las acciones de mantenimiento necesarias para garantizar su confiabilidad, para ello, se lleva a cabo un análisis detallado de los modos de fallo potenciales y se selecciona el enfoque de mantenimiento más adecuado para cada caso. El objetivo principal del RCM es llegar a la máxima confiabilidad de los equipos optimizando los costos de mantenimiento.

2.2.1.2. Planeamiento

Según Lira L. (2006) el planeamiento representa un instrumento útil en la gestión, es importante para la toma de decisiones en las empresas, respecto a las actividades que se deben programar a futuro para seguir un plan de trabajo, incluidos aquellos cambios que puedan presentarse, además de las necesidades que el entorno exige para alcanzar la eficiencia y calidad en los servicios. Por tal motivo, el planeamiento se define como las actividades para crear un futuro que no presente fallas, vinculando el presente con el futuro y el conocimiento teórico con la práctica. Dicho en palabras simples, es moldear el futuro deseado y los medios para poder llegar a éste.

Según Stephens, M. (2010) el planeamiento de las actividades de mantenimiento es necesario para lograr las metas, los objetivos y la constancia de los procesos, se debe tomar en cuenta el orden de las actividades principales, definiendo la cantidad de tiempo necesaria para completar cada actividad y definir el tipo de herramienta, maquinaria y tarea necesaria para completar esa actividad. La planificación de mantenimiento incluye las actualizaciones de las destrezas y habilidades que requiere el personal de mantenimiento, fomentando la capacitación constantemente, es importante también establecer límites y tolerancias para que el planeamiento pueda fijar metas aterrizadas.

2.2.2 Ingeniería de Métodos

La Ingeniería de Métodos es parte de la Ingeniería Industrial enfocada a optimizar los procesos de producción y trabajo de las empresas cuyo objetivo es optimizar la eficiencia, productividad y calidad de los procesos, y también disminuir la mala disposición de recursos, tiempo y esfuerzo.

Según Duran (2007), la Ingeniería de Métodos es una herramienta básica parte de la Ingeniería Industrial que trabaja sobre la problemática de la integración del hombre en el proceso de producción de bienes o generación de servicios. La Ingeniería de Métodos no se limita a trabajos fabriles como campo de acción, sino también se puede emplear en trabajos de operaciones de almacén, de mantenimiento, de servicios industriales, en el diseño de equipos de trabajadores, en la simplificación de procedimientos, en la utilización de equipos y de instrumental profesional, en cualquier actividad en la que intervenga el hombre con bastante éxito, cabe mencionar que el mayor potencial de la Ingeniería de Métodos se encuentra en las facilidades que proporciona en el levantamiento de datos que facilitan la aplicación posterior de otras técnicas. (p. 2)

Según Escalante y Gonzales (2016) la Ingeniería de Métodos es una rama de la ingeniería Industrial interesada en identificar y dar solución a la problemática que aqueja a la empresa en las formas existentes y proyectadas de efectuar el trabajo de manufactura o servicios analizando de manera sistemática cómo se aplican los recursos, el cómo se desarrolla los procesos y la generación de servicios y bienes a través de la aplicación de técnicas que aumenten la productividad, simplifiquen los procesos, mejoren los procedimientos, dispositivos y herramientas, ayuden a analizar operaciones y optimicen el diseño de procesos que contemplan la interacción entre las personas y las máquinas. (p. 101)

Según W. Niebel y Freivalds (2009) la Ingeniería de Métodos involucra realizar un análisis en dos tiempos diferentes a lo largo de la generación de productos. El primero es cuando el

ingeniero de métodos es responsable del desarrollo y diseño de los centros de trabajo, en el cual el producto será fabricado. El segundo tiempo es cuando el ingeniero de métodos debe realizar estudios continuos de los centros de trabajo con la finalidad de mejorar la calidad y la forma de fabricar el producto. Para lograr el objetivo se debe iniciar con la definición del problema, luego se debe dividir en operaciones y analizar cada una de ellas con la finalidad de determinar los procedimientos de manufactura más económicos para la cantidad de producción, teniendo en consideración la seguridad del operador, aplicando los valores de tiempo apropiados y dando seguimiento al proceso, con el fin de garantizar que el método desarrollado se ponga en operación. (p. 3)

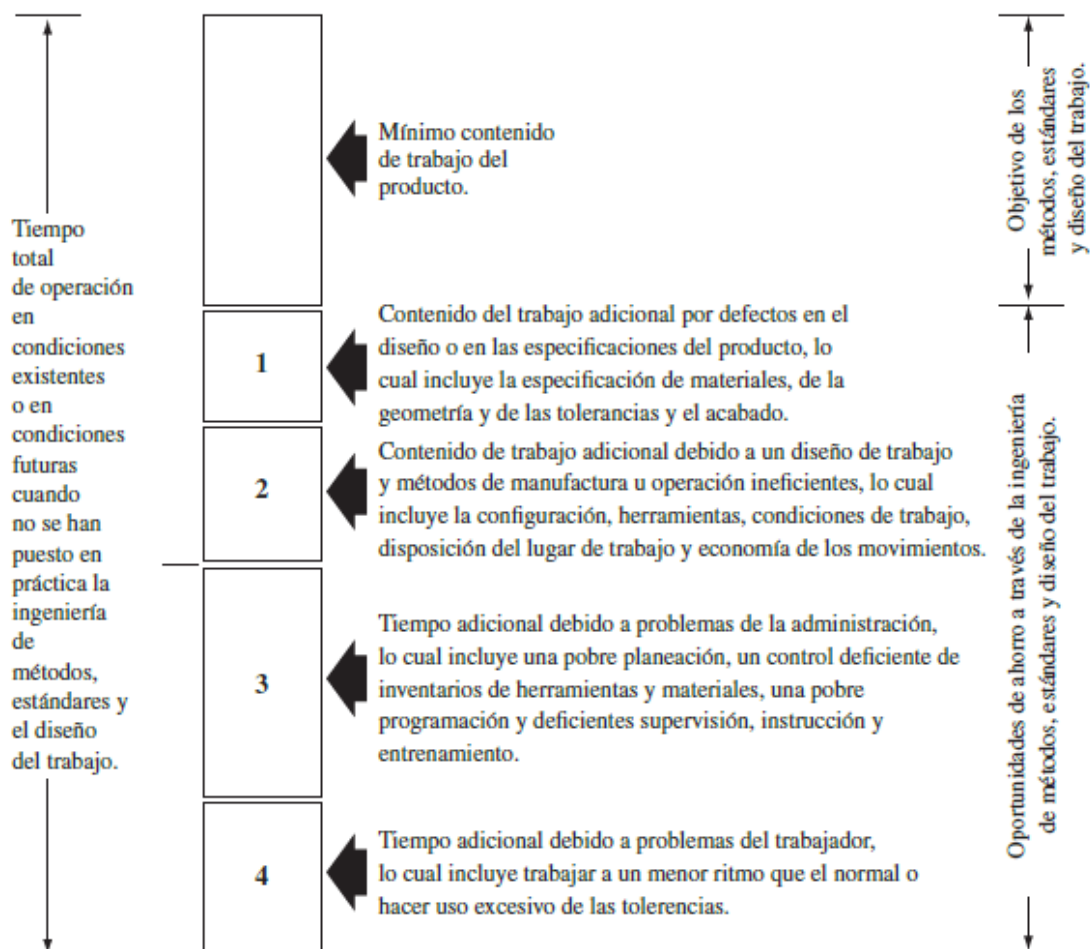


Figura 1. Oportunidades de ahorros a través de la aplicación de la Ingeniería de Métodos y el estudio de tiempos. Tomado de: W. Niebel y Freivalds (2009), p. 4.

2.2.2.1. Diagrama de flujo del proceso

W. Niebel y Freivalds (2009) menciona que un diagrama de flujo de un proceso debe contar con más detalle que un diagrama de proceso operativo, también se debe registrar las operaciones

e inspecciones; por tanto, los diagramas de flujo de procesos nos muestran cada uno los retrasos de movimientos y almacenamiento de un artículo durante su recorrido por la planta, es por eso que se necesitan varios símbolos más que los de operación e inspección que son utilizados en los diagramas de procesos operativos. (p. 26)

Un analista de procesos describe cada evento del proceso, encierra dentro un círculo el símbolo adecuado del diagrama de proceso e identifica los tiempos necesarios que deben ser asignados para los procesos o retrasos, además de identificar las distancias de transporte o traslados. Luego el analista de procesos debe conectar los símbolos de los eventos consecutivos con una línea vertical, en la columna derecha el analista tiene espacio suficiente para colocar comentarios o realizar recomendaciones.





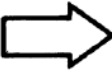




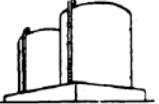
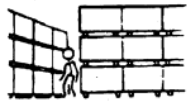




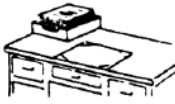




<p>Operación</p>  <p>Un círculo grande indica una operación, como</p>	 <p>Clavar</p>	 <p>Mezclar</p>	 <p>Taladrar orificio</p>
<p>Transporte</p>  <p>Una flecha indica transporte, como</p>	 <p>Mover material mediante un carro</p>	 <p>Mover material mediante una banda transportadora</p>	 <p>Mover material transportándolo (mediante un mensajero)</p>
<p>Almacenamiento</p>  <p>Un triángulo representa almacenamiento, como</p>	 <p>Materia prima en algún almacenamiento masivo</p>	 <p>Producto terminado apilado sobre tarimas</p>	 <p>Archiveros para proteger documentación</p>
<p>Retrasos</p>  <p>Una letra D mayúscula indica un retraso, como</p>	 <p>Esperar un elevador</p>	 <p>Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado</p>	 <p>Documentos en espera a ser archivados</p>
<p>Inspección</p>  <p>Un cuadrado indica inspección, como</p>	 <p>Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad</p>	 <p>Leer el medidor de vapor en el quemador</p>	 <p>Analizar las formas impresas para obtener información</p>

Figura 2. Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME. Tomado de: W. Niebel y Freivalds (2009), p. 28.

2.2.2.2. *Diseño del ambiente de trabajo*

Los colaboradores técnicos u operarios deben de contar con un adecuado lugar de trabajo para mejorar la producción y en referencia a estos estudios, mejorar el cumplimiento de la programación de mantenimiento.

Según W. Niebel y Freivalds (2009), los analistas de métodos deben trabajar para brindar buenas condiciones de trabajo, que sean seguras y cómodas para el técnico u operador. Se ha demostrado de manera contundente con la experiencia que en las plantas con mejores condiciones de trabajo se obtienen mayores rendimientos que en las plantas que no cuentan con buenas condiciones de trabajo. Tomando en cuenta el punto de vista económico, el retorno de la inversión es generalmente significativo en un ambiente de trabajo que ha sido mejorado, también se debe mencionar que se incrementa la producción, la seguridad mejora, se reduce el ausentismo y la tardanza del empleado, además que disminuye la rotación de personal y eleva la moral de los trabajadores mejorando las relaciones en el ambiente laboral. (p. 183)

2.2.2.3. *Estudio de movimientos*

Según Meyers (2000) define el estudio de movimientos como un diseño preciso para poder elaborar una estación de trabajo, brindar capacitación al operario o realizar un estudio de tiempos. Los estudios de movimientos se deben considerar en dos niveles que son: el estudio de macro movimientos y el estudio de micro movimiento. El estudio de macro movimiento corresponde a los aspectos generales y operaciones de una planta o línea de producción, tales como operaciones, inspecciones, transporte, detenciones o demoras y almacenamientos, teniendo en cuenta también las relaciones entre estas diversas funciones. Primero se debe realizar un estudio de macro movimientos y no perder el tiempo estudiando los micro movimientos de un trabajo en el caso se tenga que eliminar después de un estudio de macro movimientos, lo que permite ahorros significativos". (p. 18)

El indicador para medir el "Movimiento Planificado"

$$MP = \frac{Tm}{Cm} \quad (1)$$

Donde:

- MP = movimiento planificado
- Tm = tiempo de ejecución de las actividades

- Cm = cantidad de movimiento

2.2.2.4. Estudio de tiempos

Según W. Niebel y Freivalds (2009) parte del proceso para mejorar la eficiencia de los trabajos es establecer estándares de tiempos, estos tiempos pueden ser determinados a través el uso de registros, estimaciones y procedimientos de medición del trabajo. Las técnicas de medición del tiempo de trabajo como estudio de tiempos con cronómetro son una forma eficiente de establecer estándares justos de producción para los trabajadores y empleadores. Todas las técnicas están basadas en establecer estándares de tiempo para realizar una tarea determinada, teniendo siempre en cuenta los retrasos personales e inevitables llamados los suplementos u holguras por fatiga. Se puede incrementar significativamente la eficiencia del personal operativo y del equipo de trabajo con estándares de tiempo definidos con mucha precisión; por el contrario, los estándares mal establecidos nos llevan a costos elevados, además inconformidades del trabajador y probablemente a fallas en toda la empresa. El tener tiempos estandarizados puede o no ser la diferencia entre el éxito y el fracaso de una empresa o negocio. (p. 327)

Según Kirk (1994) nos menciona que tenemos los siguientes métodos usados en la práctica para lograr estimar el tiempo estándar de una actividad. (p. 224)

- a) Deducción de experiencias anteriores. Basado en los registros de experiencias en actividades previas, se puede utilizar para la misma actividad o similares.
- b) Observación y medición directas. Se refiere a observar directamente la actividad cuando es ejecutada, y realizar una medición adecuada de ese tiempo. Se debe utilizar los siguientes dos métodos:
 - El estudio de tiempos de parar y observar.
 - El muestreo del trabajo.
- c) Síntesis. Se utiliza tablas especiales con gráficas y fórmulas obtenidas, que hacen posible sintetizar y calcular los tiempos estándar de una actividad, sin tomar en cuenta las mediciones directas, no es necesario observa la actividad. Se utilizan actualmente dos métodos:
 - Datos estándar.
 - Tiempos previamente determinados.

Según la OIT (2020) menciona que la medición del trabajo y el estudio de métodos están muy relacionados. El estudio de métodos está enfocado a disminuir el contenido de trabajo de una actividad, y la medición del trabajo está enfocada en determinar los tiempos improductivos asociados a la actividad, determinando normas de tiempo para realizar de la mejor manera la actividad, tal como ha sido definida por el estudio de métodos.

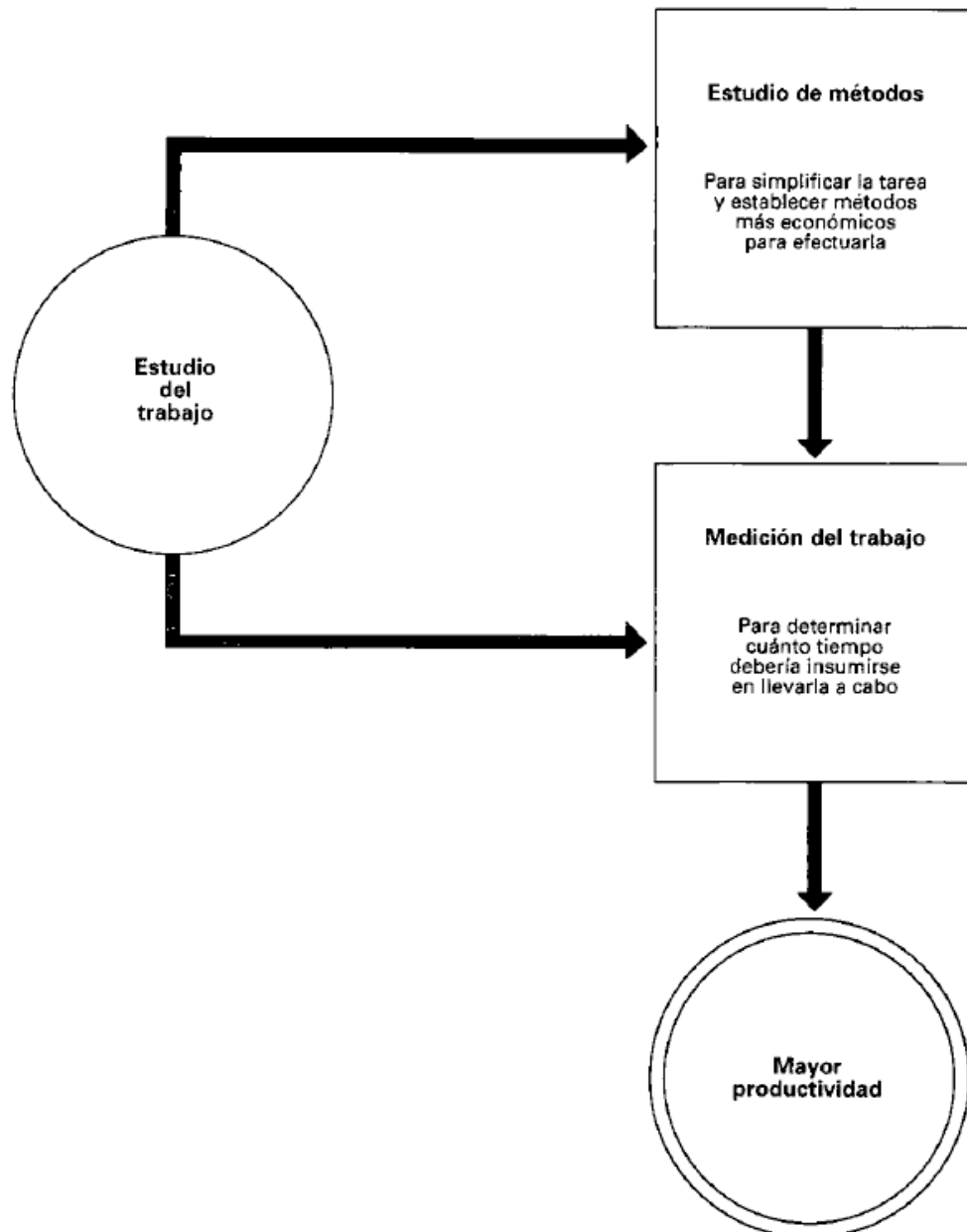


Figura 3. *Estudio de métodos. Tomada de: OIT, 2002 (p. 20)*

2.2.2.5. Tiempo estándar

Escalante y Gonzales (2016) menciona que el tiempo estándar es el tiempo necesario para que un colaborador capacitado y calificado, que realiza actividades a una velocidad y ritmo normal

para fabricar un producto o proporcionar un servicio en un lugar de trabajo en condiciones determinadas por normas de ejecución ya preestablecidas. Este tiempo se define utilizando métodos de medición de trabajo conformados por un conjunto de técnicas enfocadas en determinar los estándares de ejecución del trabajo y también las causas de improductividad. Los métodos de medición usan un proceso sistemático de medición del trabajo, que consiste principalmente en el registro, análisis de tiempos y ritmos de trabajo de una tarea efectuada con las condiciones definidas en base a una norma de ejecución preestablecida. (p. 604)

Calificación del desempeño y holguras

Según W. Niebel y Freivalds (2009) a lo largo de un estudio de tiempos, los analistas observan cada detalle del desempeño del trabajador durante el desarrollo de la actividad. Este desempeño casi nunca se ajusta a la definición exacta de estándar. Por tal motivo, se deben hacer ajustes al tiempo medio observado para obtener el tiempo requerido por un trabajador calificado para realizar la tarea y/o actividad cuando labora a un ritmo estándar. Para lograr calcular el tiempo que requiere un trabajador calificado, los analistas deben aumentar el tiempo si han seleccionado un trabajador que supera los estándares y reducirlo sea el caso contrario. Sólo así pueden establecer un estándar real para los operarios calificados.

a) Método de calificación por el sistema WESTINGHOUSE

Según se menciona W. Niebel y Freivalds (2009), uno de los sistemas de calificación más usados fue desarrollado por la Westinghouse Electric Corporation (Lowry, Maynard y Stegemerten, 1940) el cual fue llamado de nivelación en sus inicios. Este sistema de calificación contempla cuatro factores para evaluar el desempeño del operario, los cuales son los siguientes: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. (p. 359)

- La habilidad se define como “la destreza para seguir un método dado”.

Tabla 2. Sistema Westinghouse para calificar habilidades.

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

Tomada de: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

- El esfuerzo definido como “demostración de la voluntad para trabajar de manera eficaz”.

Tabla 3. Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo.

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Tomada de: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

- Las condiciones definidas como aquellas que afectan al desempeño del trabajador, tales como la temperatura, la ventilación, la luz y el ruido.

Tabla 4. Sistema Westinghouse para calificar las condiciones.

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Tomada de: por Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

- La consistencia del operario, la cual podemos definir como los valores de tiempos que se repiten en forma constante.

Tabla 5. Sistema Westinghouse para calificar la consistencia.

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

Tomada de: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

b) Suplementos u Holguras

Según se menciona en W. Niebel y Freivalds (2009) en el estudio de tiempos se toman lecturas con cronómetro en un periodo de tiempo muy corto. Por lo tanto, en este tiempo normal no está incluidas algunas demoras que son inevitables o que de laguna manera no fueron observadas, al igual que otros tiempos perdidos que deben ser considerados. Por lo antes mencionado los analistas deben realizar algunos ajustes para lograr compensar esas pérdidas. El realizar la aplicación de estos ajustes u holguras es diferente para cada empresa. (p. 366)

Debemos tener en cuenta dos tipos de holguras las cuales son:

- Holguras constantes
- Holguras variables

Adicionar un porcentaje al tiempo normal es una práctica común, de tal forma que la holgura es un porcentaje del tiempo productivo. Otra manera común de expresar la holgura es a través de un multiplicador, para que el tiempo normal (TN) se ajuste fácilmente al tiempo estándar (TE).

$$TE = TN + TN \times holgura = TN \times (1 + holgura) \quad (2)$$

Donde:

- TE = tiempo estándar
- TN = tiempo normal

A. Holguras constantes:	
1. Holgura personal.	5
2. Holgura por fatiga básica.	4
B. Holguras variables:	
1. Holgura por estar parado.	2
2. Holgura por posición anormal:	
a) Un poco incómoda.	0
b) Incómoda (flexionado).	2
c) Muy incómoda (acostado, estirado).	7
3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar):	
Peso levantado, lb:	
5.	0
10.	1
15.	2
20.	3
25.	4
30.	5
35.	7
40.	9
45.	11
50.	13
60.	17
70.	22
4. Mala iluminación:	
a) Un poco abajo de lo recomendado.	0
b) Bastante abajo de lo recomendado.	2
c) Muy inadecuada.	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable.	0-100
6. Atención cercana:	
a) Trabajo bastante fino.	0
b) Trabajo fino o exacto.	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto.	5
7. Nivel de ruido:	
a) Continuo.	0
b) Intermitente: fuerte.	2
c) Intermitente: muy fuerte.	5
d) De tono alto: fuerte.	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso bastante complejo.	1
b) Espacio de atención compleja o amplia.	4
c) Muy complejo.	8
9. Monotonía:	
a) Baja.	0
b) Media.	1
c) Alta.	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso.	0
b) Tedioso.	2
c) Muy tedioso.	5

Figura 4. *Holguras recomendadas. Tomada de: La oficina internacional del trabajo de Estados Unidos, ILO. por W. Niebel y Freivalds (2009) p. 369.*

2.3 Definición de términos básicos

- a) Tarea de mantenimiento. Son aquellas actividades periódicas que forman parte del mantenimiento preventivo, que son requeridas para conservar la vida útil de los elementos mantenibles.
- b) Backlog: Son las tareas de mantenimiento o de reparación pendientes de ejecución. Para que una tarea se considere pendiente, debe haber sido aprobada. La aprobación de una tarea se realiza a través de la liberación de la orden de mantenimiento.
- c) Plan de mantenimiento: Conjunto de actividades realizadas para revisar e inspeccionar el funcionamiento de un equipo o activo. El objetivo es garantizar que los sistemas funcionen correctamente y evitar fallas.
- d) Orden de mantenimiento (OM): Documento SAP a través del cual se planifican y consumen los recursos necesarios para ejecutar los trabajos de mantenimiento requeridos para mantener la vida útil de los equipos y asegurar la confiabilidad operativa del puerto. Los recursos necesarios son humanos (propios o de terceros) y físicos (repuestos, componentes, herramientas y equipos auxiliares).
- e) SAP: Sigla que significa System analyse Programment wicklung, traducido al español significa "desarrollo de programas para sistemas de análisis", esta herramienta brinda ayuda a las organizaciones en gestionar sus negocios de manera rentable, permitiendo adaptarse continuamente y crecimiento sostenible.
- f) Programación de mantenimiento: Se refiere a todas las ordenes de mantenimiento que se crean según la frecuencia de mantenimiento de los planes de mantenimiento.
- g) ERP: corresponde a las siglas de "Planificación de Recursos Empresariales" definido como un software elaborado para integrar y gestionar los principales procesos de una empresa en una única plataforma.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método y alcance de la investigación

3.1.1 Método de investigación

En esta investigación utilizaremos el método lógico deductivo. Según Behar (2008), mediante este método lógico deductivo se aplican los principios descubiertos a casos particulares a partir de la vinculación de juicios. El papel de la deducción en la investigación es doble: Primero consiste en encontrar principios desconocidos, a partir de los conocidos. Una ley o principio puede reducirse a otra más general que la incluya. Si un cuerpo cae decimos que pesa porque es un caso particular de la gravitación; también sirve para descubrir consecuencias desconocidas, de principios conocidos. Si sabemos la fórmula para calcular la velocidad, podremos calcular entonces la velocidad de un avión. La matemática es la ciencia deductiva por excelencia; parte de axiomas y definiciones. (p.39)

3.1.2 Alcance de investigación

El alcance de la presente investigación es descriptivo, según Hernández, Fernández y Baptista (2014) en los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren (P. 92)

3.2 Diseño de la investigación

La investigación es de diseño experimental y explicativa, ya que el propósito es demostrar que los cambios realizados en la variable dependiente fueron causados por la variable independiente. Según Arias (2012) consiste en poner a un conjunto de personas u objetos a condiciones determinadas, estímulos o tratamientos, para poder observar y evaluar los efectos o reacciones que se producen en ellos. p. 34

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

De acuerdo con Fracica (1988), población es "el conjunto de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación. Se puede definir también como el conjunto de todas las unidades de

muestreo" (p. 36). La población para esta investigación es del mantenimiento preventivo que se realiza a 3 familias o tipos de equipos, de las cuales hemos identificado en el área de granos de una empresa de servicios portuarios.

3.3.2 Muestra

Según Bernal (2016) la muestra es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre ella se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio. En esta investigación se ha tomado una muestra de tipo censal; por tanto, se está tomando toda la población representada cada una de las 3 familias o tipos de equipos y el mantenimiento que se realiza en el área de Mantenimiento de sistema de granos de una empresa de servicios portuarios.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

Se utilizará la observación directa, con esta técnica se pretende realizar un análisis de la realidad y recolectar los datos de tiempos de ejecución de los mantenimientos de forma objetiva para la investigación.

Según Behar (2008), la observación se refiere al registro sistemático, válido y confiable. La observación se puede utilizar como un instrumento de medición en diversas circunstancias. Este método es más utilizado por para estudios orientados a conductas. (p.68)

Se usará también la revisión documentaria como técnica de recolección de datos, para lo cual se pretende analizar toda la información necesaria almacenada en el ERP SAP.

Bernal (2016) define como análisis documental al proceso de indagar a través de la revisión de fuentes de información y documentos de un determinado objeto de investigación. Este análisis empieza por identificar y realizar un inventario de los documentos encontrados y disponibles que tengan información importante y relevante sobre el objeto de la investigación alineado al objetivo de nuestro estudio, luego continua la clasificación y selección de los documentos de acuerdo con la relevancia de la información para la investigación y la importancia en ella. Basados en la selección se debe proceder a una revisión exhaustiva del contenido y a registrar de forma organizada la información importante obtenida para luego realizar un análisis en función de los objetivos de la investigación. (p.256)

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos para la recolección de datos que se emplearán en la investigación son: la ficha de observación y la ficha de revisión documentaria.

Según Medina, Rojas y Bustamante (2023), se define a la ficha de observación como una herramienta usada en la investigación y evaluación que facilita recopilar información sobre un sujeto o un fenómeno en estudio. Este instrumento de investigación ayuda a los investigadores a ser más objetivos y precisos en su registro de datos siendo una de las ventajas de utilizarla, Además de ayudar a minimizar el sesgo subjetivo, ya que la información es registrada uniformemente y comparada de manera consistente. (p.43)

3.5 Instrumentos de análisis de datos

En la presente investigación se utilizarán como herramientas de análisis de datos tablas en Excel, en la cual procesaremos los datos de la información recopilada mediante gráficos. Además, realizaremos diagramas de análisis de procesos que nos muestran la cantidad y los tiempos invertidos en las actividades de mantenimiento preventivos.

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Descripción de la empresa y sus procesos

Los puertos siempre han cumplido una función muy importante para nuestro país, desde la época del virreinato, el puerto del Callao jugó un papel preponderante en esa época, debido a que se establecieron el control de las rutas marítimas en el Pacífico. Posteriormente, la época republicana se fundan más puertos, como el Puerto Mayor de Santa Rosa de Islay fundado en 1827 como el primer puerto internacional de Arequipa, que luego se convertiría en el puerto de Mollendo en 1871, dando lugar después al puerto de Matarani, desde 1951 hasta el día de hoy.

La empresa se dedica a los servicios portuarios y pertenece a uno de los Grupos empresariales más grandes del Perú, estos servicios se clasifican en función a la nave y en función a la carga.

- Servicios a la Nave: Amarre, desamarre, practica, remolcaje y uso de amarradero.
- Servicios a la carga: Uso de muelle, estiba, desestiba, transferencia, almacenaje y manipuleo.

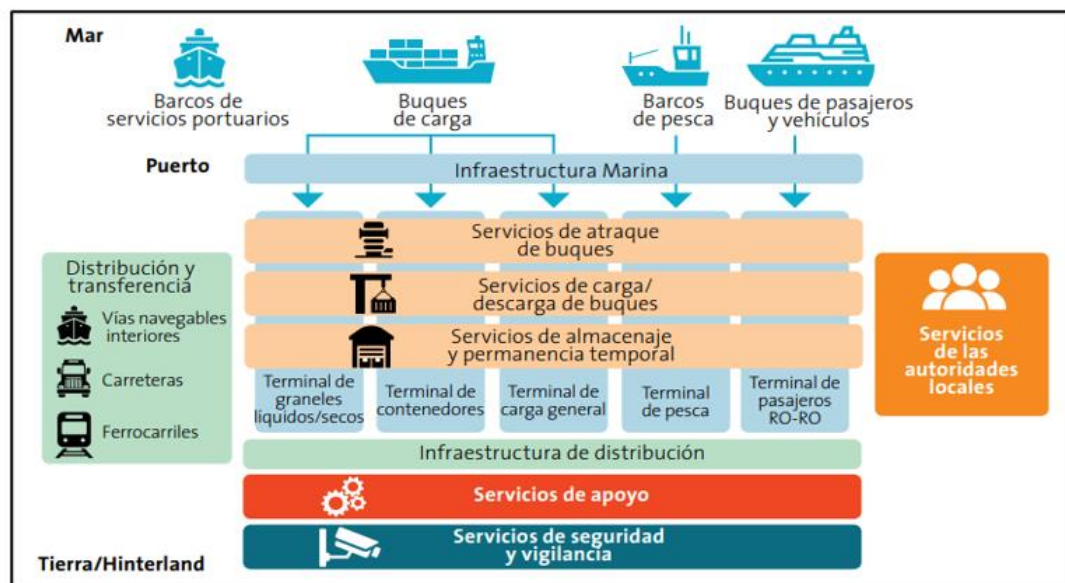


Figura 5. Actividades de una empresa de servicios portuarios. Tomada de: UNCTAD 2021, traducido por Cepal (2023).

4.1.1 Visión

La empresa de servicios portuarios tiene como visión llegar a ser la mejor alternativa de servicios e infraestructura portuaria del sur del país.

4.1.2 Misión

La empresa de servicios portuarios tiene como misión la de desarrollar operaciones portuarias y de almacenamiento con eficiencia, seguridad y responsabilidad socioambiental, generando valor al comercio exterior de la región sur del Perú y Bolivia, con talento humano e infraestructura especializada.

4.1.3 Organigrama de la empresa

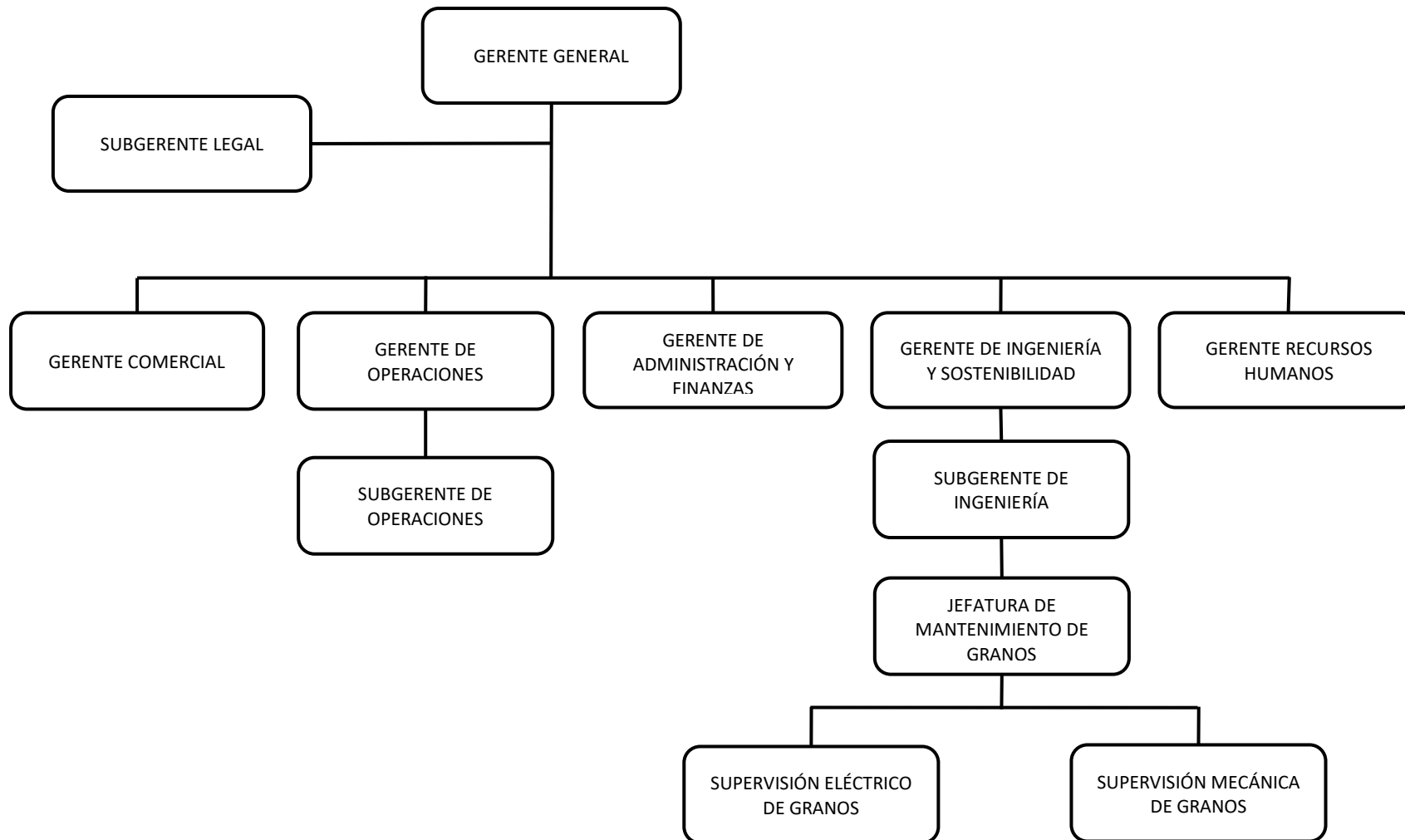


Figura 6. Estructura organizacional de la empresa de servicios portuarios.

4.1.4 Mapa de procesos de la empresa

La empresa cuenta con infraestructura que permite manipular carga como:

- a) Contenedores: servicios integrales a importaciones, exportaciones, cabotaje y manipuleo de carga con equipos como Reach Stackers, elevadoras y grúas móviles.
- b) Minerales: se brinda servicios de recepción, almacenamiento y embarque de minerales.
- c) Graneles: la empresa de servicios portuarios cuenta con equipos especializados, que permiten manejar diferentes tipos de graneles.
- d) Carga fraccionada: la empresa de servicios portuarios cuenta con áreas de operaciones y equipos especializados para la atención de los diferentes tipos de carga.

La presente investigación está centrada en el área de granos sólidos donde se manipula carga a granel de trigo, maíz y cebada, las cuales son recibidas mediante 02 grandes torres absorbentes que entregan el granel a dos líneas de recepción, que en primera instancia entregan a dos balanzas tipo batch, en donde se pesa el grano recepcionado; estas dos líneas a su vez dividen la carga recibida en 5 líneas de recepción: líneas 100, 200 y 300 pertenecientes a silos A, y las líneas 400 y 500 pertenecientes a silos B y C. Este sistema de recepción conformadas por fajas transportadoras, cadenas transportadoras y elevadores de cangilones transportan el granel hacia el sistema de almacenaje conformado por silos.

Adicional a los sistemas de recepción y almacenaje se encuentra el sistema de despacho, el cual está conformado por 3 puntos de despacho, los mismos que tienen balanzas tipo batch, las cuales pesan el grano que se despachará; de igual manera, está conformado por cadenas transportadoras, fajas transportadoras y elevadores de cangilones.

4.2 Diagnóstico de la situación actual

En el área de almacenamiento de granos se cuenta con los sistemas de recepción, almacenamiento y despacho, estos sistemas están compuestos por una gran cantidad de equipos que transportan los granos de maíz, trigo y cebada desde la bodega del barco hasta el camión del cliente.

En su mayoría los sistemas están compuestos por los siguientes equipos:

- Fajas transportadoras
- Cadenas transportadoras
- Elevadores de cangilones

- Equipos auxiliares

Siendo los más importantes las familias de fajas, cadenas y elevadores, ya que representan el 80.3% de los equipos en las líneas de transporte de granos en el área.

Tabla 6. Cantidad de equipos en el área de granos.

Planes de Mantenimiento	Tiempo Estándar (Hrs)
Mantenimiento Eléctrico de fajas transportadoras	9.00
Mantenimiento Mecánico de fajas transportadoras	12.50
Mantenimiento Eléctrico de cadenas transportadoras	8.00
Mantenimiento Eléctrico de cadenas transportadoras	10.00
Mantenimiento Eléctrico elevadores de cangilones	7.50
Mantenimiento Mecánico elevadores de cangilones	11.00

Actualmente en la gestión de mantenimiento del sistema de granos se tiene observaciones que no permiten que alcance el 100% de cumplimiento del plan de mantenimiento.

4.2.1 Órdenes de mantenimiento sin atender

Se realizó el análisis de las órdenes de mantenimiento programadas de julio a diciembre del 2024, este análisis evidencia un incremento en la cantidad de las órdenes pendientes de ejecución, llamadas backlog en nuestra gestión de mantenimiento, obteniendo un promedio de 28% de órdenes sin ejecutarse en el segundo semestre del año 2024.

Tabla 7. Cumplimiento de plan de mantenimiento del área de granos de julio a diciembre del 2024.

CUMPLIMIENTO DE LA PROGRAMACIÓN				
Mes	Total de OM	Ejecutado	Sin ejecutar	% Cump. Prog.
Jul-24	170.00	144.00	26.00	84.7%
Ago-24	103.00	83.00	20.00	80.6%
Set-24	121.00	99.00	22.00	81.8%
Oct-24	143.00	116.00	27.00	81.1%
Nov-24	139.00	120.00	19.00	86.3%
Dic-24	153.00	118.00	35.00	77.1%
Total	829.00	680.00	149.00	82.0%

Al 31 de diciembre del 2024 se contaba con 149 órdenes de mantenimiento sin ejecutar en el área de granos, de las cuales el 83% son órdenes que corresponden al mantenimiento de las tres familias importantes en el sistema; por tal motivo, se centró el estudio en mejorar el cumplimiento de mantenimiento de estas familias.

Tabla 8. Cantidad de órdenes de mantenimiento sin ejecutar entre julio y diciembre 2024.

ÓRDENES DE MANTENIMIENTO SIN EJECUTAR							
Equipo	Jul-24	Ago-24	Set-24	Oct-24	Dic-24	ANUAL	%
Sistemas Auxiliares	4.00	3.00	4.00	5.00	6.00	25.00	16.78%
Cadenas Transportadoras	10.00	8.00	8.00	9.00	13.00	55.00	36.91%
Fajas transportadoras	4.00	3.00	3.00	4.00	5.00	22.00	14.77%
Elevadores de cangilones	8.00	6.00	7.00	9.00	11.00	47.00	31.54%
Total	26.00	20.00	22.00	27.00	35.00	149.00	

4.2.2 Falta de hojas de ruta o lista de instrucciones en planes de mantenimiento

Se ha revisado la cantidad planes de mantenimiento que cuentan con hojas de rutas y se evidencia que solo el 32.20 % contiene hoja de ruta o lista de instrucciones, el 28.81 % de los planes pertenecientes a los equipos de las tres familias más importantes del área de granos, y el 3.39% de los equipos auxiliares.

Tabla 9. Cantidad de planes con hojas de ruta.

PLANES CON HOJAS DE RUTA HR					
Equipo	Cantidad	Cantidad de PM	Total PM	con HR	% HR
Sistemas auxiliares	12.00	10.00	20.00	4.00	3.39%
Cadenas transportadoras	22.00	2.00	44.00	22.00	18.64%
Fajas transportadoras	8.00	2.00	16.00	2.00	1.69%
Elevadores de cangilones	19.00	2.00	38.00	10.00	8.47%
Total	61.00	16.00	118.00	38.00	32.20%

Es importante que todos los planes cuenten con hojas de ruta o lista de instrucciones, ya que en palabras simples se indican el paso a paso de las actividades de mantenimiento que los técnicos deben realizar en los equipos; cabe mencionar que, si completamos las hojas de ruta de los planes pertenecientes a las familias de elevadores de cangilones, fajas y cadenas transportadoras, estaremos logrando un 83% de planes con hojas de ruta.

Contar con lista de actividades u hojas de rutas, que en esta investigación se trabajará como parte de un Diagrama de Análisis de Procesos, son importantes para los técnicos porque reduce el tiempo muerto que tienen en su día a día, como mejorar la calidad de sus notificaciones y disminuir el tiempo invertido en notificar la orden de mantenimiento.

4.2.3 Falta de tiempo estándar

Este punto se complementa con el anterior, ya que al no contar en el ERP con un tipo estándar que demora la orden de mantenimiento se deja a criterio del técnico evaluar el tiempo a invertir

en una actividad, lo que impide realizar una adecuada programación de actividades. El 100 % de los planes de mantenimiento no cuentan con tiempos estándar que se puedan tomar en cuenta para una adecuada programación.

4.3 Identificación de causas

4.3.1 Diagrama Ishikawa

Para la identificación de las posibles causas detrás del problema detectado, se ha elaborado un diagrama causa raíz, también denominado diagrama Ishikawa, que nos permitió ordenar los problemas encontrados en grupos como: materiales, mano de obra, medio ambiente, máquina y métodos.

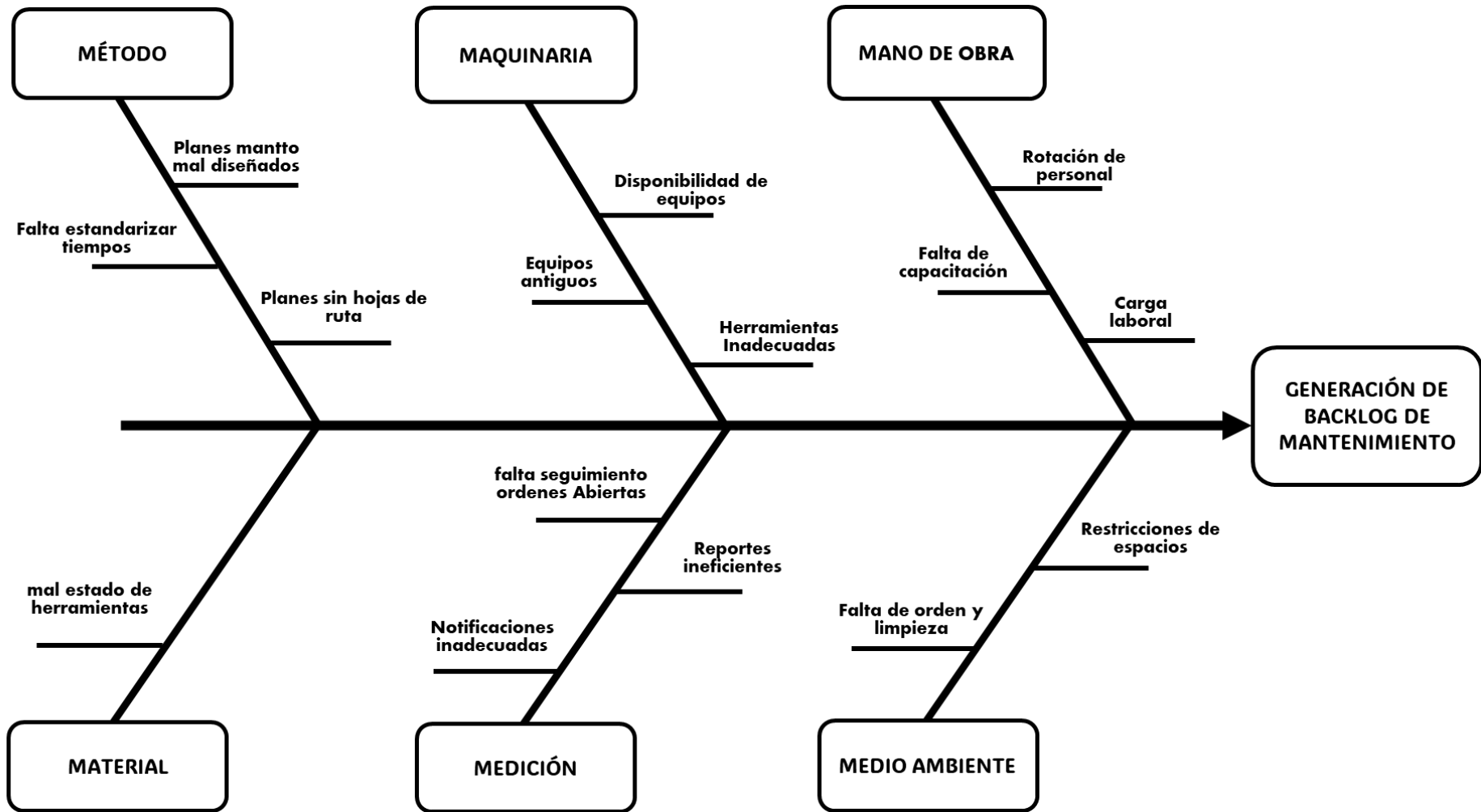


Figura 7. Diagrama de Ishikawa de la Generación de Backlog de mantenimiento en el área de granos de una empresa de servicios portuarios.

4.3.2 Diagrama de Pareto

Una vez obtenidas las causas de los problemas, se realizó una clasificación de mayor a menor relevancia a través de un diagrama de Pareto, permitiendo identificar los factores más críticos entre dichos elementos o causas. Se obtuvieron 15 causas relevantes para el análisis.

Tabla 10. Lista de causas – efectos.

N°	Equipo
1	Rotación de personal
2	Falta de capacitación
3	Carga laboral
4	Restricción de espacios
5	Falta de orden y limpieza
6	Disponibilidad de equipos
7	Equipos Antiguos
8	Herramientas In adecuadas
9	Falta de seguimiento de ordenes Abiertas
10	Reportes ineficientes
11	Notificaciones Inadecuadas
12	Planes de mantenimiento mal diseñados
13	Falta de estandarizar tiempos
14	Planes sin hoja de ruta
15	Mal estado de Herramientas

Mediante la observación realizada, se identificaron el nivel de importancia de las cada uno de los 15 elementos, teniendo en cuenta el número de veces que se registra la causa para los planes de mantenimiento pendientes de ejecución, esto permitirá determinar cuáles fueron los elementos más críticos obteniendo la siguiente tabla.

Tabla 11. Lista causas - efectos en orden de relevancia.

N	Equipo	Observaciones	%	% Acumula
13	Falta de estandarizar tiempos	49	32.89%	32.89%
14	Planes sin hoja de ruta	47	31.54%	64.43%
12	Planes de mantenimiento mal diseñados	22	14.77%	79.19%
11	Notificaciones Inadecuadas	5	3.36%	82.55%
9	Falta de seguimiento de ordenes Abiertas	4	2.68%	85323%
6	Disponibilidad de equipos	3	2.01%	87.25%
10	Reportes ineficientes	3	2.01%	89.26%
7	Equipos Antiguos	3	2.01%	91.28%
15	Mal estado de Herramientas	3	2.01%	93.29%
1	Rotación de personal	3	2.01%	95.30%
5	Falta de orden y limpieza	3	2.01%	97.32%
3	Carga laboral	2	1.34%	98.66%
2	Falta de capacitación	1	0.67%	99.33%
4	Restricción de espacios	1	0.67%	100%
8	Herramientas Inadecuadas	0	0.00%	100%
Total		149	1.00	

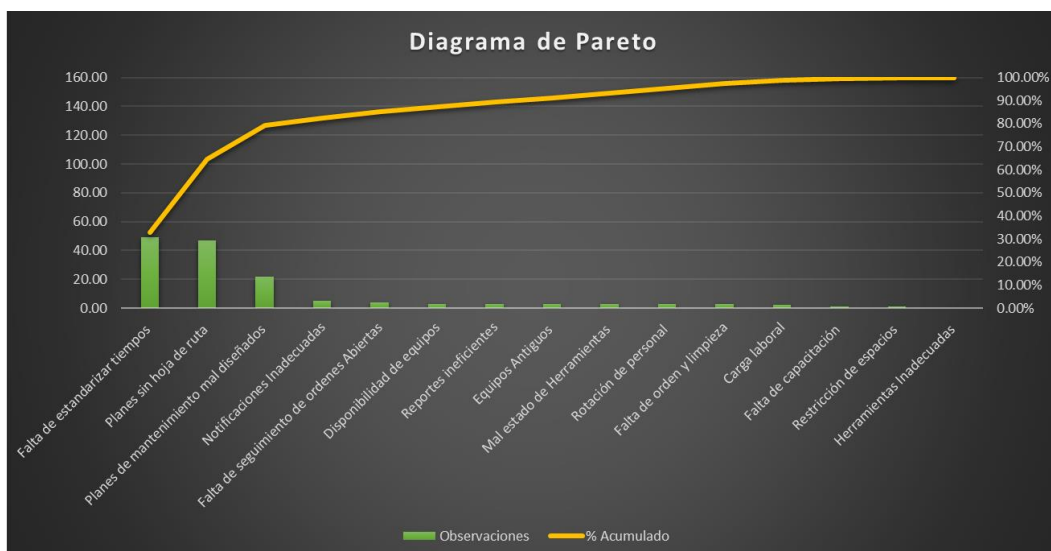


Figura 8. *Diagrama de Pareto.*

Como podemos apreciar en la tabla, el 80 por ciento de los factores que contribuyeron a la falta de ejecución de los planes de mantenimiento pendientes están representados por las siguientes causas o elementos:

- Falta de estandarizar tiempos
- Planes sin hoja de ruta
- Planes de mantenimiento mal diseñados

4.4 Propuesta de mejora con ingeniería de métodos

En base a las principales causas que generaron la falta de ejecución de los planes de mantenimiento antes analizados se elabora propuesta de mejora para las tres causas de mayor importancia en el área.

Tabla 12. Propuesta de mejora.

Propuesta de Mejora	
Problemas	Soluciones
Planes sin hoja de ruta	Se elaborarán diagramas de análisis de procesos para identificar todas las actividades que se realizan en mantenimiento de fajas transportadoras, cadenas transportadoras y elevadores de cangilones, esto permitirá conocer la relación de actividades que deben ser incluidas en las hojas de ruta.
Falta de estandarizar tiempos	Con los diagramas de procesos elaborados se realizará el cálculo del tiempo estándar para las actividades, teniendo en cuenta la calificación según WESTINGHOUSE y los suplementos.
Planes de mantenimiento mal diseñados	Ya con las hojas de ruta definidas y con el tiempo estándar calculado procedemos a modificar los planes de mantenimiento en la herramienta SAP, mejorando estos en diseño y facilitando la planificación del programa de mantenimiento durante cada mes del año.

4.4.1 Elaborar diagrama de operaciones de procesos - DOP

Se elabora diagramas de operaciones de procesos para identificar de manera preliminar las fases generales del mantenimiento preventivo que se ejecutan en cada uno de los planes de mantenimiento de los equipos más importantes del área.

Diagrama de Operaciones de Procesos – Mantenimiento eléctrico de fajas transportadoras

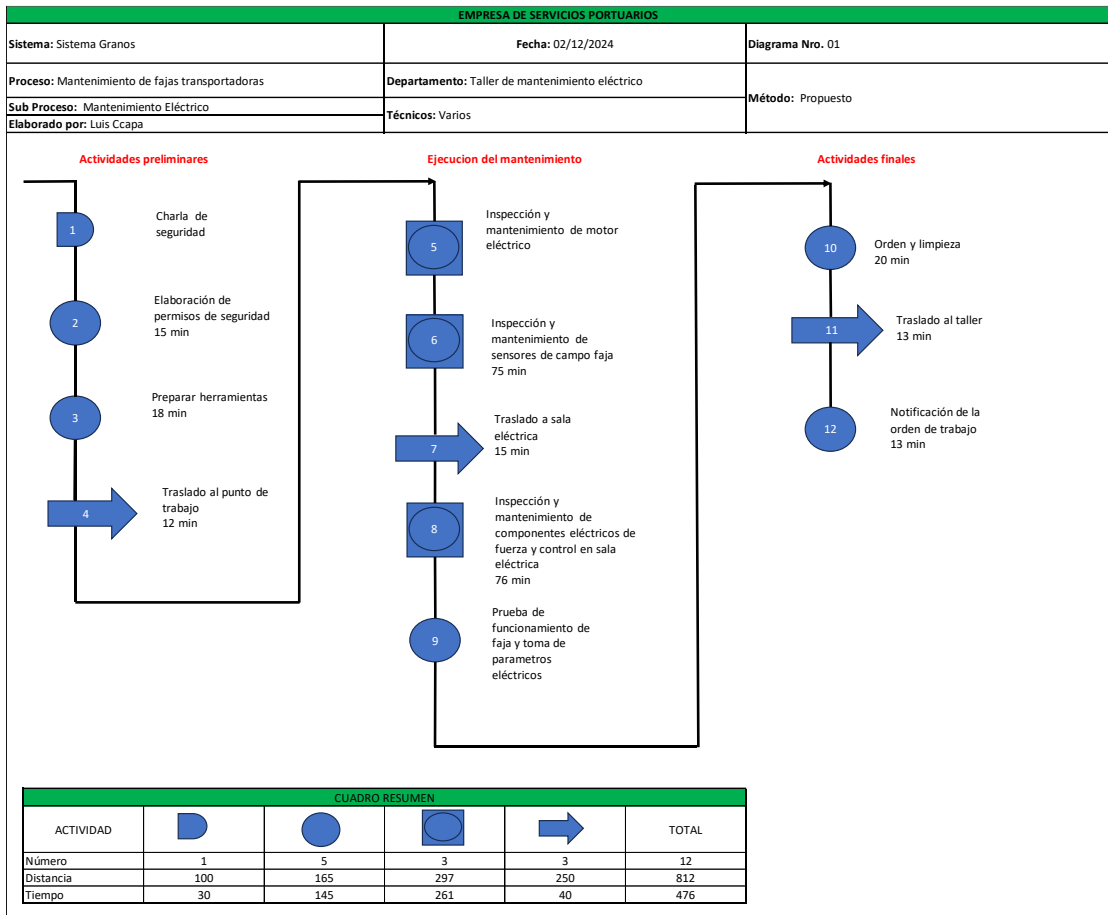


Figura 9. Diagrama de operaciones de Procesos de mantenimiento eléctrico de fajas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.

Diagrama de Operaciones de Procesos – Mantenimiento mecánico de fajas transportadoras

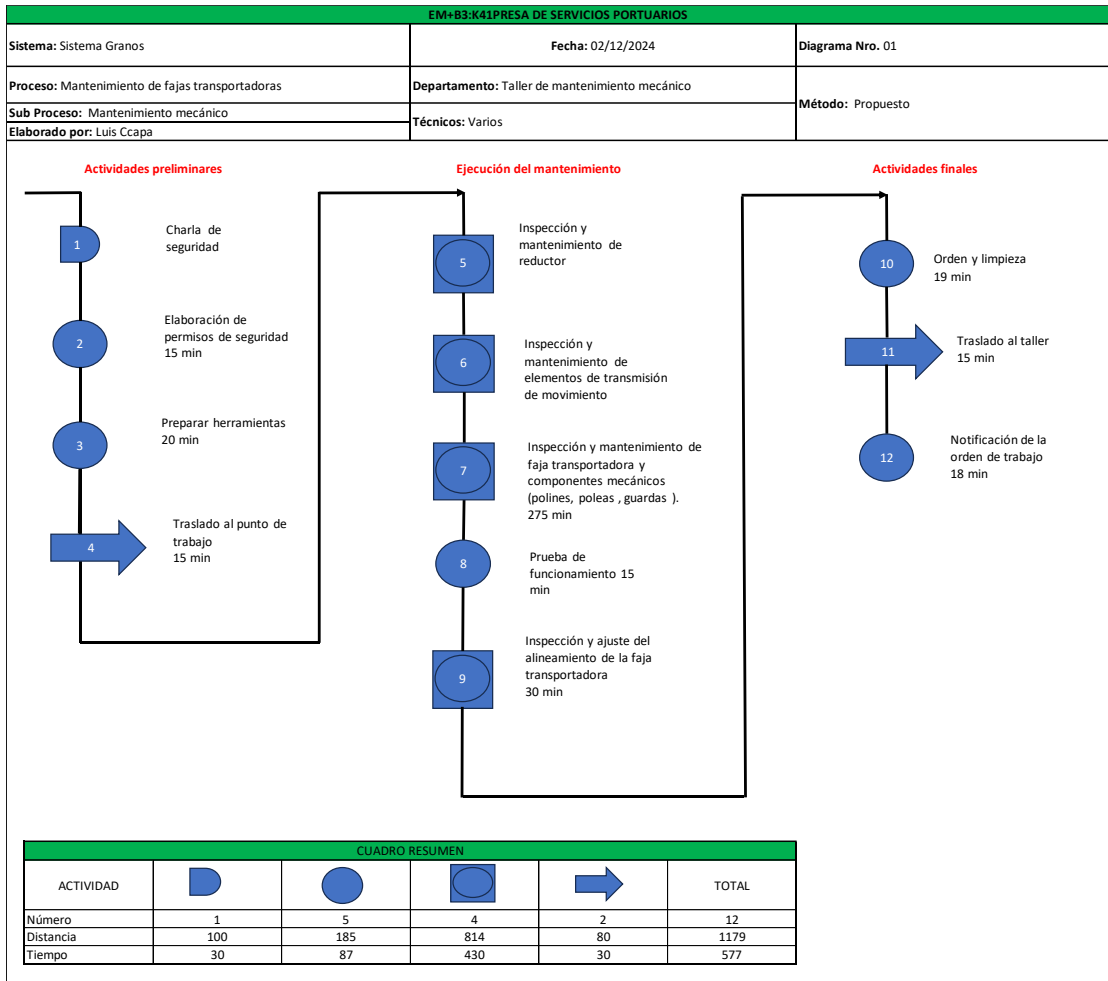


Figura 10. Diagrama de operaciones de Procesos de mantenimiento mecánico de fajas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.

Diagrama de Operaciones de Procesos – Mantenimiento eléctrico de cadenas transportadoras

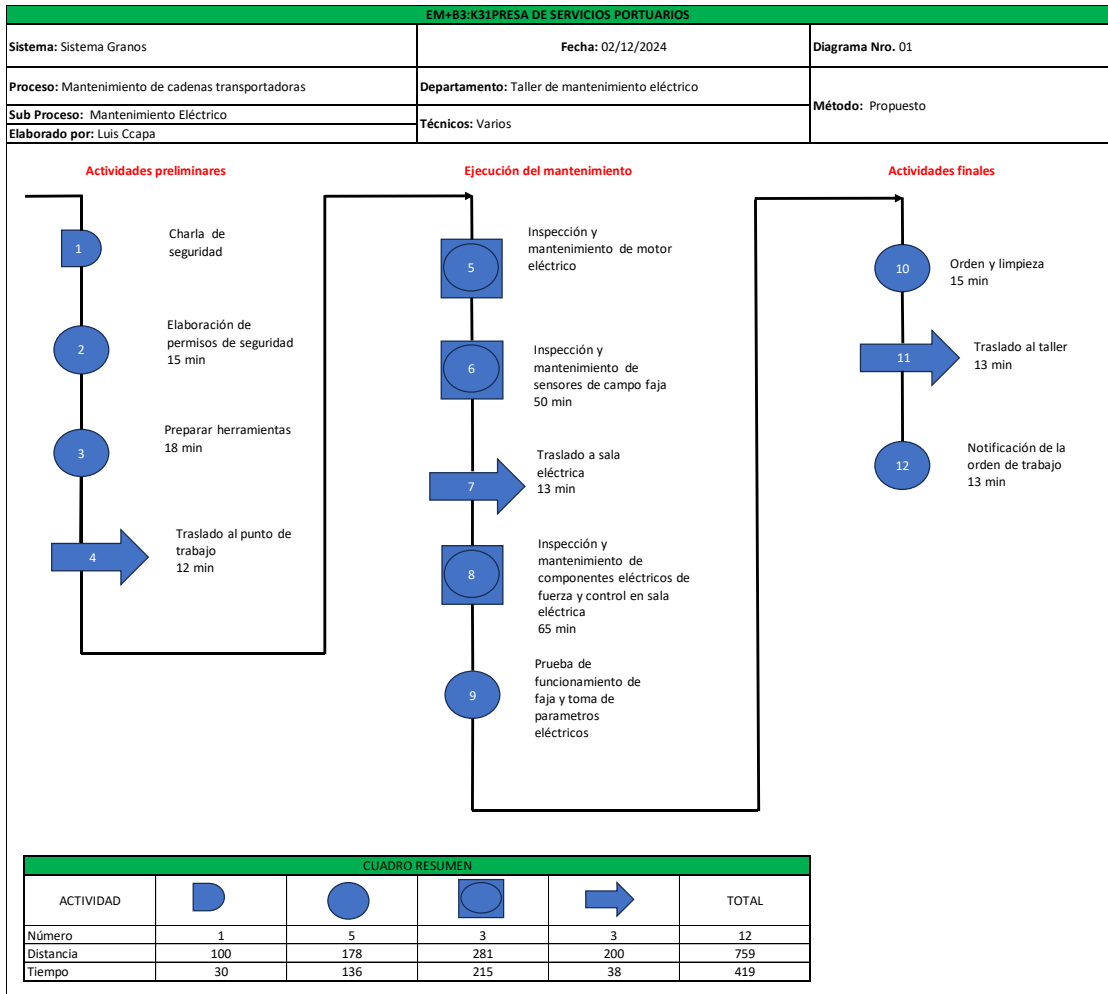


Figura 11. Diagrama de operaciones de Procesos de mantenimiento eléctrico de cadenas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.

Diagrama de Operaciones de Procesos – Mantenimiento mecánico de cadenas transportadoras

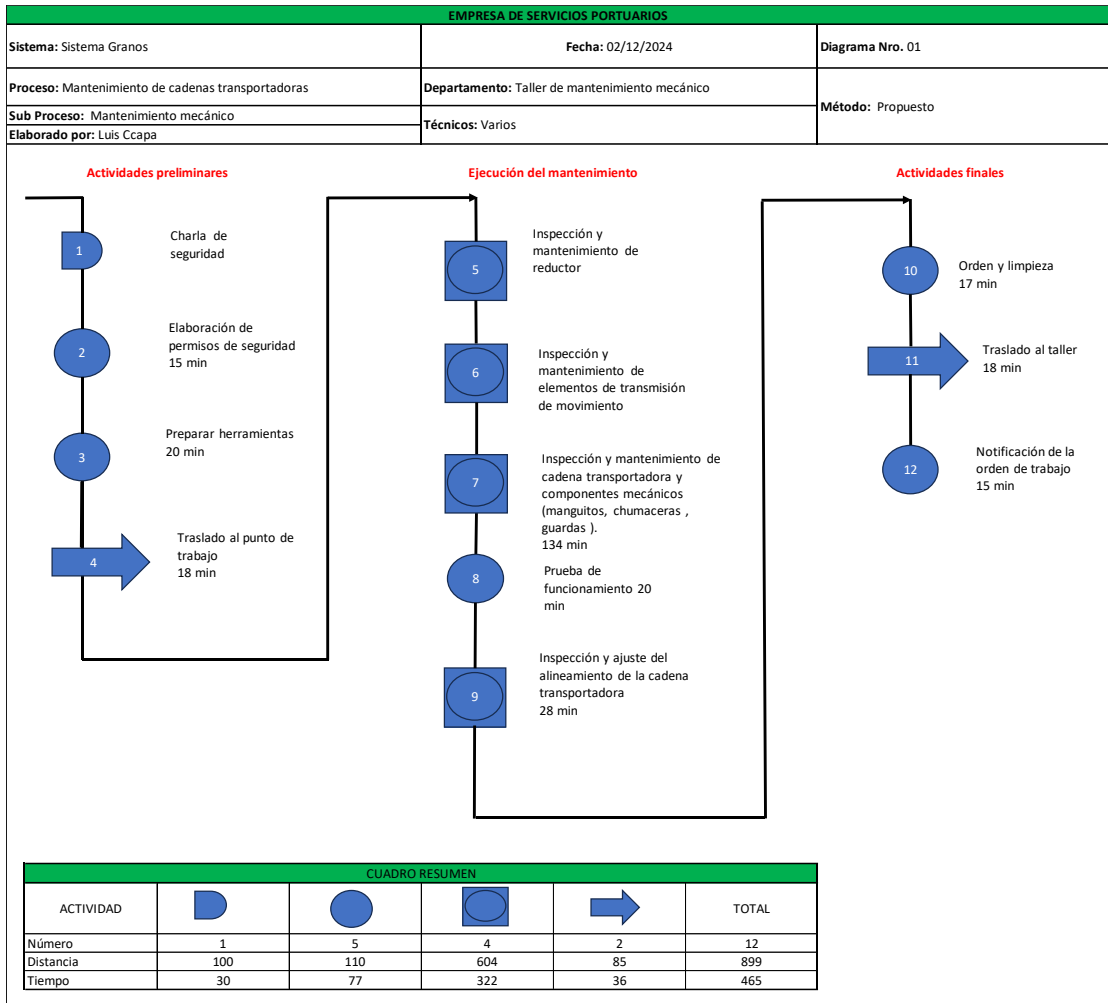


Figura 12. Diagrama de operaciones de Procesos de mantenimiento mecánico de cadenas transportadoras en una empresa de servicios portuarios

Diagrama de Operaciones de Procesos – Mantenimiento eléctrico de elevadores de cangilones.

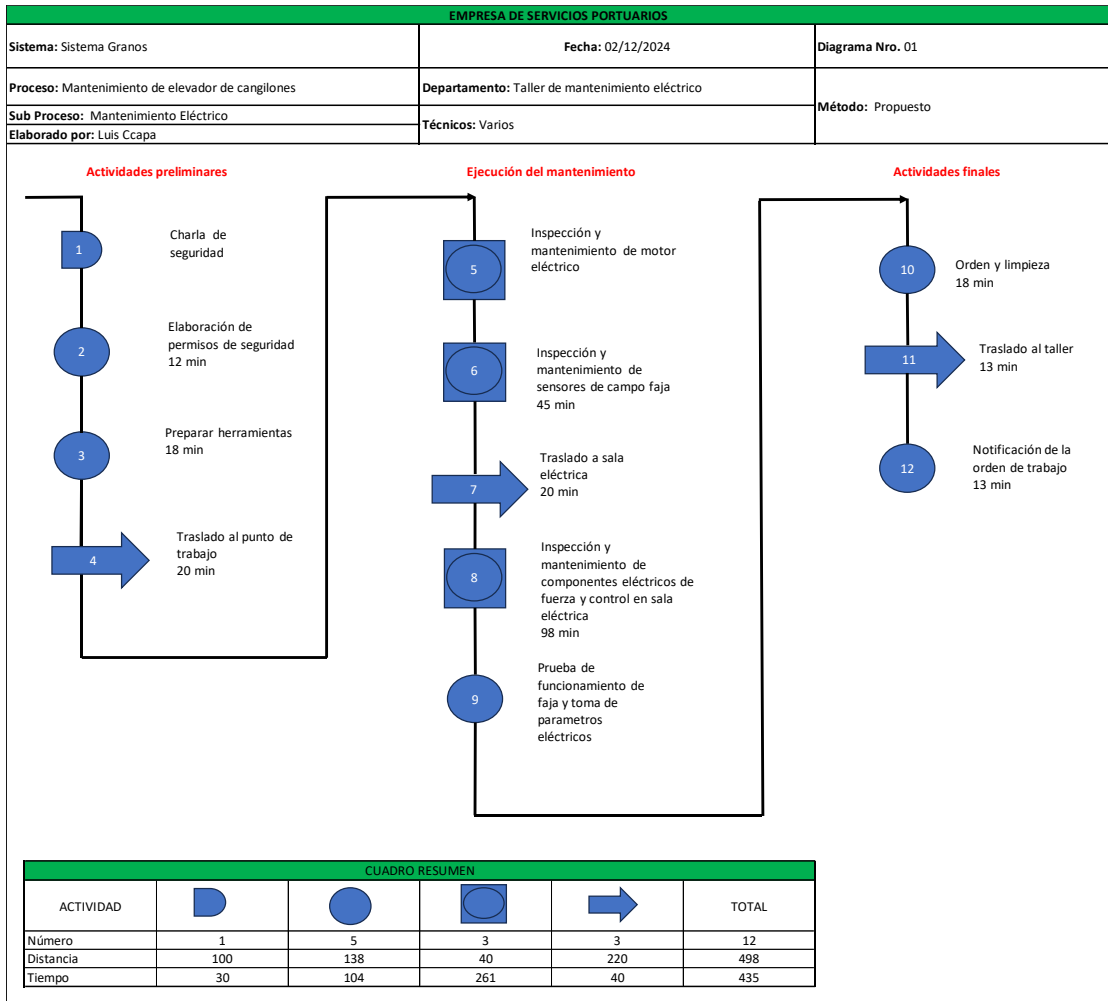


Figura 13. Diagrama de operaciones de Procesos de mantenimiento eléctrico de elevadores de cangilones en una empresa de servicios portuarios.

Diagrama de Operaciones de Procesos – Mantenimiento mecánico de elevadores de cangilones

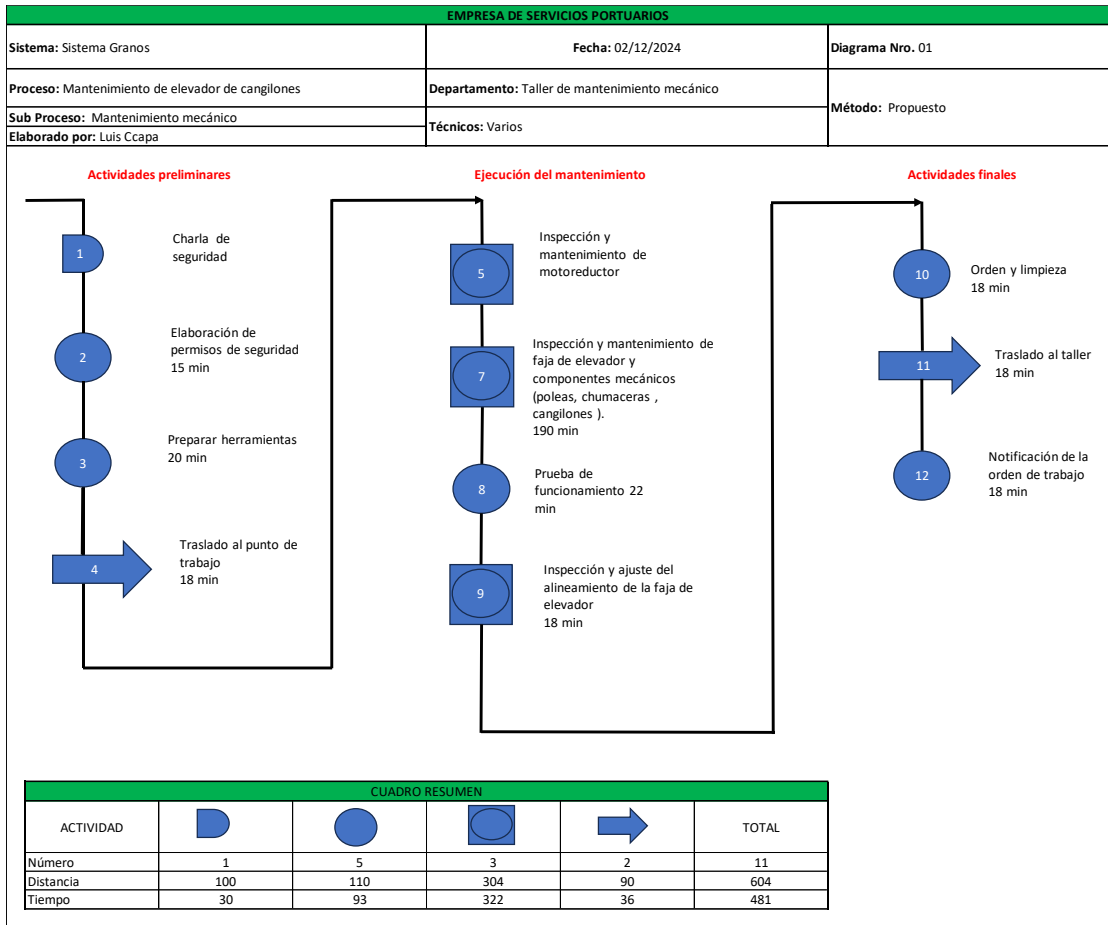


Figura 14. Diagrama de operaciones de Procesos de mantenimiento mecánico de elevadores de cangilones en una empresa de servicios portuarios.

4.4.2 Elaborar Diagrama de Análisis de Procesos - DAP

Se elaboran diagramas de análisis de procesos para identificar las tareas necesarias en cada una de las actividades de mantenimientos para los tres tipos de equipos más importantes del área, los cuales son elevadores de cangilones, cadenas de transporte y fajas de transporte. Esos diagramas en la gestión de mantenimiento representarán la lista de instrucciones u hojas de rutas para los planes de mantenimiento preventivo.

Diagrama de Análisis de Procesos – Mantenimiento Eléctrico de fajas transportadoras






Formato N° 1 Movimientos									
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO									
ACTIVIDAD: Mantenimiento de fajas transportadoras						ÁREA: Mantenimiento Almacenamiento de granos			
RESUMEN			DEPARTAMENTO / ÁREA:			SECCIÓN: Mantenimiento Eléctrico			
ACTIVIDAD	MET. ACTUAL	MET. MEJORADO							
OPERACIÓN	18			OBSERVADOR: Luis Ccapa			INDICADOR:		
INSPECCIÓN	3								
TRANSPORTE	4			FECHA: 1 al 30 de enero			INDICADOR:		
DEMORA	1								
ALMACENAJE	0			MÉTODO			ACTUAL		
TOTAL									
N°	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	TIPO DE ACTIVIDAD					TIEMPO EN MINUTOS	DISTANCIA EN METROS	OBSERVACIÓN
									
1	Charla de seguridad previo a los trabajos						30.00	100	Incluye traslado de vestidores hacia sala de reuniones
2	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de fajas transportadoras						15.00	1	
3	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento						18.00	5	
4	Traslado hacia ubicación de faja transportadora						12.00	50	
5	Limpieza del motor eléctrico						34.00	1	Incluye bloqueo de equipo
6	Prueba de aislamiento de motor eléctrico						36.00	1	Incluye desconexión y conexión en caja de borneras de motor
7	Ajuste de pernería en anclaje del motor						23.00	1	
8	Limpieza e inspección de estado de ventilador						16.50	1	
9	Limpieza de sensores (pull cord, paradas de emergencia y desalineamiento) y cajas de paso						37.00	120	Recorrido a lo largo de la faja transportadoras
10	Inspección del estado de componentes de sensores (pull cord, paradas de emergencia y desalineamiento) y cajas de paso						18.50	15	
11	Pruebas de operatividad del sensor en campo (prueba de accionamiento mecánico)						19.00	120	
12	Traslado hacia sala eléctrica						15.00	150	
13	Verificación de llegada de señales al PLC						21.00	5	
14	Inspección y ajuste de los tornillos de los terminales de los cables de fuerza y control						19.00	5	
15	Verificación en el SCADA de accionamiento del sensor y listado de interlocks						24.00	5	
16	Revisión de protección de motor (Guardamotor, contactor)						12.50	1	
17	Prueba de arranque remoto						20.00	5	Incluye desbloqueo de equipo
18	Medición de consumos en vacío y/o carga						17.00	5	
19	Traslado hacia faja transportadora						15.00	150	
20	Toma de temperaturas del motor eléctrico con carga						15.00	3	
21	Inspección del ruido del motor con estetoscopio						12.00	3	
22	Orden y limpieza del área de trabajo						20.00	5	
23	Traslado a taller						13.00	50	
24	Notificación de la Orden de trabajo						17.50	10	
TOTAL		18	3	4	1	0	480.00	812	

Figura 15. Diagrama de Análisis de Procesos de mantenimiento eléctrico de fajas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.

En la figura se muestran las actividades de mantenimiento eléctrico a una faja transportadora y sus tiempos de ejecución de acuerdo con el diagrama de análisis del proceso de la actividad de mantenimiento, se tiene un total de 24 actividades, conformadas por 18 operaciones propias del mantenimiento preventivo, 3 inspecciones a componentes importantes de las fajas transportadoras, 1 demora la cual es representada por el traslado desde el vestidor hasta el ambiente donde se realiza la charla, 4 actividades de transportes y 0 almacenamientos. Todas las actividades fueron realizadas en un tiempo de 480 minutos y con recorrido de distancia de 812 metros en la planta.

a) Cálculo de estudio de movimientos

Tiempo promedio por mantenimiento eléctrico de faja transportadora

- Mes: enero
- Cálculo: Aplicamos la fórmula de cálculo de movimiento planificado.

$$MP = \frac{Tm}{Cm} \quad (3)$$

$$MP = 480/24 = 20. \text{ min}$$

Interpretación: el tiempo promedio por cada actividad de mantenimiento eléctrico de faja transportadora es de 20 minutos.

$$24 \text{ actividades} \times 20 \text{ min.} = 480 \text{ actividades / minutos} = 8 \text{ horas}$$

Cada mantenimiento eléctrico de fajas transportadoras programados por mes tiene una duración de 8 horas.

Diagrama de Análisis de Procesos – Mantenimiento Mecánico de fajas transportadoras

Formato N° 1 Movimientos										
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO										
ACTIVIDAD: Mantenimiento de fajas transportadoras						ÁREA: Mantenimiento granos				
RESUMEN				DEPARTAMENTO / ÁREA:		SECCIÓN: Mantenimiento Mecánico				
ACTIVIDAD	MET. ACTUAL	MET. MEJORADO	TIEMPO							
OPERACIÓN	17			OBSERVADOR: Luis Ccapa		INDICADOR:				
INSPECCIÓN	9									
TRANSPORTE	2			FECHA:		MÉTODO				
DEMORA	1									
ALMACENAJE	0			TIPO DE ACTIVIDAD		ACTUAL	x		OBSERVACIÓN	
TOTAL						MEJORADO				
N°	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	●	■	→	◐	▼	TIEMPO EN MINUTOS	DISTANCIA EN METROS		
		1	Charla de seguridad previo a los trabajos							
2	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de fajas transportadoras						15.00	1		
3	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento						21.00	10		
4	Traslado hacia ubicación de faja transportadora						15.50	50		
5	Bloqueo eléctrico de faja transportadora						11.00	25		
6	Inspección y limpieza reductor						32.00	5		
7	Inspeccionar y rellenar el nivel de aceite de reductor						45.00	2	Incluye el traslado del aceite al punto de trabajo	
8	Ajuste de pernería en anclaje del reductor						18.00	2		
9	Prueba de Tensión e inspección del estado de las correas de transmisión						28.00	5		
10	Inspección del estado de la estructura de la Faja						35.50	120		
11	Verificar el ajuste de los bastidores de los Polines						33.50	120		
12	Inspección del estado de los Polines						18.50	120		
13	Inspeccionar el estado de los limpiadores o raspadores						23.50	120		
14	Inspección la unión o el empalme de faja transportadora						28.50	60		
15	Verificar el funcionamiento del contrapeso						37.00	60		
16	Revisar estado coberturas, guardas y sistemas de seguridad						28.00	120		
17	Inspección de los rodamientos y manguitos de Fijación de chumacera						21.50	5		
18	Inspección de estado de Chumaceras y cambio de grasa						33.50	5	Incluye el traslado de la grasa al punto de trabajo	
19	Desbloqueo eléctrico de faja transportadora						10.50	25		
20	Prueba de funcionamiento de faja en vacío y con carga						12.50	50		
21	Inspección y ajuste del alineamiento de la faja transportadora						28.50	120		
22	Orden y limpieza del área de trabajo						18.00	120		
23	Traslado a taller						16.50	25		
24	Notificación de la Orden de trabajo						16.50	1		
TOTAL		17	9	2	1	0	577.50	1171		

Figura 16. Diagrama de Análisis de Procesos de Mantenimiento mecánico de fajas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.

En la figura se muestran las actividades de mantenimiento mecánico a una faja transportadora y sus tiempos de ejecución de acuerdo con el diagrama de análisis del proceso de la actividad de mantenimiento, se tiene un total de 24 actividades, conformadas por 17 operaciones propias del mantenimiento preventivo, 9 inspecciones a componentes importantes de las fajas transportadoras, 1 demora la cual es representada por el traslado desde el vestidor hasta el ambiente donde se realiza la charla, 2 actividades de transportes y 0 almacenamientos. Todas las actividades fueron realizadas en un tiempo de 547.50 minutos y con recorrido de distancia de 1171 metros en la planta.

b) Cálculo de estudio de movimientos

Tiempo promedio por mantenimiento eléctrico de faja transportadora

- Mes: enero
- Cálculo: Aplicamos la fórmula de cálculo de movimiento planificado.

$$MP = \frac{Tm}{Cm} \quad (4)$$

$$MP = 547.50/24 = 22.81 \text{ min}$$

Interpretación: el tiempo promedio por cada actividad de mantenimiento eléctrico de faja transportadora es de 22.81 minutos.

$$\begin{aligned} 24 \text{ actividades} \times 22.81 \text{ min.} &= 547.44 \text{ actividades / minutos} \\ &= 9.12 \text{ horas} \end{aligned}$$

Cada mantenimiento mecánico de fajas transportadoras programados por mes tiene una duración de 9 horas (redondeo técnico).

Diagrama de Análisis de Procesos – Mantenimiento Eléctrico de Cadenas transportadoras

Formato N° 1 Movimientos									
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO									
ACTIVIDAD: Mantenimiento de cadenas transportadoras						ÁREA: Mantenimiento Almacenamiento de granos			
RESUMEN				DEPARTAMENTO / ÁREA:		SECCIÓN: Mantenimiento Eléctrico			
ACTIVIDAD	MET. ACTUAL	MET. MEJORADO	TIEMPO						
OPERACIÓN	18			OBSERVADOR: Luis Ccapa		INDICADOR:			
INSPECCIÓN	3								
TRANSPORTE	4			FECHA: 1 al 30 de enero		MÉTODO			
DEMORA	1								
ALMACENAJE	0			MÉTODO		ACTUAL		INDICADOR:	
TOTAL						MEJORADO	x		
N°	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	TIPO DE ACTIVIDAD					TIEMPO EN MINUTOS	DISTANCIA EN METROS	OBSERVACIÓN
1	Charla de seguridad previo a los trabajos						30.00	100	Incluye traslado de vestidores hacia sala de reuniones
2	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de cadenas transportadoras						15.00	1	
3	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento						18.00	3	
4	Traslado hacia ubicación de cadena transportadora						12.00	50	
5	Limpeza del motor eléctrico						31.00	1	Incluye bloqueo de equipo
6	Prueba de aislamiento de motor eléctrico						36.00	1	Incluye desconexión y conexión en caja de borneras de motor
7	Ajuste de pernería en anclaje del motor						18.00	1	
8	Limpeza e inspección de estado de ventilador						16.50	1	
9	Limpeza e inspección de sensores de paradas de emergencia y cajas de paso						29.00	120	Recorrido a lo largo de la faja transportadoras
10	Pruebas de operatividad del sensor en campo (prueba de accionamiento mecánico)						19.00	120	
11	Traslado hacia sala eléctrica						12.00	150	
12	Prueba y Verificación de llegada de señales al PLC						19.00	3	
13	Inspección y ajuste de los tornillos de los terminales de los cables de fuerza y control						17.50	3	
14	Verificación en el SCADA de accionamiento del sensor y listado de interlocks						18.00	3	
15	Revisión de protección de motor (Guardamotor, contactor)						11.50	1	
16	Prueba de arranque remoto						18.00	3	Incluye desbloqueo de equipo
17	Medición de consumos en vacío y con carga						12.00	3	
18	Traslado hacia cadena transportadora						15.00	150	
19	Toma de temperaturas del motor eléctrico con carga						15.00	2	
20	Inspección del ruido del motor con estetoscopio						12.00	2	
21	Orden y limpieza del área de trabajo						17.00	3	
22	Traslado a taller						13.00	50	
23	Notificación de la Orden de trabajo						15.00	10	
TOTAL		18	3	4	1	0	419.50	781	

Figura 17. Diagrama de Análisis de Procesos de Mantenimiento Eléctrico de Cadenas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.

En la figura se muestran las actividades de mantenimiento eléctrico a una cadena transportadora y sus tiempos de ejecución, de acuerdo con el diagrama de análisis del proceso de la actividad de mantenimiento, se tiene un total de 23 actividades, conformadas por 18 operaciones propias del mantenimiento preventivo, 3 inspecciones a componentes importantes de las cadenas transportadoras, 1 demora la cual es representada por el traslado desde el vestidor hasta el ambiente donde se realiza la charla, 4 actividades de transportes y 0 almacenamientos. Todas las actividades fueron realizadas en un tiempo de 419.50 minutos y con recorrido de distancia de 781 metros en la planta.

c) Cálculo de estudio de movimientos

Tiempo promedio por mantenimiento eléctrico de cadena transportadora

- Mes: enero
- Cálculo: Aplicamos la fórmula de cálculo de movimiento planificado.

$$MP = \frac{Tm}{Cm} \quad (5)$$

$$MP = 419.50/23 = 18.24 \text{ min}$$

Interpretación: El tiempo promedio por cada actividad de mantenimiento eléctrico de cadena transportadora es de 18.24 minutos.

$$\begin{aligned} 23 \text{ actividades} * 18.24 \text{ min.} &= 419.52 \text{ actividades / minutos} \\ &= 6.99 \text{ horas} \end{aligned}$$

Cada mantenimiento eléctrico de cadenas transportadoras programados por mes tiene una duración de 7 horas (redondeo técnico).

Diagrama de Análisis de Procesos – Mantenimiento Mecánico de Cadenas transportadoras






Formato N° 1 Movimientos									
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO									
ACTIVIDAD: Mantenimiento de Cadenas transportadoras						ÁREA: Mantenimiento granos			
RESUMEN				DEPARTAMENTO / ÁREA:		SECCIÓN: Mantenimiento Mecánico			
ACTIVIDAD	MET. ACTUAL	MET. MEJORADO	TIEMPO						
OPERACIÓN	15			OBSERVADOR: Luis Ccapa		INDICADOR:			
INSPECCIÓN	8								
TRANSPORTE	2			FECHA:		MÉTODO			
DEMORA	1								
ALMACENAJE	0			TIPO DE ACTIVIDAD		ACTUAL	x		
TOTAL									
N°	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	TIPO DE ACTIVIDAD					TIEMPO EN MINUTOS	DISTANCIA EN METROS	OBSERVACIÓN
									
1	Charla de seguridad previo a los trabajos						30.00	100	Incluye traslado de vestidores hacia sala de reuniones
2	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de cadenas transportadoras						15.00	1	
3	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento						19.50	10	
4	Traslado hacia ubicación de cadena transportadora						17.50	60	
5	Bloqueo eléctrico de cadena transportadora						12.00	25	
6	Inspección y limpieza reductor						32.00	5	
7	Inspeccionar y rellenar el nivel de aceite de reductor						45.00	2	Incluye el traslado del aceite al punto de trabajo
8	Ajuste de pernería en anclaje del reductor						18.00	2	
9	Prueba de Tensión de la cadena Motriz y Piñones, Inspección el estado de los eslabones y lubricación de cadena.						33.50	5	
10	Inspección del estado de la Cadena Transportadora						34.00	110	
11	Verificar Chapa Desgaste y Rodillos Nylon						27.00	110	
12	Realizar Tensado Cadena Transportadora						21.50	110	
13	Inspección estado coberturas y cajon de cadena transportadora						24.50	110	
14	Inspección de los rodamientos y manguitos de Fijación de chumacera						19.00	5	
15	Inspección de estado de Chumaceras y cambio de grasa						31.50	5	Incluye el traslado de la grasa al punto de trabajo
16	Desbloqueo eléctrico de cadena transportadora						11.00	25	
17	Prueba de funcionamiento de cadena en vacío y con carga						19.00	70	
18	Inspección y ajuste del alineamiento de la cadena de arrastre						28.50	110	
19	Orden y limpieza del área de trabajo						17.50	110	
20	Traslado a taller						18.00	25	
21	Notificación de la Orden de trabajo						15.00	1	
TOTAL		15	8	2	1	0	459.00	901	

Figura 18. Diagrama de Análisis de Procesos de Mantenimiento mecánico de Cadenas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.

En la figura se muestran las actividades de mantenimiento mecánico a una cadena transportadora y sus tiempos de ejecución de acuerdo con el diagrama de análisis del proceso de la actividad de mantenimiento, se tiene un total de 21 actividades, conformadas por 15 operaciones propias del mantenimiento preventivo, 8 inspecciones a componentes importantes de las cadenas transportadoras, 1 demora la cual es representada por el traslado desde el vestidor hasta el ambiente donde se realiza la charla, 2 actividades de transportes y 0 almacenamientos. Todas las actividades fueron realizadas en un tiempo de 459.0 minutos y con recorrido de distancia de 901 metros en la planta.

d) Cálculo de estudio de movimientos

Tiempo promedio por mantenimiento mecánico de cadena transportadora

- Mes: enero
- Cálculo: Aplicamos la fórmula de cálculo de movimiento planificado.

$$MP = \frac{Tm}{Cm} \quad (6)$$

$$MP = 459.00/21 = 21.86 \text{ min}$$

Interpretación: el tiempo promedio por cada actividad de mantenimiento mecánico de cadena transportadora es de 21.86 minutos.

$$\begin{aligned} 21 \text{ actividades} * 21.86 \text{ min.} &= 459.06 \text{ actividades / minutos} \\ &= 7.65 \text{ horas} \end{aligned}$$

Cada mantenimiento eléctrico de cadenas transportadoras programados por mes tiene una duración de 8 horas (redondeo técnico).

Diagrama de Análisis de Procesos – Mantenimiento Eléctrico de Elevadores de cangilones

Formato N° 1 Movimientos									
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO									
ACTIVIDAD: Mantenimiento de elevadores de cangilones						AREA: Mantenimiento Almacenamiento de granos			
RESUMEN				DEPARTAMENTO / ÁREA:		SECCIÓN: Mantenimiento Eléctrico			
ACTIVIDAD	MET. ACTUAL	MET. MEJORADO	TIEMPO						
OPERACIÓN	18			OBSERVADOR: Luis Ccapa		INDICADOR:			
INSPECCIÓN	3								
TRANSPORTE	4			FECHA: 1 al 30 de enero		MÉTODO			
DEMORA	1								
ALMACENAJE	0			TIPO DE ACTIVIDAD		ACTUAL			
TOTAL								MEJORADO	x
N°	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	TIPO DE ACTIVIDAD					TIEMPO EN MINUTOS	DISTANCIA EN METROS	OBSERVACIÓN
1	Charla de seguridad previo a los trabajos						30.00	100	Incluye traslado de vestidores hacia sala de reuniones
2	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de elevadores de cangilones						12.00	1	
3	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento						19.00	3	
4	Traslado hacia ubicación de elevador de cangilones						20.00	60	
5	Limpieza del motor eléctrico de elevador de cangilones						28.00	1	Incluye bloqueo de equipo
6	Prueba de aislamiento de motor eléctrico						36.00	1	Incluye desconexión y conexión en caja de borneras de motor
7	Ajuste de pernería en anclaje del motor						21.00	1	
8	Limpieza e inspección de estado de ventilador						16.50	1	
9	Limpieza e inspección de sensor de velocidad cero y caja de paso						19.50	10	Recorrido a lo largo de la faja transportadoras
10	Pruebas de operatividad y regulación del sensor de velocidad cero en campo						24.50	10	
11	Traslado hacia sala eléctrica						18.00	110	
12	Prueba y Verificación de llegada de señales al PLC						21.00	3	
13	Inspección y ajuste de los tornillos de los terminales de los cables de fuerza y control						18.00	3	
14	Verificación en el SCADA de accionamiento del sensor y listado de interlocks						18.00	3	
15	Revisión de protección de motor (Guardamotor, contactor)						10.50	1	
16	Prueba de arranque remoto						18.00	3	Incluye desbloqueo de equipo
17	Medición de consumos en vacío y con carga						12.00	3	
18	Traslado hacia elevador de cangilones						19.00	110	
19	Toma de temperaturas del motor eléctrico con carga						12.00	2	
20	Inspección del ruido del motor con estetoscopio						12.00	2	
21	Orden y limpieza del área de trabajo						17.00	3	
22	Traslado a taller						18.00	50	
23	Notificación de la Orden de trabajo						12.00	10	
TOTAL		18	3	4	1	0	432.00	491	

Figura 19. Diagrama de Análisis de Procesos de Mantenimiento Eléctrico de Elevadores de cangilones en una empresa de servicios portuarios.

En la figura se muestran las actividades de mantenimiento eléctrico a un elevador de cangilones y sus tiempos de ejecución de acuerdo con el diagrama de análisis del proceso de la actividad de mantenimiento, se tiene un total de 23 actividades, conformadas por 18 operaciones propias del mantenimiento preventivo, 3 inspecciones a componentes importantes de los elevadores de cangilones, 1 demora la cual es representada por el traslado desde el vestidor hasta el ambiente donde se realiza la charla, 4 actividades de transportes y 0 almacenamientos. Todas las actividades fueron realizadas en un tiempo de 432.0 minutos y con recorrido de distancia de 491 metros en la planta.

e) Cálculo de estudio de movimientos

Tiempo promedio por mantenimiento eléctrico de elevador de cangilones

- Mes: enero
- Cálculo: Aplicamos la fórmula de cálculo de movimiento planificado.

$$MP = \frac{Tm}{Cm} \quad (7)$$

$$MP = 432.00/23 = 18.78 \text{ min}$$

Interpretación: el tiempo promedio por cada actividad de mantenimiento eléctrico de elevador de cangilones es de 18.78 minutos.

$$\begin{aligned} 23 \text{ actividades} * 18.78 \text{ min.} &= 431.94 \text{ actividades / minutos} \\ &= 7.19 \text{ horas} \end{aligned}$$

Cada mantenimiento eléctrico de elevador de cangilones programados por mes tiene una duración de 7 horas (redondeo técnico).

Diagrama de Análisis de Procesos – Mantenimiento Mecánico de Elevadores de cangilones

Formato N° 1 Movimientos									
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO									
ACTIVIDAD: Mantenimiento de Elevador de cangilones						ÁREA: Mantenimiento granos			
RESUMEN				DEPARTAMENTO / ÁREA:		SECCIÓN: Mantenimiento Mecánico			
ACTIVIDAD	MET. ACTUAL	MET. MEJORADO	TIEMPO						
OPERACIÓN	16			OBSERVADOR: Luis Ccapa		INDICADOR:			
INSPECCIÓN	8								
TRANSPORTE	2			FECHA:		MÉTODO			
DEMORA	1								
ALMACENAJE	0			MÉTODO		ACTUAL		INDICADOR:	
TOTAL						MEJORADO		x	
N°	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	TIPO DE ACTIVIDAD					TIEMPO EN MINUTOS	DISTANCIA EN METROS	OBSERVACIÓN
1	Charla de seguridad previo a los trabajos						30.00	100	Incluye traslado de vestidores hacia sala de reuniones
2	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de Elevador de cangilones						15.00	1	
3	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento						19.50	10	
4	Traslado hacia ubicación de Elevador de cangilones						18.50	65	
5	Bloqueo eléctrico de Elevador de cangilones						12.00	25	
6	Inspección y limpieza motoreductor						32.00	5	
7	Inspeccionar y rellenar el nivel de aceite de motoreductor						43.00	2	Incluye el traslado del aceite al punto de trabajo
8	Ajuste de pernería en anclaje del motoreductor						21.00	2	
9	Inspección del estado de polea y acoplamiento a motoreductor						31.00	5	
10	Verificar cinta de Cangilones						42.00	30	
11	Inspección de Desgaste y ajuste de Chapa de Cangilones						37.00	10	
12	Inspección la unión o el empalme de cinta de cangilones						24.50	35	
13	Revisar estado coberturas y guardas						19.50	65	
14	Inspección de los rodamientos y manguitos de Fijación de chumaceras						21.50	65	
15	Inspección de estado de Chumaceras y cambio de grasa en poleas de pie y cabeza de elevador						33.50	5	Incluye el traslado de la grasa al punto de trabajo
16	Desbloqueo eléctrico de Elevador de cangilones						11.00	25	
17	Prueba de funcionamiento de elevador en vacío y con carga						21.00	65	
18	Inspección y ajuste del alineamiento de cinta de Elevador de cangilones						18.00	35	
19	Orden y limpieza del área de trabajo						18.00	35	
20	Traslado a taller						18.00	25	
21	Notificación de la Orden de trabajo						17.50	1	
TOTAL		16	8	2	1	0	473.50	611	

Figura 20. Diagrama de Análisis de Procesos de Mantenimiento Mecánico de Elevadores de cangilones en una empresa de servicios portuarios.

En la figura se muestran las actividades de mantenimiento mecánico a un elevador de cangilones y sus tiempos de ejecución de acuerdo con el diagrama de análisis del proceso de la actividad de mantenimiento, se tiene un total de 21 actividades, conformadas por 16 operaciones propias del mantenimiento preventivo, 8 inspecciones a componentes importantes de los elevadores de cangilones, 1 demora la cual es representada por el traslado desde el vestidor hasta el ambiente donde se realiza la charla, 2 actividades de transportes y 0 almacenamientos. Todas las actividades fueron realizadas en un tiempo de 473.50 minutos y con recorrido de distancia de 511 metros en la planta.

f) Cálculo de estudio de movimientos

Tiempo promedio por mantenimiento mecánico de elevador de cangilones

- Mes: enero
- Cálculo: Aplicamos la fórmula de cálculo de movimiento planificado.

$$MP = \frac{Tm}{Cm} \quad (8)$$

$$MP = 473.50/21 = 22.55 \text{ min.}$$

Interpretación: El tiempo promedio por cada actividad de mantenimiento mecánico de elevador de cangilones es de 22.55 minutos.

$$\begin{aligned} 21 \text{ actividades} * 22.55 \text{ min.} &= 473.55 \text{ actividades / minutos} \\ &= 7.89 \text{ horas} \end{aligned}$$

Cada mantenimiento mecánico de elevador de cangilones programados por mes tiene una duración de 8 horas (redondeo técnico).

4.4.3 Estudio de tiempos

Con los diagramas de análisis de procesos logramos identificar las actividades de cada plan de mantenimiento para las tres familias de equipos más importantes del área, los cuales son fajas de transporte, cadenas de transporte y elevadores de cangilones, con estas actividades procederemos a realizar la medición de tiempos y con ello el cálculo del tiempo estándar para cada una de las actividades y sumados estos tiempos obtendremos el tiempo estándar por cada plan de mantenimiento preventivo.

a) Estudio de Tiempos – Mantenimiento eléctrico de fajas transportadoras

FICHA DE OBSERVACIÓN ESTUDIOS DE TIEMPOS N° 2025-01																	
OBSERVADOR:		Luis Ccapa										INDICADOR		TS= TN x (1+S)			
DEPARTAMENTO:		Mantenimiento Eléctrico										HOJA:		1			
PLAN DE MANTENIMIENTO:		Mantenimiento de fajas transportadoras										FECHA:		1-30 de enero			
INSTRUMENTO:		cronómetro - segundos															
N°	Descripción de la actividad	Técnico	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo Observado	Factor de Calificación	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de fajas transportadoras	Eléctrico 1 y 2	903	908	890	896	902	908	906	896	900	903	901.2	1.14	1027.37	0.14	1171.20
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Eléctrico 1 y 2	1077	1080	1075	1094	1086	1074	1082	1087	1078	1073	1080.6	1.11	1199.47	0.25	1499.33
3	Limpieza del motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	2048	2051	2041	2037	2043	2035	2044	2035	2038	2033	2040.5	1.11	2264.96	0.18	2672.65
4	Prueba de aislamiento de motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	2171	2160	2155	2162	2153	2163	2151	2154	2167	2161	2159.7	1.14	2462.06	0.25	3077.57
5	Ajuste de pernería en anclaje del motor	Eléctrico 1 y 2	1383	1392	1406	1298	1388	1386	1390	1389	1385	1384	1380.1	1.14	1573.31	0.23	1935.18
6	Limpieza e inspección de estado de ventilador	Eléctrico 1 y 2	995	989	987	993	991	980	996	992	990	989	990.2	1.14	1128.83	0.18	1332.02
7	Limpieza de sensores (pull cord, paradas de emergencia y desalineamiento) y cajas de paso	Eléctrico 1 y 2	2223	2218	2214	2223	2221	2225	2215	2227	2218	2215	2219.9	1.14	2530.69	0.18	2986.21
8	Inspección del estado de componentes de sensores (pull cord, paradas de emergencia y desalineamiento) y cajas de paso	Eléctrico 1 y 2	1118	1110	1108	1104	1116	1107	1121	1123	1103	1106	1111.6	1.14	1267.22	0.23	1558.69
9	Pruebas de operatividad del sensor en campo (prueba de accionamiento mecánico)	Eléctrico 1 y 2	1138	1146	1135	1139	1140	1137	1145	1140	1149	1134	1140.3	1.14	1299.94	0.30	1689.92
10	Verificación de llegada de señales al PLC	Eléctrico 1 y 2	1256	1250	1261	1267	1262	1271	1260	1259	1267	1253	1260.6	1.14	1437.08	0.18	1695.76
11	Inspección y ajuste de los tornillos de los terminales de los cables de fuerza y control	Eléctrico 1 y 2	1138	1126	1139	1145	1151	1147	1139	1148	1135	1133	1140.1	1.14	1299.71	0.18	1533.66
12	Verificación en el SCADA de accionamiento del sensor y listado de interlocks	Eléctrico 1 y 2	1443	1439	1451	1448	1437	1433	1441	1439	1437	1435	1440.3	1.14	1641.94	0.18	1937.49
13	Revisión de protección de motor (Guardamotor, contactor)	Eléctrico 1 y 2	763	749	755	743	749	742	752	743	748	755	749.9	1.14	854.89	0.25	1068.61
14	Prueba de arranque remoto	Eléctrico 1 y 2	1220	1228	1217	1227	1228	1229	1216	1218	1227	1228	1223.8	1.09	1333.94	0.18	1574.05
15	Medición de consumos en vacío y/o carga	Eléctrico 1 y 2	1019	1021	1026	1016	1013	1016	1027	1031	1017	1025	1021.1	1.14	1164.05	0.18	1373.58
16	Toma de temperaturas del motor eléctrico con carga	Eléctrico 1 y 2	913	894	897	912	918	896	891	906	911	903	904.1	1.14	1030.67	0.18	1216.20
17	Inspección del ruido del motor con estetoscopio	Eléctrico 1 y 2	721	730	726	718	721	724	718	712	723	718	721.1	1.14	822.05	0.25	1027.57
18	Orden y limpieza del área de trabajo	Eléctrico 1 y 2	1211	1189	1196	1221	1217	1215	1218	1212	1213	1211	1210.3	1.13	1367.64	0.18	1613.81
19	Notificación de la Orden de trabajo	Eléctrico 1 y 2	1043	1039	1060	1067	1056	1059	1049	1054	1061	1055	1054.3	1.06	1117.56	0.14	1274.02
																Total Segundos	32237.5132
																Total Minutos	537.291887
																Tiempo Estándar	8.95486478

Figura 21. Tiempo estándar del proceso de mantenimiento eléctrico de fajas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.

En la figura anterior se observan los tiempos estándares del proceso mantenimiento eléctrico de faja transportadora, del cual podemos identificar que la actividad con mayor cantidad de tiempo es 3077.57 segundos para la actividad de prueba de aislamiento de motor eléctrico, y la actividad con menor cantidad de tiempo es de 1027.57 segundos para la actividad de Inspección del ruido del motor con estetoscopio. De la observación de tiempos del mantenimiento eléctrico de fajas transportadoras durante el mes de enero podemos mencionar que el proceso de mantenimiento se realiza por dos técnicos electricistas en conjunto, como se observa en la tabla 9. El factor de calificación de los técnicos electricistas que desarrollan la actividad se realizó basado en sistema de Westinghouse, según se muestra en el anexo 2. Los suplementos constantes que fueron considerados para el cálculo de los tiempos estándares, fueron necesidades personales y fatiga básica; los suplementos considerados variables considerados fueron por estar de pie, por posición anormal, uso de fuerza o energía muscular y monotonía como se muestra en el anexo 3. Por tanto, El tiempo total estándar calculado para el proceso de mantenimiento eléctrico de fajas transportadoras es de 8.95 horas, el cual redondearemos a 9 horas, tiempo que deberíamos programar en la herramienta SAP para poder realizar una adecuada planificación de la programación de mantenimiento mensual. Se toma 10 muestras, ya que son en promedio la cantidad de planes de mantenimiento que se ejecutaron en las fechas que duró la toma de tiempos, cabe mencionar que cada plan es ejecutado por dos técnicos a la vez.

b) Estudio de Tiempos – Mantenimiento mecánico de fajas transportadoras

FICHA DE OBSERVACIÓN ESTUDIOS DE TIEMPOS N° 2025-01																	
OBSERVADOR:		Luis Ccapa										INDICADOR		TS= TN x (1+S)			
DEPARTAMENTO:		Mantenimiento Mecánico										HOJA:		1			
PLAN DE MANTENIMIENTO:		Mantenimiento de fajas transportadoras										FECHA:		1-30 de enero			
INSTRUMENTO:		cronómetro - segundos															
N°	Descripción de la actividad	Técnico	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo Observado	Factor de Calificación	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de fajas transportadoras	Mecánico 1 y 2	905	895	904	897	901	899	903	901	900	898	900.3	1.14	1026.34	0.14	1170.03
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Mecánico 1 y 2	1256	1259	1260	1264	1265	1255	1259	1262	1261	1259	1260	1.19	1499.40	0.25	1874.25
3	Bloqueo eléctrico de faja transportadora	Mecánico 1 y 2	662	661	658	659	660	664	659	666	664	665	661.8	1.14	754.45	0.18	890.25
4	Inspección y limpieza reductor	Mecánico 1 y 2	1916	1919	1925	1921	1923	1919	1917	1921	1920	1922	1920.3	1.17	2246.75	0.18	2651.17
5	Inspeccionar y rellenar el nivel de aceite de reductor	Mecánico 1 y 2	2700	2705	2701	2699	2697	2702	2700	2701	2699	2701	2700.5	1.17	3159.59	0.25	3949.48
6	Ajuste de pernería en anclaje del reductor	Mecánico 1 y 2	1074	1082	1084	1078	1079	1081	1082	1079	1077	1083	1079.9	1.19	1285.08	0.30	1670.61
7	Prueba de Tensión e inspección del estado de las correas de transmisión	Mecánico 1 y 2	1675	1679	1680	1683	1681	1677	1678	1684	1681	1679	1679.7	1.17	1965.25	0.25	2456.56
8	Inspección del estado de la estructura de la Faja	Mecánico 1 y 2	2126	2133	2128	2134	2127	2129	2130	2135	2131	2129	2130.2	1.19	2534.94	0.23	3117.97
9	Verificar el ajuste de los bastidores de los Polines	Mecánico 1 y 2	2008	2005	2004	2015	2014	2013	2012	2013	2009	2010	2010.3	1.17	2352.05	0.30	3057.67
10	Inspección del estado de los Polines	Mecánico 1 y 2	1110	1113	1109	1107	1105	1115	1113	1108	1110	1110	1110	1.17	1298.70	0.23	1597.40
11	Inspeccionar el estado de los limpiadores o raspadores	Mecánico 1 y 2	1405	1412	1413	1406	1409	1413	1415	1409	1408	1410	1410	1.19	1677.90	0.25	2097.38
12	Inspección la unión o el empalme de faja transportadora	Mecánico 1 y 2	1715	1709	1711	1705	1714	1708	1710	1714	1713	1705	1710.4	1.19	2035.38	0.30	2645.99
13	Verificar el funcionamiento del contrapeso	Mecánico 1 y 2	2215	2214	2225	2221	2218	2220	2225	2224	2218	2223	2220.3	1.17	2597.75	0.25	3247.19
14	Revisar estado coberturas, guardas y sistemas de seguridad	Mecánico 1 y 2	1673	1682	1679	1680	1681	1684	1682	1681	1683	1675	1680	1.17	1965.60	0.18	2319.41
15	Inspección de los rodamientos y manguitos de Fijación de chumacera	Mecánico 1 y 2	1285	1294	1289	1295	1290	1291	1290	1289	1288	1292	1290.3	1.17	1509.65	0.23	1856.87
16	Inspección de estado de Chumaceras y cambio de grasa	Mecánico 1 y 2	2008	2010	2011	2009	2011	2010	2009	2017	2011	2008	2010.4	1.19	2392.38	0.30	3110.09
17	Desbloqueo eléctrico de faja transportadora	Mecánico 1 y 2	629	635	633	635	626	625	631	630	631	628	630.3	1.09	687.03	0.18	810.69
18	Prueba de funcionamiento de faja en vacío y con carga	Mecánico 1 y 2	742	748	755	743	763	749	749	755	752	743	749.9	1.16	869.88	0.18	1026.46
19	Inspección y ajuste del alineamiento de la faja transportadora	Mecánico 1 y 2	1708	1713	1705	1711	1710	1709	1711	1714	1709	1710	1710	1.16	1983.60	0.18	2340.65
20	Orden y limpieza del área de trabajo	Mecánico 1 y 2	1082	1075	1082	1081	1079	1080	1085	1078	1082	1077	1080.1	1.16	1252.92	0.18	1478.44
21	Notificación de la Orden de trabajo	Mecánico 1 y 2	989	988	995	989	990	991	994	988	990	989	990.3	1.14	1128.94	0.14	1286.99
																Total Segundos	44655.55
																Total minutos	744.26
																Total Horas	12.40

Figura 22. Tiempo estándar del proceso de mantenimiento mecánico de fajas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.

En la figura se observan los tiempos estándares del proceso mantenimiento mecánico de faja transportadora, del cual podemos identificar que la actividad con mayor cantidad de tiempo es 3949.48 segundos para la actividad de Inspeccionar y rellenar el nivel de aceite de reductor; y la actividad con menor tiempo cantidad de tiempo es 810.69 segundos para la actividad de desbloqueo mecánico de faja transportadora. De la observación de tiempos del mantenimiento mecánico de fajas transportadoras durante el mes de enero podemos mencionar que el proceso de mantenimiento se realiza por dos técnicos mecánicos en conjunto como se observa en la Tabla 10. El factor de calificación de los técnicos mecánicos que desarrollan la actividad se realizó basado en sistema de Westinghouse según se muestra en el anexo 2. Los suplementos constantes que fueron considerados para el cálculo de los tiempos estándares fueron necesidades personales y fatiga básica; los suplementos considerados variables fueron por estar de pie, por posición anormal, uso de fuerza o energía muscular y monotonía como se muestra en el anexo 3. Por tanto, el tiempo total estándar calculado para el proceso de mantenimiento mecánico de fajas transportadoras es de 12.40 horas, el cual redondearemos a 12.50 horas, tiempo que deberíamos programar en la herramienta SAP para poder realizar una adecuada planificación de la programación de mantenimiento mensual. Se toma 10 muestras ya que son en promedio la cantidad de planes de mantenimiento que se ejecutaron en las fechas que duró la toma de tiempos, cabe mencionar que cada plan es ejecutado por dos técnicos a la vez.

c) Estudio de Tiempos – Mantenimiento eléctrico de cadenas transportadoras

FICHA DE OBSERVACIÓN ESTUDIOS DE TIEMPOS N° 2025-01																	
OBSERVADOR: Luis Ccapa												INDICADOR		TS= TN x (1+S)			
DEPARTAMENTO: Mantenimiento Eléctrico												HOJA: 1					
PLAN DE MANTENIMIENTO: Mantenimiento de cadenas transportadoras												FECHA: 1-30 de enero					
INSTRUMENTO: cronómetro - segundos																	
N°	Descripción de la actividad	Técnico	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo Observado	Factor de Calificación	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de cadenas transportadoras	Eléctrico 1 y 2	897	900	902	890	901	899	900	896	903	899	898.7	1.14	1024.52	0.14	1167.95
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Eléctrico 1 y 2	1080	1079	1082	1077	1081	1083	1082	1079	1078	1079	1080	1.03	1112.40	0.25	1390.50
3	Limpieza del motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	1855	1862	1860	1857	1859	1860	1855	1860	1857	1860	1858.5	1.11	2062.94	0.18	2434.26
4	Prueba de aislamiento de motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	2160	2155	2157	2165	2162	2160	2158	2159	2157	2160	2159.3	1.14	2461.60	0.25	3077.00
5	Ajuste de pernería en anclaje del motor	Eléctrico 1 y 2	1081	1082	1079	1080	1077	1079	1080	1076	1078	1085	1079.7	1.14	1230.86	0.23	1513.96
6	Limpieza e inspección de estado de ventilador	Eléctrico 1 y 2	988	990	995	992	990	987	987	989	990	992	990	1.16	1148.40	0.18	1355.11
7	Limpieza e inspección de sensores de paradas de emergencia y cajas de paso	Eléctrico 1 y 2	1736	1742	1739	1738	1740	1741	1742	1742	1744	1737	1740.1	1.14	1983.71	0.23	2439.97
8	Pruebas de operatividad del sensor en campo (prueba de accionamiento mecánico)	Eléctrico 1 y 2	1139	1142	1137	1140	1139	1137	1140	1141	1138	1143	1139.6	1.16	1321.94	0.30	1718.52
9	Prueba y Verificación de llegada de señales al PLC	Eléctrico 1 y 2	1140	1139	1143	1141	1140	1140	1142	1136	1142	1138	1140.1	1.14	1299.71	0.18	1533.66
10	Inspección y ajuste de los tornillos de los terminales de los cables de fuerza y control	Eléctrico 1 y 2	1046	1051	1045	1053	1053	1049	1053	1050	1047	1049	1049.6	1.14	1196.54	0.18	1411.92
11	Verificación en el SCADA de accionamiento del sensor y listado de interlocks	Eléctrico 1 y 2	1075	1078	1080	1082	1083	1077	1079	1080	1084	1082	1080	1.16	1252.80	0.18	1478.30
12	Revisión de protección de motor (Guardamotor, contactor)	Eléctrico 1 y 2	688	692	689	691	687	692	694	687	690	691	690.1	1.16	800.52	0.25	1000.65
13	Prueba de arranque remoto	Eléctrico 1 y 2	1080	1085	1077	1079	1082	1078	1075	1080	1081	1082	1079.9	1.14	1231.09	0.18	1452.68
14	Medición de consumos en vacío y con carga	Eléctrico 1 y 2	718	720	719	725	722	717	719	720	720	719	719.9	1.11	799.09	0.18	942.93
15	Toma de temperaturas del motor eléctrico con carga	Eléctrico 1 y 2	888	901	904	903	901	903	900	904	899	904	900.7	1.16	1044.81	0.18	1232.88
16	Inspección del ruido del motor con estetoscopio	Eléctrico 1 y 2	717	715	720	722	724	718	720	721	725	721	720.3	1.16	835.55	0.25	1044.44
17	Orden y limpieza del área de trabajo	Eléctrico 1 y 2	1015	1021	1020	1024	1017	1020	1021	1024	1020	1017	1019.9	1.14	1162.69	0.18	1371.97
18	Notificación de la Orden de trabajo	Eléctrico 1 y 2	896	902	897	901	900	897	905	901	900	901	900	1.14	1026.00	0.14	1169.64
																Total Segundos	27736.33
																Total minutos	462.27
																Total Horas	7.70

Figura 23. Tiempo estándar del proceso de mantenimiento eléctrico de cadenas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.

En la Figura se observan los tiempos estándares del proceso mantenimiento eléctrico de cadena transportadora, del cual podemos identificar que la actividad con mayor cantidad de tiempo es 3077.00 segundos para la actividad de prueba de aislamiento de motor eléctrico, y la actividad con menor cantidad de tiempo es de 942.93 segundos para la actividad de medición de consumos en vacío y con carga. De la observación de tiempos del mantenimiento eléctrico de cadenas transportadoras durante el mes de enero podemos mencionar que el proceso de mantenimiento se realiza por dos técnicos electricistas en conjunto, como se observa en la Tabla 11. El factor de calificación de los técnicos electricistas que desarrollan la actividad se realizó basado en sistema de Westinghouse, según se muestra en el anexo 2. Los suplementos constantes que fueron considerados para el cálculo de los tiempos estándares fueron necesidades personales y fatiga básica; los suplementos considerados variables considerados fueron por estar de pie, por posición anormal, uso de fuerza o energía muscular y monotonía como se muestra en el Anexo 3. Por tanto, el tiempo total estándar calculado para el proceso de mantenimiento eléctrico de cadenas transportadoras es de 7.70 horas, el cual redondearemos a 8 horas, tiempo que deberíamos programar en la herramienta SAP para poder realizar una adecuada planificación de la programación de mantenimiento mensual. Se tomaron 10 muestras, ya que son en promedio la cantidad de planes de mantenimiento que se ejecutaron en las fechas que duró la toma de tiempos, cabe mencionar que cada plan es ejecutado por dos técnicos a la vez.

d) Estudio de Tiempos – Mantenimiento mecánico de cadenas transportadoras

FICHA DE OBSERVACIÓN ESTUDIOS DE TIEMPOS N° 2025-01																	
OBSERVADOR:		Luis Ccapa										INDICADOR		TS= TN x (1+S)			
DEPARTAMENTO:		Mantenimiento Mecánico										HOJA:		1			
PLAN DE MANTENIMIENTO:		Mantenimiento de Cadenas transportadoras										FECHA:		1-30 de enero			
INSTRUMENTO:		cronómetro - segundos															
N°	Descripción de la actividad	Técnico	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo Observado	Factor de Calificación	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de cadenas transportadoras	Mecánico 1 y 2	888	902	897	896	905	897	903	900	901	893	898.2	1.14	1023.95	0.14	1167.30
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Mecánico 1 y 2	1168	1174	1166	1170	1167	1167	1171	1169	1164	1175	1169.1	1.19	1391.23	0.18	1641.65
3	Bloqueo eléctrico de cadena transportadora	Mecánico 1 y 2	724	722	719	716	721	724	719	717	715	723	720	1.14	820.80	0.18	968.54
4	Inspección y limpieza reductor	Mecánico 1 y 2	1922	1921	1917	1923	1921	1925	1919	1916	1920	1918	1920.2	1.17	2246.63	0.18	2651.03
5	Inspeccionar y rellenar el nivel de aceite de reductor	Mecánico 1 y 2	2699	2701	2705	2696	2704	2702	2700	2707	2698	2697	2700.9	1.17	3160.05	0.18	3728.86
6	Ajuste de pernería en anclaje del reductor	Mecánico 1 y 2	1073	1078	1086	1080	1094	1075	1074	1087	1080	1077	1080.4	1.19	1285.68	0.30	1671.38
7	Prueba de Tensión de la cadena Motriz y Piñones, Inspección el estado de los eslabones y lubricacion de cadena.	Mecánico 1 y 2	2011	2010	2011	2009	2008	2009	2011	2016	2009	2008	2010.2	1.17	2351.93	0.30	3057.51
8	Inspección del estado de la Cadena Transportadora	Mecánico 1 y 2	2038	2033	2043	2051	2041	2044	2035	2037	2035	2048	2040.5	1.19	2428.20	0.30	3156.65
9	Verificar Chapa Desgaste y Rodillos Nylon	Mecánico 1 y 2	902	900	897	901	905	897	900	901	903	896	900.2	1.17	1053.23	0.30	1369.20
10	Realizar Tensado Cadena Transportadora	Mecánico 1 y 2	1294	1295	1291	1285	1292	1288	1290	1289	1289	1296	1290.9	1.17	1510.35	0.25	1887.94
11	Inspección estado coberturas y cajon de cadena transportadora	Mecánico 1 y 2	1473	1465	1467	1472	1469	1472	1470	1473	1469	1468	1469.8	1.19	1749.06	0.30	2273.78
12	Inspección de los rodamientos y manguitos de Fijación de chumacera	Mecánico 1 y 2	1138	1141	1142	1139	1138	1140	1139	1140	1139	1144	1140	1.19	1356.60	0.25	1695.75
13	Inspección de estado de Chumaceras y cambio de grasa	Mecánico 1 y 2	1890	1894	1888	1887	1892	1889	1890	1888	1891	1892	1890.1	1.17	2211.42	0.30	2874.84
14	Desbloqueo eléctrico de cadena transportadora	Mecánico 1 y 2	661	664	659	663	657	665	664	660	655	662	661	1.14	753.54	0.18	889.18
15	Prueba de funcionamiento de cadena en vacío y con carga	Mecánico 1 y 2	1138	1136	1147	1139	1133	1138	1142	1143	1145	1145	1140.6	1.19	1357.31	0.18	1601.63
16	Inspección y ajuste del alineamiento de la cadena de arrastre	Mecánico 1 y 2	1709	1711	1707	1712	1710	1713	1709	1707	1708	1714	1710	1.16	1983.60	0.30	2578.68
17	Orden y limpieza del área de trabajo	Mecánico 1 y 2	1052	1053	1049	1048	1051	1050	1049	1047	1052	1049	1050	1.14	1197.00	0.18	1412.46
18	Notificación de la Orden de trabajo	Mecánico 1 y 2	888	901	887	905	902	886	889	904	902	904	896.8	1.14	1022.35	0.14	1165.48
																Total Segundos	35791.88
																Total minutos	596.53
																Total Horas	9.94

Figura 24. Tiempo estándar del proceso de mantenimiento mecánico de cadenas transportadoras en una empresa de servicios portuarios.

En la figura se observan los tiempos estándares del proceso mantenimiento mecánico de cadena transportadora, del cual podemos identificar que la actividad con mayor cantidad de tiempo es 3728.86 segundos para la actividad de inspeccionar y rellenar el nivel de aceite de reductor, y la actividad con menor tiempo estándar es de 889.18 segundos para la actividad de desbloqueo mecánico de cadena transportadora. De la observación de tiempos del mantenimiento mecánico de cadenas transportadoras durante el mes de enero podemos mencionar que el proceso de mantenimiento se realiza por dos técnicos mecánicos en conjunto como se observa en la Tabla 12. El factor de calificación de los técnicos mecánicos que desarrollan la actividad se realizó basado en sistema de Westinghouse, según se muestra en el Anexo 2. Los suplementos constantes que fueron considerados para el cálculo de los tiempos estándares fueron necesidades personales y fatiga básica; los suplementos considerados variables considerados fueron por estar de pie, por posición anormal, uso de fuerza o energía muscular y monotonía como se muestra en el Anexo 3. Por tanto, el tiempo total estándar calculado para el proceso de mantenimiento mecánico de cadenas transportadoras es de 9.94 horas, el cual redondearemos a 10 horas, tiempo que deberíamos programar en la herramienta SAP para poder realizar una adecuada planificación de la programación de mantenimiento mensual. Se tomó 10 muestras, ya que son en promedio la cantidad de planes de mantenimiento que se ejecutaron en las fechas que duró la toma de tiempos, cabe mencionar que cada plan es ejecutado por dos técnicos a la vez.

e) Estudio de Tiempos – Mantenimiento eléctrico de elevadores de cangilones

FICHA DE OBSERVACIÓN ESTUDIOS DE TIEMPOS N° 2025-01																	
OBSERVADOR:		Luis Ccapa										INDICADOR		TS= TN x (1+S)			
DEPARTAMENTO:		Mantenimiento Eléctrico										HOJA:		1			
PLAN DE MANTENIMIENTO:		Mantenimiento de elevadores de cangilones										FECHA:		1-30 de enero			
INSTRUMENTO:		cronómetro - segundos															
N°	Descripción de la actividad	Técnico	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo Observado	Factor de Calificación	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de elevadores de cangilones	Eléctrico 1 y 2	723	719	722	717	719	720	724	721	723	715	720.3	1.14	821.14	0.14	936.10
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Eléctrico 1 y 2	1145	1126	1148	1138	1139	1140	1142	1151	1133	1139	1140.1	1.03	1174.30	0.25	1467.88
3	Limpieza del motor eléctrico de elevador de cangilones	Eléctrico 1 y 2	1676	1682	1673	1680	1681	1679	1683	1680	1682	1681	1679.7	1.11	1864.47	0.18	2200.07
4	Prueba de aislamiento de motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	2155	2161	2159	2163	2160	2157	2156	2163	2162	2164	2160	1.14	2462.40	0.25	3078.00
5	Ajuste de pernería en anclaje del motor	Eléctrico 1 y 2	1256	1262	1253	1265	1264	1260	1259	1250	1267	1261	1259.7	1.14	1436.06	0.23	1766.35
6	Limpieza e inspección de estado de ventilador	Eléctrico 1 y 2	990	998	987	988	989	985	987	991	995	994	990.4	1.16	1148.86	0.18	1355.66
7	Limpieza e inspección de sensor de velocidad cero y caja de paso	Eléctrico 1 y 2	1168	1171	1165	1170	1174	1171	1172	1167	1174	1166	1169.8	1.14	1333.57	0.23	1640.29
8	Pruebas de operatividad y regulación del sensor de velocidad cero en campo	Eléctrico 1 y 2	1468	1473	1469	1469	1470	1469	1471	1470	1467	1474	1470	1.16	1705.20	0.30	2216.76
9	Prueba y Verificación de llegada de señales al PLC	Eléctrico 1 y 2	1255	1262	1254	1261	1260	1263	1259	1263	1258	1264	1259.9	1.14	1436.29	0.18	1694.82
10	Inspección y ajuste de los tornillos de los terminales de los cables de fuerza y control	Eléctrico 1 y 2	1086	1078	1084	1078	1077	1080	1079	1082	1088	1075	1080.7	1.14	1232.00	0.18	1453.76
11	Verificación en el SCADA de accionamiento del sensor y listado de interlocks	Eléctrico 1 y 2	1080	1075	1086	1077	1080	1086	1078	1094	1078	1077	1081.1	1.16	1254.08	0.18	1479.81
12	Revisión de protección de motor (Guardamotor, contactor)	Eléctrico 1 y 2	626	633	635	627	629	631	633	629	625	630	629.8	1.16	730.57	0.25	913.21
13	Prueba de arranque remoto	Eléctrico 1 y 2	1076	1077	1082	1084	1081	1079	1080	1078	1079	1075	1079.1	1.14	1230.17	0.18	1451.61
14	Medición de consumos en vacío y con carga	Eléctrico 1 y 2	727	718	716	724	721	718	723	715	730	717	720.9	1.11	800.20	0.18	944.23
15	Toma de temperaturas del motor eléctrico con carga	Eléctrico 1 y 2	723	716	719	724	720	719	721	719	722	720	720.3	1.16	835.55	0.18	985.95
16	Inspección del ruido del motor con estetoscopio	Eléctrico 1 y 2	718	721	721	722	719	716	723	721	720	719	720	1.16	835.20	0.25	1044.00
17	Orden y limpieza del área de trabajo	Eléctrico 1 y 2	1023	1018	1024	1016	1023	1015	1022	1020	1017	1019	1019.7	1.14	1162.46	0.18	1371.70
18	Notificación de la Orden de trabajo	Eléctrico 1 y 2	716	715	724	719	722	724	719	717	721	723	720	1.14	820.80	0.14	935.71
																Total Segundos	26935.91
																Total minutos	448.93
																Total Horas	7.48

Figura 25. Tiempo estándar del proceso de mantenimiento eléctrico de elevadores de cangilones en una empresa de servicios portuarios.

En la figura se observan los tiempos estándares del proceso mantenimiento eléctrico de elevador de cangilones, del cual podemos identificar que la actividad con mayor cantidad de tiempo es 3078.00 segundos para la actividad de prueba de aislamiento de motor eléctrico, y la actividad con menor tiempo estándar es de 913.21 segundos para la actividad de revisión de protección de motor (Guardamotor, contactor). De la observación de tiempos del mantenimiento eléctrico de elevadores de cangilones durante el mes de enero podemos mencionar que el proceso de mantenimiento se realiza por dos técnicos electricistas en conjunto como se observa en la Tabla 13. El factor de calificación de los técnicos electricistas que desarrollan la actividad se realizó basado en sistema de Westinghouse, según se muestra en el Anexo 2. Los suplementos constantes que fueron considerados para el cálculo de los tiempos estándares, fueron necesidades personales y fatiga básica; los suplementos considerados variables fueron por estar de pie, por posición anormal, uso de fuerza o energía muscular y monotonía como se muestra en el Anexo 3. Por tanto, el tiempo total estándar calculado para el proceso de mantenimiento eléctrico de elevadores de cangilones es de 7.48 horas, el cual redondearemos a 7.5 horas, tiempo que deberíamos programar en la herramienta SAP para poder realizar una adecuada planificación de la programación de mantenimiento mensual. Se toma 10 muestras, ya que son en promedio la cantidad de planes de mantenimiento que se ejecutaron en las fechas que duró la toma de tiempos, cabe mencionar que cada plan es ejecutado por dos técnicos a la vez.

f) Estudio de Tiempos – Mantenimiento mecánico de elevadores de cangilones

FICHA DE OBSERVACIÓN ESTUDIOS DE TIEMPOS N° 2025-01																		
OBSERVADOR:		Luis Ccapa											INDICADOR		TS= TN x (1+5)			
DEPARTAMENTO:		Mantenimiento Mecánico											HOJA:		1			
PLAN DE MANTENIMIENTO:		Mantenimiento de Elevador de cangilones											FECHA:		1-30 de enero			
INSTRUMENTO:		cronómetro - segundos																
N°	Descripción de la actividad	Técnico	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo Observado	Factor de Calificación	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar	
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de Elevador de cangilones	Mecánico 1 y 2	889	903	899	896	907	897	901	903	905	894	899.4	1.14	1025.32	0.14	1168.86	
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Mecánico 1 y 2	1168	1165	1172	1170	1173	1169	1171	1167	1174	1176	1170.5	1.19	1392.90	0.18	1643.62	
3	Bloqueo eléctrico de Elevador de cangilones	Mecánico 1 y 2	717	719	724	721	722	719	718	717	721	723	720.1	1.14	820.91	0.18	968.68	
4	Inspección y limpieza motoreductor	Mecánico 1 y 2	1924	1920	1918	1914	1922	1919	1922	1917	1916	1925	1919.7	1.17	2246.05	0.18	2650.34	
5	Inspeccionar y rellenar el nivel de aceite de motoreductor	Mecánico 1 y 2	2575	2581	2582	2578	2579	2585	2580	2581	2579	2580	2580	1.17	3018.60	0.25	3773.25	
6	Ajuste de pernería en anclaje del motoreductor	Mecánico 1 y 2	1256	1259	1262	1260	1261	1258	1257	1263	1259	1265	1260	1.19	1499.40	0.30	1949.22	
7	Inspección del estado de polea y acoplamiento a motoreductor	Mecánico 1 y 2	1862	1857	1859	1860	1863	1857	1855	1865	1855	1864	1859.7	1.17	2175.85	0.30	2828.60	
8	Verificar cinta de Cangilones	Mecánico 1 y 2	2523	2517	2523	2519	2520	2518	2522	2517	2521	2520	2520	1.19	2998.80	0.30	3898.44	
9	Inspección de Desgaste y ajuste de Chapa de Cangilones	Mecánico 1 y 2	2223	2219	2217	2224	2223	2217	2219	2220	2221	2218	2220.1	1.17	2597.52	0.30	3376.77	
10	Inspección la unión o el empalme de cinta de cangilones	Mecánico 1 y 2	1467	1472	1466	1471	1469	1468	1470	1470	1471	1473	1469.7	1.17	1719.55	0.25	2149.44	
11	Revisar estado coberturas y guardas	Mecánico 1 y 2	1169	1173	1172	1167	1169	1171	1174	1168	1164	1166	1169.3	1.19	1391.47	0.30	1808.91	
12	Inspección de los rodamientos y manguitos de Fijación de chumaceras	Mecánico 1 y 2	1291	1288	1289	1293	1294	1287	1288	1293	1287	1290	1290	1.19	1535.10	0.25	1918.88	
13	Inspección de estado de Chumaceras y cambio de grasa en poleas de pie y cabeza de elevador	Mecánico 1 y 2	2008	2011	2017	2010	2005	2014	2009	2005	2013	2008	2010	1.17	2351.70	0.30	3057.21	
14	Desbloqueo eléctrico de Elevador de cangilones	Mecánico 1 y 2	662	659	662	662	664	655	659	663	658	657	660.1	1.14	752.51	0.18	887.97	
15	Prueba de funcionamiento de elevador en vacío y con carga	Mecánico 1 y 2	1259	1263	1262	1257	1265	1262	1258	1257	1260	1258	1260.1	1.19	1499.52	0.18	1769.43	
16	Inspección y ajuste del alineamiento de cinta de Elevador de cangilones	Mecánico 1 y 2	1083	1082	1077	1083	1081	1078	1078	1077	1082	1081	1080.2	1.16	1253.03	0.30	1628.94	
17	Orden y limpieza del área de trabajo	Mecánico 1 y 2	1078	1076	1077	1081	1085	1089	1080	1080	1079	1077	1080.2	1.14	1231.43	0.18	1453.09	
18	Notificación de la Orden de trabajo	Mecánico 1 y 2	1052	1054	1047	1049	1050	1051	1048	1047	1053	1051	1050.2	1.14	1197.23	0.14	1364.84	
																Total Segundos		38296.47
																Total minutos		638.27
																Total Horas		10.64

Figura 26. Tiempo estándar del proceso de Mantenimiento mecánico de elevadores de cangilones en una empresa de servicios portuarios.

En la figura se observan los tiempos estándares del proceso mantenimiento mecánico de elevador de cangilones, del cual podemos identificar que la actividad con mayor cantidad de tiempo es 3898.44 segundos para la actividad de verificar cinta de Cangilones, y la actividad con menor tiempo estándar es de 887.97 segundos para la actividad de desbloqueo mecánico de elevador de cangilones. De la observación de tiempos del mantenimiento mecánico de elevadores de cangilones durante el mes de enero podemos mencionar que el proceso de mantenimiento se realiza por dos técnicos mecánicos en conjunto, como se observa en la Tabla 14. El factor de calificación de los técnicos mecánicos que desarrollan la actividad se realizó basado en sistema de Westinghouse, según se muestra en el Anexo 2. Los suplementos constantes que fueron considerados para el cálculo de los tiempos estándares, fueron necesidades personales y fatiga básica; los suplementos considerados variables fueron por estar de pie, por posición anormal, uso de fuerza o energía muscular y monotonía como se muestra en el Anexo 3. Por tanto, el tiempo total estándar calculado para el proceso de mantenimiento mecánico de elevadores de cangilones es de 10.64 horas, el cual redondearemos a 11 horas, tiempo que deberíamos programar en la herramienta SAP para poder realizar una adecuada planificación de la programación de mantenimiento mensual. Se toma 10 muestras ya que son en promedio la cantidad de planes de mantenimiento que se ejecutaron en las fechas que duró la toma de tiempos, cabe mencionar que cada plan es ejecutado por dos técnicos a la vez.

4.4.4 Mejorar planes de mantenimiento

Como mejora se propone incluir hojas de ruta a los planes de mantenimiento de las tres familias más importantes de todo el sistema, en primera instancia de este modo estaríamos atacando el 83% de los planes de mantenimiento del área, como ya se identificó con los DAP y el estudio de tiempos de estas dos herramientas podemos sacar la lista de actividades de cada plan e incluir en el herramienta SAP para que el colaborador, supervisor y jefe de mantenimiento puedan saber y verificar cuáles son las actividades por procesos de mantenimiento.

4.5 Resultados

Como resultados hemos obtenido que se han calculado el tiempo estándar de los mantenimientos de las tres familias más importantes de equipos: fajas transportadoras; cadenas transportadoras y elevadores de cangilones, con el cálculo de estos tiempos se ha podido determinar el tiempo que demora cada mantenimiento y gracias a ellos se ha mejorado la programación del plan de mantenimiento.

Tabla 13. Resultado de cálculo de tiempo estándar.

Cálculo Tiempo estándar	
Planes de Mantenimiento	Tiempo Estándar (Hrs)
Mantenimiento Eléctrico de fajas transportadoras	9.00
Mantenimiento Mecánico de fajas transportadoras	12.50
Mantenimiento Eléctrico de cadenas transportadoras	8.00
Mantenimiento Eléctrico de cadenas transportadoras	10.00
Mantenimiento Eléctrico elevadores de cangilones	7.50
Mantenimiento Mecánico elevadores de cangilones	11.00

Los planes con hoja de ruta se han incrementado de 38 planes con hoja de ruta a 104 planes que en la actualidad ya cuentan con las hojas de ruta o listas de actividades a realizar, esto ha permitido optimizar el mantenimiento que realizan los técnicos ya que ahora tiene una ruta que seguir durante el mantenimiento.

Tabla 14. Planes con hojas de ruta después de la propuesta de mejora.

Planes con Hojas de Ruta HR						
Equipo	Cantidad	Cantidad de PM	Total PM	con HR	% PM	% HR
Sistemas Auxiliares	12.00	10.00	20.00	4.00	16.95%	3.39%
Cadenas Transportadoras	22.00	2.00	44.00	44.00	37.29%	37.29%
Fajas transportadoras	8.00	2.00	16.00	18.00	13.56%	15.25%
Elevadores de cangilones	19.00	2.00	38.00	38.00	32.20%	32.20%
Total	61.00	16.00	118.00	104.00	1.00	88.14%

Con los resultados anteriores ha sido posible mejorar y actualizar 98 planes de mantenimiento, lo que representa una mejora del 83.05 % del total de los planes de mantenimiento del área de almacenamiento de granos en una empresa de servicios portuarios.

CONCLUSIONES

Primera: Se realizó el diagnóstico de la situación actual del área de mantenimiento de almacenamiento de granos en una empresa de servicios portuarios, obteniendo como datos que se tiene un 28% de órdenes si ejecutar o llamado backlog en el periodo de julio a diciembre del 2024, estas órdenes de mantenimiento en su gran mayoría (83.22 %) corresponden a planes de mantenimiento de las tres familias de equipos más importantes en el área que son elevadores de cangilones, fajas transportadoras y cadenas transportadoras.

Segunda: Según un análisis de causa raíz se identificó que la cantidad de backlog se debe a tres causas importantes, que son la falta de hojas de rutas o lista de actividades, el 77.80 % de los planes de mantenimiento no cuentan con hojas de ruta; la falta de estandarizar los tiempos de los planes de mantenimiento, el 100 % de los planes de mantenimiento no cuentan con tiempo estándar de duración, lo que dificulta las tareas de programación y planificación; y finalmente el mal diseño de planes de mantenimiento.

Tercera: Se realizó una propuesta de mejora que comprende el elaboran diagramas de análisis de procesos para identificar las tareas necesarias en cada una de las actividades de mantenimientos para los tres tipos de equipos más importantes del área, los cuales son elevadores de cangilones, cadenas de transporte y fajas de transporte, según el análisis de la situación actual, esto permitirá identificar las actividades que deben formar parte de la lista de actividades u hojas de ruta de planes de mantenimiento. Una vez identificadas las actividades en los diagramas de análisis de procesos se procedió a elaborar tablas para el cálculo de tiempos estándar para los planes de mantenimiento eléctrico y mecánicos de las tres familias más importantes de equipos que hay en el área.

Cuarta: Se identificó listas actividades para planes de mantenimiento eléctricos y mecánicos de fajas transportadoras, cadenas transportadoras y elevadores de cangilones que corresponde a la creación de hojas de ruta para 66 planes de mantenimiento, lo que corresponde un incremento del 32.20 % al 88.14% en hojas de rutas, esto permitirá la mejora y la actualización de 66 planes de mantenimiento. Se ha calculado el tiempo estándar de los planes de mantenimiento de eléctricos y mecánicos de las actividades de mantenimiento de los panes de las tres familias más importantes de equipos en el área de almacenamiento de granos: fajas transportadoras , cadenas transportadoras y elevadores de cangilones, lo que perite actualizar y mejorar 98 planes de mantenimiento que ahora cuentan con tiempos dentro de la plataforma de SAP, esto permite a la jefatura y su equipo de mantenimiento programar y planificar las actividades de mantenimiento durante el mes y así asegurar el cumplimiento del plan de mantenimiento. Cabe

mencionar que esta mejora implementada permitió reducir del 28 % de incumplimiento o backlog de órdenes de mantenimiento del programa a un 4.5 % de incumplimiento o backlog, en el mes de febrero y marzo del 2025.

RECOMENDACIONES

Primera: Se recomienda continuar con el análisis de diagramas de procesos y el cálculo de tiempos estándar para el resto de los equipos que no se trató en esta investigación y así asegura la mejora del 100 % de los planes de mantenimiento.

Segunda: Se recomienda realizar un diagnóstico al menos cada trimestre, esto permitirá identificar nuevas problemáticas que se puedan surgir, permitiendo realizar ajuste que ayuden a mejorar las implementadas en el presente estudio, con el fin de no volver a tener un porcentaje alto de backlog.

Tercera: Se recomienda hacer seguimiento y control de las mejoras para garantizar el éxito de cada propuesta y asegurar la continuidad de los resultados.

Cuarta: Para complementar esta investigación se recomienda utilizar desarrollos en la herramienta SAP para que facilite la gestión de las actividades de mantenimiento dentro del área de mantenimiento de la empresa de servicios portuarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS






- ARIAS, F. El proyecto de investigación: Introducción a la investigación científica. 5ta edición. EDITORIAL EPISTEME, C.A. Caracas, Venezuela 2012 p. 146. ISBN: 980-07-8529-9
- ATAUCUSI, H. Aplicación de la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en las tareas de metalmecánica de mantenimiento del oleoducto norperuano tramo II en la empresa BIDDLE INC. SAC.,2019. Lima-2019. Tesis (Título profesional de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Tecnológica del Perú, 2022. 143 pp. [Fecha de consulta: 08 de diciembre del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/6022>.
- BERNAL C. Metodología de la investigación. Cuarta edición. PEARSON, Colombia 2016 p. 400. ISBN 978-958-699-309-8.
- BEHAR, D. Metodología de la Investigación. México: Editorial Shalom, 2008. 94 pp. ISBN: 9789592127837.
- CACHIGUANGO, N Aplicación de la ingeniería de métodos para la mejora de la productividad de la empresa “Textiles Tabango”. Ibarra Ecuador 05 de enero del 2024. Tesis (Título profesional de Ingeniero Industrial). Ecuador: Universidad Técnica del Norte, 2024. 186 pp. [Fecha de consulta: 12 de diciembre del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15507>
- CÁRDENAS, F y GARFIAS, J. Análisis de la aplicación de métodos de ingeniería para optimizar la gestión de mantenimiento en empresas de servicio en Latinoamérica en los últimos 10 años: una revisión de la literatura científica. Lima- enero del 2021. Tesis (Título profesional de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Privada del Norte, 2021. 43 pp. [Fecha de consulta: 10 de diciembre del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26069?locale-attribute=en>.
- CAYATA, J Aplicación de la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en una empresa del rubro eléctrico, Lima, 2021. Lima junio del 2021. Tesis (Título profesional de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad San Ignacio de Loyola, 2021. 104 pp. [Fecha de consulta: 10 de enero del 2025]. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/5eefac0-5dc4-4af1-b214-094fcb18f001>.

- CORDOVA, L Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad de la producción de pegamentos de cerámico de la empresa Yuraq Pacha, Huancayo – 2020
- DURÁN, FREDDY. Ingeniería de métodos. Globalización: Técnicas para el manejo eficiente de recursos en organizaciones fabriles, de servicios hospitalarios. Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2007. 267 pp. ISBN: 9789978590164.
- ESCALANTE A. y GONZALES J. Ingeniería Industrial. Métodos y tiempos con manufactura ágil, Primera Edición, Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. México ISBN: 978-607-622-458-8
- FRACICA N. Modelo de simulación en muestreo, Bogotá 1988. 132 pp. Universidad de la Sabana. ISBN: 978-958-12-0173-0.
- GAMARRA, O. Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en la línea de producción en la empresa Ladrillos Fortes S.A.C – Callanca. Pimentel 2021. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Señor de Sipan, 2021. 81 pp. [Fecha de consulta: 10 de enero del 2025]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7861>.
- GUTIERREZ, E. y OBANDO, A. Propuesta de mejora de la productividad en el overhaul de palas eléctricas P&H mediante la reducción de retrabajos con ingeniería de métodos. Lima del 2024. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad San Ignacio de Loyola, 2024. 191 pp. [Fecha de consulta: 08 de enero del 2025]. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/715f621b-324f-4375-9dd7-91da2d3606ea>.
- HERNÁNDEZ, R., y FERNÁNDEZ, C y BAPTISTA, P Metodología de la Investigación. 6a ed. México D.F.: McGraw-Hill/ Interamericana Editores, S. A., 2014. 600 pp. ISBN: 9781456223960.
- JARA, F. Propuesta de mejora en gestión de Ingeniería de métodos para incrementar la productividad en la línea de producción de una empresa textil de la ciudad de Trujillo. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2020. 76 pp. [fecha de consulta: 08 de enero de 2025] Disponible en <https://hdl.handle.net/11537/24652>
- KRICK, F. E Ingeniería de métodos, Decimo primera edición ed. LIMUSA S.A. 1994, México D.F. ISBN 968-18-0535-2

- MARIATEGUI, M. y TAPIA, A. Propuesta de mejora basada en la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en la fabricación de husillos de cobre en la empresa Tamefisa. Lima octubre del 2020. Tesis (Título profesional de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Privada del Norte. 2021. 177 pp. [Fecha de consulta: 8 de enero del 2025]. Disponible en: https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24898/Tesis%20Mariategui_tapia.pdf?sequence=3.
- MEDINA M., ROJAS C., BUSTAMANTE W. Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación, Metodología de la investigación: Editorial: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C 2023, ISBN: 978-612-5069-70-2
- MEYERS, F. E. Estudios de tiempos y movimientos, para la manufactura ágil. Segunda. s.l.: Pearson Educación de México, 2000. p. 352. ISBN: 968-444-468-0.
- MIRANDA, K. y CASIMIRO, M Implementación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad de la línea de operaciones en una empresa metal mecánica. Lima-septiembre del 2022. Tesis (Título profesional de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2022. 64 pp. [Fecha de consulta: 09 de diciembre del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/e089cd7a-a3a3-4733-85e2-49ac7a188bbc>.
- MORALES, S. Aplicación de Herramientas de Ingeniería de métodos para mejorar la productividad en el taller automotriz de la Empresa Interamericana Trujillo S.A. en la ciudad de Trujillo, 2018. Trujillo-diciembre del 2018. Tesis (Título profesional de Ingeniero Industrial). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 27 pp. [Fecha de consulta: 09 de diciembre del 2024]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34560/morales_vs.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- NAVARRO, C. Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento para optimizar el desempeño en una unidad minera del sur del país - Arequipa 2021. Arequipa-julio del 2021. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Industrial). Arequipa: Universidad Continental, 2022. 96 pp. [Fecha de consulta: 05 de diciembre del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11458>.

ANEXOS

Anexo 01. Instrumentos de recolección de datos – Fichas de observación.

Formato N° 1 Movimientos											
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO											
ACTIVIDAD:					AREA:						
RESUMEN				DEPARTAMENTO / AREA:			SECCIÓN:				
ACTIVIDAD	MET. ACTUAL	MET. MEJORADO	TIEMPO								
OPERACIÓN				OBSERVADOR:			INDICADOR:				
INSPECCIÓN											
TRANSPORTE				FECHA:			MÉTODO				
DEMORA											
ALMACENAJE				TIPO DE ACTIVIDAD			ACTUAL	x			
TOTAL							MEJORADO				
N°	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES								TIEMPO EN MINUTOS	DISTANCIA EN METROS	OBSERVACIÓN
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											

FICHA DE OBSERVACIÓN ESTUDIOS DE TIEMPOS N° 2025-01

OBSERVADOR:													INDICADOR		TS= TN x (1+S)		
DEPARTAMENTO:													HOJA:				
PLAN DE MANTENIMIENTO:													FECHA				
INSTRUMENTO:																	
N°	Descripción de la actividad	Técnico	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo Observado	Factor de Calificación	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estandar
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
																Total Segundos	0
																Total Minutos	0
																Total Horas	0

Anexo 02: Factor de calificación basado en sistema de Westinghouse

N°	Descripción de la actividad	Técnico	CALIFICACIÓN SISTEMA WESTINGHOUSE					Suma	Factor
			Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia			
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de fajas transportadoras	Eléctrico 1 y 2	0.11	-0.04	0.04	0.03	0.14	1.14	
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Eléctrico 1 y 2	0.08	0	0.02	0.01	0.11	1.11	
3	Limpieza del motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	0.08	0	0.02	0.01	0.11	1.11	
4	Prueba de aislamiento de motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
5	Ajuste de pernería en anclaje del motor	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
6	Limpieza e inspección de estado de ventilador	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
7	Limpieza de sensores (pull cord, paradas de emergencia y desalineamiento) y cajas de paso	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
8	Inspección del estado de componentes de sensores (pull cord, paradas de emergencia y desalineamiento) y cajas de paso	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
9	Pruebas de operatividad del sensor en campo (prueba de accionamiento mecánico)	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
10	Verificación de llegada de señales al PLC	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
11	Inspección y ajuste de los tornillos de los terminales de los cables de fuerza y control	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
12	Verificación en el SCADA de accionamiento del sensor y listado de interlocks	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
13	Revisión de protección de motor (Guardamotor, contactor)	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
14	Prueba de arranque remoto	Eléctrico 1 y 2	0.06	0	0.02	0.01	0.09	1.09	
15	Medición de consumos en vacío y/o carga	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
16	Toma de temperaturas del motor eléctrico con carga	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
17	Inspección del ruido del motor con estetoscopio	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
18	Orden y limpieza del área de trabajo	Eléctrico 1 y 2	0.08	0	0.04	0.01	0.13	1.13	
19	Notificación de la Orden de trabajo	Eléctrico 1 y 2	0.11	-0.04	-0.04	0.03	0.06	1.06	

N°	Descripción de la actividad	Técnico	CALIFICACIÓN SISTEMA WESTINGHOUSE					Suma	Factor
			Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia			
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de fajas transportadoras	Mecánico 1 y 2	0.11	-0.04	0.04	0.03	0.14	1.14	
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Mecánico 1 y 2	0.11	0.05	0.02	0.01	0.19	1.19	
3	Bloqueo eléctrico de faja transportadora	Mecánico 1 y 2	0.11	0	0.02	0.01	0.14	1.14	
4	Inspección y limpieza reductor	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17	
5	Inspeccionar y rellenar el nivel de aceite de reductor	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17	
6	Ajuste de pernería en anclaje del reductor	Mecánico 1 y 2	0.08	0.08	0.02	0.01	0.19	1.19	
7	Prueba de Tensión e inspección del estado de las correas de transmisión	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17	
8	Inspección del estado de la estructura de la Faja	Mecánico 1 y 2	0.08	0.08	0.02	0.01	0.19	1.19	
9	Verificar el ajuste de los bastidores de los Polines	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17	
10	Inspección del estado de los Polines	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17	
11	Inspeccionar el estado de los limpiadores o raspadores	Mecánico 1 y 2	0.08	0.08	0.02	0.01	0.19	1.19	
12	Inspección la unión o el empalme de faja transportadora	Mecánico 1 y 2	0.08	0.08	0.02	0.01	0.19	1.19	
13	Verificar el funcionamiento del contrapeso	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17	
14	Revisar estado coberturas, guardas y sistemas de seguridad	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17	
15	Inspección de los rodamientos y manguitos de Fijación de chumacera	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17	
16	Inspección de estado de Chumaceras y cambio de grasa	Mecánico 1 y 2	0.08	0.08	0.02	0.01	0.19	1.19	
17	Desbloqueo eléctrico de faja transportadora	Mecánico 1 y 2	0.06	0	0.02	0.01	0.09	1.09	
18	Prueba de funcionamiento de faja en vacío y con carga	Mecánico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16	
19	Inspección y ajuste del alineamiento de la faja transportadora	Mecánico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16	
20	Orden y limpieza del área de trabajo	Mecánico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16	
21	Notificación de la Orden de trabajo	Mecánico 1 y 2	0.11	-0.04	0.04	0.03	0.14	1.14	

N°	Descripción de la actividad	Técnico	CALIFICACIÓN SISTEMA WESTINGHOUSE					Suma	Factor
			Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia			
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de cadenas transportadoras	Eléctrico 1 y 2	0.11	-0.04	0.04	0.03	0.14	1.14	
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Eléctrico 1 y 2	0.08	0	0.02	0.01	0.03	1.03	
3	Limpieza del motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	0.08	0	0.02	0.01	0.11	1.11	
4	Prueba de aislamiento de motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
5	Ajuste de pernería en anclaje del motor	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
6	Limpieza e inspección de estado de ventilador	Eléctrico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16	
7	Limpieza e inspección de sensores de paradas de emergencia y cajas de paso	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
8	Pruebas de operatividad del sensor en campo (prueba de accionamiento mecánico)	Eléctrico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16	
9	Prueba y Verificación de llegada de señales al PLC	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
10	Inspección y ajuste de los tornillos de los terminales de los cables de fuerza y control	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
11	Verificación en el SCADA de accionamiento del sensor y listado de interlocks	Eléctrico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16	
12	Revisión de protección de motor (Guardamotor, contactor)	Eléctrico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16	
13	Prueba de arranque remoto	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
14	Medición de consumos en vacío y con carga	Eléctrico 1 y 2	0.08	0	0.02	0.01	0.11	1.11	
15	Toma de temperaturas del motor eléctrico con carga	Eléctrico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16	
16	Inspección del ruido del motor con estetoscopio	Eléctrico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16	
17	Orden y limpieza del área de trabajo	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
18	Notificación de la Orden de trabajo	Eléctrico 1 y 2	0.11	-0.04	0.04	0.03	0.14	1.14	

N°	Descripción de la actividad	Técnico	CALIFICACIÓN SISTEMA WESTINGHOUSE					Suma	Factor
			Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia			
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de cadenas transportadoras	Mecánico 1 y 2	0.11	-0.04	0.04	0.03	0.14	1.14	
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Mecánico 1 y 2	0.11	0.05	0.02	0.01	0.19	1.19	
3	Bloqueo eléctrico de cadena transportadora	Mecánico 1 y 2	0.11	0	0.02	0.01	0.14	1.14	
4	Inspección y limpieza reductor	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17	
5	Inspeccionar y rellenar el nivel de aceite de reductor	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17	
6	Ajuste de pernería en anclaje del reductor	Mecánico 1 y 2	0.08	0.08	0.02	0.01	0.19	1.19	
7	Prueba de Tensión de la cadena Motriz y Piñones, Inspección el estado de los eslabones y lubricación de cadena.	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17	
8	Inspección del estado de la Cadena Transportadora	Mecánico 1 y 2	0.08	0.08	0.02	0.01	0.19	1.19	
9	Verificar Chapa Desgaste y Rodillos Nylon	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17	
10	Realizar Tensado Cadena Transportadora	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17	
11	Inspección estado coberturas y cajon de cadena transportadora	Mecánico 1 y 2	0.08	0.08	0.02	0.01	0.19	1.19	
12	Inspección de los rodamientos y manguitos de Fijación de chumacera	Mecánico 1 y 2	0.08	0.08	0.02	0.01	0.19	1.19	
13	Inspección de estado de Chumaceras y cambio de grasa	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17	
14	Desbloqueo eléctrico de cadena transportadora	Mecánico 1 y 2	0.11	0	0.02	0.01	0.14	1.14	
15	Prueba de funcionamiento de cadena en vacío y con carga	Mecánico 1 y 2	0.11	0.05	0.02	0.01	0.19	1.19	
16	Inspección y ajuste del alineamiento de la cadena de arrastre	Mecánico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16	
17	Orden y limpieza del área de trabajo	Mecánico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	
18	Notificación de la Orden de trabajo	Mecánico 1 y 2	0.11	-0.04	0.04	0.03	0.14	1.14	

N°	Descripción de la actividad	Técnico	CALIFICACIÓN SISTEMA WESTINGHOUSE					
			Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Suma	Factor
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de elevadores de cangilones	Eléctrico 1 y 2	0.11	-0.04	0.04	0.03	0.14	1.14
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Eléctrico 1 y 2	0.08	0	0.02	0.01	0.03	1.03
3	Limpieza del motor eléctrico de elevador de cangilones	Eléctrico 1 y 2	0.08	0	0.02	0.01	0.11	1.11
4	Prueba de aislamiento de motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14
5	Ajuste de pernería en anclaje del motor	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14
6	Limpieza e inspección de estado de ventilador	Eléctrico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16
7	Limpieza e inspección de sensor de velocidad cero y caja de paso	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14
8	Pruebas de operatividad y regulación del sensor de velocidad cero en campo	Eléctrico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16
9	Prueba y Verificación de llegada de señales al PLC	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14
10	Inspección y ajuste de los tornillos de los terminales de los cables de fuerza y control	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14
11	Verificación en el SCADA de accionamiento del sensor y listado de interlocks	Eléctrico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16
12	Revisión de protección de motor (Guardamotor, contactor)	Eléctrico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16
13	Prueba de arranque remoto	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14
14	Medición de consumos en vacío y con carga	Eléctrico 1 y 2	0.08	0	0.02	0.01	0.11	1.11
15	Toma de temperaturas del motor eléctrico con carga	Eléctrico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16
16	Inspección del ruido del motor con estetoscopio	Eléctrico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16
17	Orden y limpieza del área de trabajo	Eléctrico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14
18	Notificación de la Orden de trabajo	Eléctrico 1 y 2	0.11	-0.04	0.04	0.03	0.14	1.14

N°	Descripción de la actividad	Técnico	CALIFICACIÓN SISTEMA WESTINGHOUSE					
			Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Suma	Factor
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de Elevador de cangilones	Mecánico 1 y 2	0.11	-0.04	0.04	0.03	0.14	1.14
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Mecánico 1 y 2	0.11	0.05	0.02	0.01	0.19	1.19
3	Bloqueo eléctrico de Elevador de cangilones	Mecánico 1 y 2	0.11	0	0.02	0.01	0.14	1.14
4	Inspección y limpieza motoreductor	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17
5	Inspeccionar y rellenar el nivel de aceite de motoreductor	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17
6	Ajuste de pernería en anclaje del motoreductor	Mecánico 1 y 2	0.08	0.08	0.02	0.01	0.19	1.19
7	Inspección del estado de polea y acoplamiento a motoreductor	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17
8	Verificar cinta de Cangilones	Mecánico 1 y 2	0.08	0.08	0.02	0.01	0.19	1.19
9	Inspección de Desgaste y ajuste de Chapa de Cangilones	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17
10	Inspección la unión o el empalme de cinta de cangilones	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17
11	Revisar estado coberturas y guardas	Mecánico 1 y 2	0.08	0.08	0.02	0.01	0.19	1.19
12	Inspección de los rodamientos y manguitos de Fijación de chumaceras	Mecánico 1 y 2	0.08	0.08	0.02	0.01	0.19	1.19
13	Inspección de estado de Chumaceras y cambio de grasa en poleas de pie y cabeza de elevador	Mecánico 1 y 2	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17	1.17
14	Desbloqueo eléctrico de Elevador de cangilones	Mecánico 1 y 2	0.11	0	0.02	0.01	0.14	1.14
15	Prueba de funcionamiento de elevador en vacío y con carga	Mecánico 1 y 2	0.11	0.05	0.02	0.01	0.19	1.19
16	Inspección y ajuste del alineamiento de cinta de Elevador de	Mecánico 1 y 2	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16
17	Orden y limpieza del área de trabajo	Mecánico 1 y 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14
18	Notificación de la Orden de trabajo	Mecánico 1 y 2	0.11	-0.04	0.04	0.03	0.14	1.14

Anexo 03: Cálculo de suplementos

INSTRUMENTO: ómetro - segun		Cálculo de suplementos							Total
N°	Descripción de la actividad	Técnico	Suplementos Constantes		Suplementos Variables				
			Necesidades personales (Hombre)	Fatiga básica (Hombre)	por estar parado (Hombre)	por posición anormal (Hombre)	Uso de fuerza o energía muscular (Hombre)	Monotonía (Hombre)	
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de fajas transportadoras	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	0%	0%	1%	4%	0.14
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
3	Limpieza del motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
4	Prueba de aislamiento de motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
5	Ajuste de pernería en anclaje del motor	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	4%	1%	0.23
6	Limpieza e inspeccion de estado de ventilador	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
7	Limpieza de sensores (pull cord, paradas de emergencia y desalineamiento) y cajas de paso	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
8	Inspección del estado de componentes de sensores (pull cord, paradas de emergencia y desalineamiento) y cajas de paso	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	4%	1%	0.23
9	Pruebas de operatividad del sensor en campo (prueba de accionamiento mecánico)	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
10	Verificación de llegada de señales al PLC	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
11	Inspección y ajuste de los tornillos de los terminales de los cables de fuerza y control	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
12	Verificación en el SCADA de accionamiento del sensor y listado de interlocks	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
13	Revisión de protección de motor (Guardamotor, contactor)	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
14	Prueba de arranque remoto	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
15	Medición de consumos en vacío y/o carga	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
16	Toma de temperaturas del motor eléctrico con carga	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
17	Inspección del ruido del motor con estetoscopio	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
18	Orden y limpieza del área de trabajo	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
19	Notificación de la Orden de trabajo	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	0%	0%	1%	4%	0.14

INSTRUMENTO: ómetro - segun		Cálculo de suplementos							Total
N°	Descripción de la actividad	Técnico	Suplementos Constantes		Suplementos Variables				
			Necesidades personales (Hombre)	Fatiga (Hombre)	por estar parado (Hombre)	por posición anormal (Hombre)	Uso de fuerza o energía muscular (Hombre)	Monotonía (Hombre)	
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de fajas transportadoras	Mecánico 1 y 2	5%	4%	0%	0%	1%	4%	0.14
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
3	Bloqueo eléctrico de faja transportadora	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
4	Inspección y limpieza reductor	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
5	Inspeccionar y rellenar el nivel de aceite de reductor	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
6	Ajuste de pernería en anclaje del reductor	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
7	Prueba de Tensión e inspección del estado de las correas de transmisión	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
8	Inspección del estado de la estructura de la Faja	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	4%	1%	0.23
9	Verificar el ajuste de los bastidores de los Polines	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
10	Inspección del estado de los Polines	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	4%	1%	0.23
11	Inspeccionar el estado de los limpiadores o raspadores	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
12	Inspección la unión o el empalme de faja transportadora	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
13	Verificar el funcionamiento del contrapeso	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
14	Revisar estado coberturas, guardas y sistemas de seguridad	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
15	Inspección de los rodamientos y manguitos de Fijación de chumacera	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	4%	1%	0.23
16	Inspección de estado de Chumaceras y cambio de grasa	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
17	Desbloqueo eléctrico de faja transportadora	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
18	Prueba de funcionamiento de faja en vacío y con carga	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
19	Inspección y ajuste del alineamiento de la faja transportadora	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
20	Orden y limpieza del área de trabajo	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
21	Notificación de la Orden de trabajo	Mecánico 1 y 2	5%	4%	0%	0%	1%	4%	0.14

INSTRUMENTO: ómetro - segur		Cálculo de suplementos						
Descripción de la actividad	Técnico	Suplementos Constantes		Suplementos Variables				Total
		Necesidades personales (Hombre)	Fatiga (Hombre)	por estar parado (Hombre)	por posición anormal (Hombre)	Uso de fuerza o energía muscular (Hombre)	Monotonía (Hombre)	
Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de cadenas transportadoras	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	0%	0%	1%	4%	0.14
Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
Limpieza del motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
Prueba de aislamiento de motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
Ajuste de pernería en anclaje del motor	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	4%	1%	0.23
Limpieza e inspección de estado de ventilador	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
Limpieza e inspección de sensores de paradas de emergencia y cajas de paso	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	4%	1%	0.23
Pruebas de operatividad del sensor en campo (prueba de accionamiento mecánico)	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
Prueba y Verificación de llegada de señales al PLC	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
Inspección y ajuste de los tornillos de los terminales de los cables de fuerza y control	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
Verificación en el SCADA de accionamiento del sensor y listado de interlocks	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
Revisión de protección de motor (Guardamotor, contactor)	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
Prueba de arranque remoto	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
Medición de consumos en vacío y con carga	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
Toma de temperaturas del motor eléctrico con carga	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
Inspección del ruido del motor con estetoscopio	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
Orden y limpieza del área de trabajo	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
Notificación de la Orden de trabajo	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	0%	0%	1%	4%	0.14

INSTRUMENTO: ómetro - segur		Cálculo de suplementos							
N°	Descripción de la actividad	Técnico	Suplementos Constantes		Suplementos Variables			Total	
			Necesidades personales (Hombre)	Fatiga (Hombre)	por estar parado (Hombre)	Por Posición anormal (Hombre)	Uso de fuerza o energía muscular (Hombre)		Monotonía (Hombre)
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de cadenas transportadoras	Mecánico 1 y 2	5%	4%	0%	0%	1%	4%	0.14
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
3	Bloqueo eléctrico de cadena transportadora	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
4	Inspección y limpieza reductor	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
5	Inspeccionar y rellenar el nivel de aceite de reductor	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
6	Ajuste de pernería en anclaje del reductor	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
7	Prueba de Tensión de la cadena Motriz y Piñones, Inspección el estado de los eslabones y lubricación de cadena.	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
8	Inspección del estado de la Cadena Transportadora	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
9	Verificar Chapa Desgaste y Rodillos Nylon	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
10	Realizar Tensado Cadena Transportadora	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
11	Inspección estado coberturas y cajón de cadena transportadora	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
12	Inspección de los rodamientos y manguitos de fijación de chumacera	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
13	Inspección de estado de Chumaceras y cambio de grasa	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
14	Desbloqueo eléctrico de cadena transportadora	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
15	Prueba de funcionamiento de cadena en vacío y con carga	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
16	Inspección y ajuste del alineamiento de la cadena de arrastre	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
17	Orden y limpieza del área de trabajo	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
18	Notificación de la Orden de trabajo	Mecánico 1 y 2	5%	4%	0%	0%	1%	4%	0.14

INSTRUMENTO: ómetro - segur		Cálculo de suplementos							
N°	Descripción de la actividad	Técnico	Suplementos Constantes		Suplementos Variables			Total	
			Necesidades personales (Hombre)	Fatiga (Hombre)	por estar parado (Hombre)	por posición anormal (Hombre)	Uso de fuerza o energía muscular (Hombre)		Monotonía (Hombre)
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de elevadores de cangilones	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	0%	0%	1%	4%	0.14
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
3	Limpieza del motor eléctrico de elevador de cangilones	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
4	Prueba de aislamiento de motor eléctrico	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
5	Ajuste de pernería en anclaje del motor	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	4%	1%	0.23
6	Limpieza e inspección de estado de ventilador	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
7	Limpieza e inspección de sensor de velocidad cero y caja de paso	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	4%	1%	0.23
8	Pruebas de operatividad y regulación del sensor de velocidad cero en campo	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
9	Prueba y Verificación de llegada de señales al PLC	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
10	Inspección y ajuste de los tornillos de los terminales de los cables de fuerza y control	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
11	Verificación en el SCADA de accionamiento del sensor y listado de interlocks	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
12	Revisión de protección de motor (Guardamotor, contactor)	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
13	Prueba de arranque remoto	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
14	Medición de consumos en vacío y con carga	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
15	Toma de temperaturas del motor eléctrico con carga	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
16	Inspección del ruido del motor con estetoscopio	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
17	Orden y limpieza del área de trabajo	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
18	Notificación de la Orden de trabajo	Eléctrico 1 y 2	5%	4%	0%	0%	1%	4%	0.14

INSTRUMENTO: hómetro - segun		Cálculo de suplementos							Total
N°	Descripción de la actividad	Técnico	Suplementos Constantes		Suplementos Variables				
			Necesidades personales (Hombre)	Fatiga (Hombre)	por estar parado (Hombre)	Por Posición anormal (Hombre)	Uso de fuerza o energía muscular (Hombre)	Monotonía (Hombre)	
1	Realizar IPERC de la actividad de mantenimiento de Elevador de cangilones	Mecánico 1 y 2	5%	4%	0%	0%	1%	4%	0.14
2	Alistar herramientas y materiales para el mantenimiento	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
3	Bloqueo eléctrico de Elevador de cangilones	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
4	Inspección y limpieza motoreductor	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
5	Inspeccionar y rellenar el nivel de aceite de motoreductor	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
6	Ajuste de pernería en andaje del motoreductor	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
7	Inspección del estado de polea y acoplamiento a motoreductor	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
8	Verificar cinta de Cangilones	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
9	Inspección de Desgaste y ajuste de Chapa de Cangilones	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
10	Inspección la unión o el empalme de cinta de cangilones	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
11	Revisar estado coberturas y guardas	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
12	Inspección de los rodamientos y manguitos de Fijación de chumaceras	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	11%	1%	0.25
13	Inspección de estado de Chumaceras y cambio de grasa en poleas de pie y cabeza de elevador	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
14	Desbloqueo eléctrico de Elevador de cangilones	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
15	Prueba de funcionamiento de elevador en vacío y con carga	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
16	Inspección y ajuste del alineamiento de cinta de Elevador de	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	7%	11%	1%	0.3
17	Orden y limpieza del área de trabajo	Mecánico 1 y 2	5%	4%	2%	2%	4%	1%	0.18
18	Notificación de la Orden de trabajo	Mecánico 1 y 2	5%	4%	0%	0%	1%	4%	0.14

Anexo 4: Evidencia de actividades de mantenimiento de fajas transportadoras, cadenas transportadoras y elevadores de cangilones.

Evidencia	Descripción
	<p>Medición de temperatura de motor en mantenimiento de fajas, cadenas y levadores de cangilones</p>