

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15	
			VERSIÓN	02	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
				PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad	

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): LAURA FABIANA

APELLIDOS: RODRÍGUEZ PÉREZ

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): MEIMER

APELLIDOS: PEÑARANDA CARRILLO

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA C1 COVENSA LTDA UBICADA EN LA VEREDA PASO DE LOS RÍOS EN EL CORREGIMIENTO SAN FAUSTINO CÚCUTA NORTE DE SANTANDER”

RESUMEN

Este proyecto se realiza en la empresa COVENSA LTDA con el objetivo general de diseñar un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas del área de producción, para el desarrollo de este objetivo se plantean cuatro objetivos específicos: en el primero se realiza una identificación de las falencias y causas que estén afectando el buen funcionamiento de las máquinas, en el segundo se determina la disponibilidad actual, en el tercero se plantean acciones de mantenimiento preventivo para las máquinas del área de producción y en el cuarto se socializa el plan de mantenimiento preventivo al personal de la empresa. En los resultados obtenidos se concluye que al momento de iniciar con el proyecto la criba vibratoria y los hornos de coquización son los activos que tienen la disponibilidad más baja, con un 87% y un 86% respectivamente, se pudo evidenciar que en todas las máquinas de la planta C1 hubo un aumento de la disponibilidad de la criba vibratoria y de los hornos de coquización del 87% al 89% y del 86% al 89% respectivamente.

PALABRAS CLAVE: Plan de mantenimiento, disponibilidad, criba.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 206

PLANOS: 0

ILUSTRACIONES: 40

CD ROOM: 1

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE
PRODUCCIÓN DE LA PLANTA C1 COVENSA LTDA UBICADA EN LA VEREDA
PASO DE LOS RÍOS EN EL CORREGIMIENTO SAN FAUSTINO CÚCUTA NORTE DE
SANTANDER

LAURA FABIANA RODRIGUEZ PEREZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE
PRODUCCIÓN DE LA PLANTA C1 COVENSA LTDA UBICADA EN LA VEREDA
PASO DE LOS RÍOS EN EL CORREGIMIENTO SAN FAUSTINO CÚCUTA NORTE DE
SANTANDER

LAURA FABIANA RODRIGUEZ PEREZ

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de

Ingeniero Mecánico

Director

MSc. MEIMER PEÑARANDA CARRILLO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: CÚCUTA, 23 DE JUNIO 2022

HORA: 06:00 P.m.

LUGAR: AULA DM 201 UFPS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

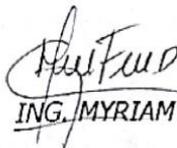
TÍTULO: "DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA C1 COVENSA LTDA UBICADA EN LA VEREDA EL PASO DE LOS RÍOS EN EL CORREGIMIENTO SAN FAUSTINO CÚCUTA NORTE DE SANTANDER".

Jurados: ING. MYRIAM FORERO DURÁN
ING. YENY PATRICIA QUIÑONEZ DELGADO

Director: ING. MEIMER PEÑARANDA CARRILLO

Nombre del estudiante	Código	Calificación	
		Letra	Número
LAURA FABIANA RODRÍGUEZ PÉREZ	1121333	Cuatro, Dos	4.2

APROBADA


ING. MYRIAM FORERO DURÁN.


ING. YENY PATRICIA QUIÑONEZ DELGADO


Vo.Bo GONZALO DE LA CRUZ ROMERO GARCÍA
Coordinador Comité Curricular
Ingeniería Mecánica

Dedicatoria

El presente proyecto de sistematización de conocimientos lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres quienes han sido mi inspiración para alcanzar cada uno de mis sueños y quienes con su amor y su apoyo incondicional permitieron que esta bendición llegara a ser posible.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

FABIANA RODRIGUEZ PEREZ.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por bendecirme con el regalo de la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Eleonora y Fabio por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Gracias a mis hermanos David, Juan, Santiago y a mi mejor amiga Nini Johana porque con sus oraciones y consejos han hecho de mí una mejor versión en cada área de mi vida lo que me ha llevado a alcanzar este logro.

Agradezco a todos los docentes e Ingenieros, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión y al magister Meimer peñaranda Carillo Director de mi proyecto.

FABIANA RODRIGUEZ PEREZ.

Resumen

El plan de mantenimiento preventivo es fundamental para mantener la vida útil de las máquinas, es indispensable contar con los registros de los mantenimientos realizados, información de las máquinas y sus cronogramas establecidos para poder contar con la disponibilidad de las mismas.

Este proyecto se realiza en la empresa COVENSA LTDA con el objetivo general de diseñar un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas del área de producción, para el desarrollo de este objetivo se plantean cuatro objetivos específicos: en el primero se realiza una identificación de las falencias y causas que estén afectando el buen funcionamiento de las máquinas, en el segundo se determina la disponibilidad actual, en el tercero se plantean acciones de mantenimiento preventivo para las máquinas del área de producción y en el cuarto se socializa el plan de mantenimiento preventivo al personal de la empresa.

En los resultados obtenidos se concluye que al momento de iniciar con el proyecto la criba vibratoria y los hornos de coquización son los activos que tienen la disponibilidad más baja, con un 87% y un 86% respectivamente adicionalmente la información respectiva en el área de mantenimiento se encontraba desactualizada lo que dificultaba la pronta respuesta al momento de presentarse una falla. En la búsqueda de aumentar los indicadores de disponibilidad de las máquinas se diseñó un plan de mantenimiento comprendido de 16 formatos que permiten abarcar los mayores aspectos en el funcionamiento de las máquinas, así mismo se llevó una implementación de dos meses del plan de mantenimiento teniendo en cuenta nuevos indicadores de disponibilidad por mes, se pudo evidenciar que en todas las máquinas de la planta C1 hubo un aumento de la disponibilidad de la criba vibratoria y de los hornos de coquización del 87% al 89% y del 86% al 89% respectivamente.

Abstract

The preventive maintenance plan is essential to maintain the useful life of the machines, it is essential to have records of the maintenance carried out, information on the machines and their established schedules in order to have their availability.

This project is carried out in the company Covensa Ltda with the general objective of designing a preventive maintenance plan for the machines in the production area, for the development of this objective four specific objectives are proposed: in the first one, an identification of the shortcomings is carried out and causes that are affecting the proper functioning of the machines, in the second the current availability is determined, in the third preventive maintenance actions are proposed for the machines in the production area and in the fourth the preventive maintenance plan is socialized to the staff of the company.

In the results obtained, it is concluded that at the time of starting the project, the vibrating screen and the coking ovens are the assets that have the lowest availability, with 87% and 86% respectively, in addition to the respective information in the maintenance area. it was outdated, which made it difficult to respond promptly when a failure occurred. in the search to increase the availability indicators of the machines, a maintenance plan was designed comprised of 16 formats that allow to cover the major aspects in the operation of the machines, likewise a two-month implementation of the maintenance plan was carried out taking into account account new availability indicators per month, it was possible to show that in all the machines of the C1 plant there was an increase in the availability of the vibrating screen and the coking ovens from 87% to 89% and from 86% to 89% respectively .

Contenido

	Pág.
Introducción	16
1. Problema	18
1.1 Título	18
1.2 Formulación del problema	18
1.3 Objetivos	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos	18
1.4 Planteamiento del problema	18
1.5 Justificación	20
1.6 Alcance y limitaciones	21
1.6.1 Alcance	21
1.6.2 Limitación	22
2. Marco referencial	23
2.1 Antecedentes	23
2.2 Marco teórico	26
2.2.1 Mantenimiento	26
2.2.2 Mantenimiento a los principales componentes en las maquinas industriales	32
2.2.3 Disponibilidad	60

2.3 Marco contextual	64
2.4 Marco legal	65
2.5 Glosario de términos	67
3. Diseño metodológico	70
3.1 Tipo de investigación	70
3.2 Población y muestra	70
3.2.1 Población	70
3.2.2 Muestra	71
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información	71
3.3.1 Técnicas	71
3.3.2 Instrumentos	72
4. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el área de producción de la planta C1 COVENSA LTDA ubicada en la vereda paso de los ríos en el corregimiento San Faustino Cúcuta Norte De Santander	73
4.1 Identificación de las falencias y causas que estén afectando el buen funcionamiento de las maquinas del área de producción de la empresa	84
4.2 Disponibilidad actual de las máquinas del área de producción de la empresa Covensa Ltda	94
4.3 Acciones de mantenimiento preventivo para las máquinas del área de producción	98
4.4 Socialización del plan de mantenimiento preventivo al personal de la empresa	124
5. Recomendaciones	127

6. Conclusiones	128
7. Referencias Bibliográficas	129
Anexos	133

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Beneficios del mantenimiento correctivo.	28
Tabla 2. Desventajas del mantenimiento correctivo.	28
Tabla 3. Beneficios del mantenimiento preventivo.	31
Tabla 4. Ventajas del plan de mantenimiento preventivo.	31
Tabla 5. Frecuencia de inspección recomendada en correas	34
Tabla 6. Viscosidad de lubricante recomendada para cadenas	39
Tabla 7. Cuadro sinóptico de relaciones en fallo de rodamientos	56
Tabla 8. Algunos sonidos y sus causas posibles en rodamientos defectuosos	58
Tabla 9. Resultados visitas Planta C1	87
Tabla 10. Sistema de codificación alfanumérica.	91
Tabla 11. Calendario de trabajo de la criba vibratoria.	95
Tabla 12. Listado de fallas de la criba vibratoria.	96
Tabla 13. Cronograma de capacitaciones.	98
Tabla 14. Formatos del plan de mantenimiento.	103
Tabla 15. Cronograma de actividades de mantenimiento.	117
Tabla 16. Lista de fallas criba vibratoria.	121

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Tipos de secciones convencionales de correas trapezoidales	33
Figura 2. Correa agotada tras agotar su vida útil	34
Figura 3. Inspección del desgaste de una polea mediante una galga	35
Figura 4. Tipos de sistemas de lubricación para transmisiones de cadena	41
Figura 5. Comprobación del alargamiento de la cadena	42
Figura 6. Representación del alargamiento de la cadena	43
Figura 7. Cojinete radial	45
Figura 8. Comparación cualitativa de características de cojinetes y rodamientos	46
Figura 9. Sección diametral de los tipos de rodamientos más comunes	51
Figura 10. Logo de Covensa Ltda.	64
Figura 11. Vista a las instalaciones de Covensa Ltda.	65
Figura 12. Ficha de observación.	72
Figura 13. Áreas de producción Covensa Ltda.	73
Figura 14. Oficina de recibo y pesado.	74
Figura 15. Almacenamiento del mineral.	74
Figura 16. Criba vibratoria.	75
Figura 17. Hornos de coquización.	76
Figura 18. Depósito del mineral coquizado.	77
Figura 19. Ficha técnica carbón térmico.	78
Figura 20. Proceso del carbón térmico.	79
Figura 21. Ficha técnica carbón coquizable.	81

Figura 22. Proceso del carbón coquizable.	82
Figura 23. Ficha técnica coque.	83
Figura 24. Esquema del proceso del coque.	84
Figura 25. Diagrama de Ishikawa.	93
Figura 26. Indicador de disponibilidad noviembre 2021.	97
Figura 27. Revisión diaria antes de usar las máquinas.	99
Figura 28. Uso adecuado de los equipos de protección personal.	100
Figura 29. Paso a seguir cuando ocurre una falla.	101
Figura 30. Cuidados básicos de las máquinas.	102
Figura 31. Hoja de vida.	105
Figura 32. Orden de trabajo.	106
Figura 33. Orden de pedidos.	107
Figura 34. Reporte de mantenimiento.	109
Figura 35. Actividades preoperacionales criba vibratoria.	111
Figura 36. Actividades de mantenimiento de la criba vibratoria.	114
Figura 37. Ficha técnica criba vibratoria.	116
Figura 38. Indicador de disponibilidad criba vibratoria.	123
Figura 39. Indicador de disponibilidad de las máquinas (nov-21, ene-22 y feb-22)	124
Figura 40. Informe de reunión.	126

Lista de anexos

	Pág.
Anexo 1. Ficha de observación	134
Anexo 2. Calendarios de trabajo	137
Anexo 3. Listado de fallas	144
Anexo 4. Cálculos de disponibilidad mes de noviembre 2021	151
Anexo 5. Fichas técnicas	155
Anexo 6. Actividades preoperacionales	165
Anexo 7. Actividades de mantenimiento	170
Anexo 8. Cronograma de actividades de mantenimiento	179
Anexo 9. Lista de fallas	189
Anexo 10. Indicador de disponibilidad	203

Introducción

El presente proyecto se realizará en la empresa Covensa LTDA ubicada en la vereda Paso de los ríos en el corregimiento San Faustino planta C1, Covensa Cúcuta Norte de Santander, la cual se dedica a la fabricación de productos de hornos de coque. Se planteó como objetivo general diseñar un plan de mantenimiento preventivo para el área de producción de la empresa.

El plan de mantenimiento preventivo permitirá la planificación de acciones diarias, semanales y mensuales, así mismo mantener la vida útil de las máquinas que pertenecen al área de producción y así aprovechar beneficios como la disminución de paradas, el desgaste rápido de algunas partes y la compra urgente de repuestos que generan gastos altos en momentos inesperados.

La metodología es de tipo explicativa con enfoque cualitativo y complemento cuantitativo, lo cual quiere decir que para el cumplimiento del objetivo uno se aplicará como instrumento de recolección de información una encuesta y una ficha de características, para el segundo objetivo se aplicará un cuadro de causas el cual estará enfocado a determinar las causas raíces de las falencias. Con la información anterior se procede al diseño del plan de mantenimiento preventivo y a la socialización del mismo.

Las máquinas que se utilizarán como muestra serán las que pertenecen al área de producción de la empresa y son la criba vibratoria, cargador frontal, equipo de soldadura, taladro de columna, pulidora, esmeril, planta eléctrica y el sistema eléctrico de la planta de producción debido a que estas son las encargadas del cumplimiento de la razón social de Covensa Ltda. y por ende son tomadas como prioridad. Estas máquinas llevan en funcionamiento por más de una década, por lo que en la actualidad están presentando fallas inesperadas y averías que interrumpen el

funcionamiento, y por ende un plan de mantenimiento preventivo resultará útil para continuar con el proceso de producción sin interrupciones.

1. Problema

1.1 Título

Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el área de producción de la planta c1 Covensa Ltda. ubicada en la vereda paso de los ríos en el corregimiento san Faustino Cúcuta norte de Santander.

1.2 Formulación del problema

¿Cuáles serán las acciones de mantenimiento preventivo necesarias para mejorar el funcionamiento de las máquinas de la empresa Covensa Ltda.?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas del área de producción de la empresa Covensa Ltda. ubicada en Cúcuta, Norte de Santander.

1.3.2 Objetivos específicos. Identificar las falencias y causas que estén afectando el buen funcionamiento de las maquinas del área de producción de la empresa.

Determinar la disponibilidad actual de las máquinas del área de producción de la empresa Covensa Ltda.

Plantear acciones de mantenimiento preventivo para las máquinas del área de producción.

Socializar el plan de mantenimiento preventivo al personal de la empresa.

1.4 Planteamiento del problema

El mantenimiento es un área de gran prioridad para las empresas, esta área es la encargada de reparar las máquinas y realizar las acciones adecuadas que permiten el funcionamiento de estas.

Contar con personal especializado en el ámbito del mantenimiento o asignar un área exclusiva para esto, podría aportar a generar grandes cambios en las labores de las máquinas, como disminuir ruidos o evitar el recalentamiento, esto a su vez permite que las máquinas cumplan con su función de producción.

Mantener la vida útil de las máquinas es fundamental para sacar el máximo provecho a las mismas, el mantenimiento preventivo son las acciones planificadas que se encargan de reducir las fallas, la acumulación de estas acciones genera resultados positivos para las máquinas como un funcionamiento estable.

En la empresa Covensa LTDA se cuenta con diversas máquinas, como son la criba vibratoria, cargador frontal, equipo de soldadura, taladro de columna, pulidora, esmeril, planta eléctrica y el sistema eléctrico de la planta de producción. Entre esas una criba vibratoria la cual tiene como función principal tamizar elementos, está compuesta por bandas transportadas, ejes, rodillos, chumaceras, rodamientos, teniendo en cuenta esto, es una máquina a la que se le debe prestar especial atención para que su funcionamiento sea el adecuado según los requerimientos de la empresa, la cual tiene como razón social fabricación de productos de hornos de coque, es la máquina de mayor importancia para la producción, sin embargo, esta trabaja en conjunto con las demás máquinas de esta área.

En este proyecto se realizará el diseño un plan de mantenimiento preventivo al área de producción de Covensa debido a que las máquinas están presentando paradas frecuentes en su funcionamiento y es necesario para la empresa minimizar estas paradas para continuar con las labores diarias.

1.5 Justificación

El plan de mantenimiento preventivo es el conjunto de acciones planificadas diarias, semanales y mensuales que aportan al cuidado de las máquinas, permitiendo mantener su vida útil y minimizando al máximo las fallas. Estas acciones son personalizadas de acuerdo a las necesidades actuales de las máquinas.

La principal ventaja de un plan de mantenimiento es que “existe mayor seguridad en la operación de los equipos debido a que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento” (Cansino, 2015), esto quiere decir que, si se tienen las máquinas funcionando de manera óptima, el proceso productivo no se detiene tan seguido. Cuando no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para una máquina, esta se ve sometida a acciones de mantenimiento correctivo las cuales desgastan las máquinas rápidamente y se podría evitar con las acciones preventivas adecuadas y a tiempo.

Teniendo en cuenta lo anterior en la empresa Covensa LTDA se plantea como objetivo general diseñar un plan de mantenimiento preventivo para el área de producción, debido a que se están presentando fallas en el funcionamiento de las máquinas durante la jornada laboral, y estas cada vez son más frecuentes. El cumplimiento de los objetivos específicos permitirá entregar a la empresa información útil que al ser aplicada aportará a mantener el funcionamiento de las máquinas del área de producción

1.6 Alcance y limitaciones

1.6.1 Alcance. El presente proyecto tiene como alcance principal plantear acciones de mantenimiento preventivo para el área de producción de la empresa Covensa Ltda., ajustándose a las condiciones actuales de operación, para esto se realizarán visitas a las instalaciones de la empresa donde se observará el estado actual de cada uno de los componentes que hacen parte de su funcionamiento.

Se conocerán cada uno de los procesos de producción por los cuales es sometido el coque en bruto desde el momento de ingresar a la empresa, hasta su proceso final de despacho y venta a los clientes, teniendo en cuenta las dimensiones, características de la máquina, para ellos se desarrollará una ficha de informes donde se anotarán todos los rasgos característicos del objeto de estudio.

Adicional a esto se plantearán acciones de mantenimiento preventivo para garantizar el buen funcionamiento de las máquinas del área de producción de la empresa y por ende mantener la producción actual de coque en Covensa Ltda.

1.6.2 Limitación. El área de producción de la empresa Covensa Ltda. cuenta con un conglomerado de máquinas y elementos que hacen parte de su operación continua, como son motores eléctricos, cajas eléctricas, rodamientos, chumaceras, bandas transportadoras, contactores eléctricos, relés térmicos, ejes, reductores, tensores, pernos de seguridad, zarandas, resortes, sensores, selectores, cadenas, controles de mando, pivotes, rodillos, entre otros.

En la realización de la actual investigación se tendrá en cuenta las siguientes tres limitantes: primero, las máquinas cuentan con más de 10 años en operación lo que ha ocasionado el deterioro e ineficiencia de la misma, debido a su largo tiempo de operación recopilar la información se torna complejo, lo cual perjudicará la aplicación de los instrumentos al momento de recopilar dicha información, y esta será de forma más lenta ocasionando la inexactitud de los datos técnicos de cada una de las máquinas que hacen parte de esta área. Actualmente no se cuentan con actividades de mantenimiento rutinario y preventivo que permitan la recopilación de información real de cada una de los componentes, por tal motivo se tendrá que elaborar formatos, actividades de mantenimiento y control desde cero para cumplir con el objetivo general de la investigación. Segundo, no se cuenta con información actual y específica de las máquinas y elementos debido a que no se lleva registro de las actividades de mantenimiento de los últimos años, lo cual desfavorece la pronta solución al momento de solucionar una falla. Tercero es la ubicación de la planta, la cual se encuentra muy retirado del casco urbano, repercutiendo en la entrega rápida de cualquier repuesto que se solicite al momento de presentarse una avería. Estos mencionados anteriormente son una limitante en la ejecución del presente proyecto de investigación.

2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

El primer antecedente se titula “implementación de un plan de gestión de mantenimiento preventivo basado en TPM para aumentar la confiabilidad en las máquinas de la empresa Comercial Molinera San Luis SAC” fue realizado en el 2018 por María García en Perú. El objetivo general planteado es proponer e implementar un plan de gestión de mantenimiento para aumentar la confiabilidad en las máquinas que intervienen en su proceso productivo de pilado de arroz. Con la metodología planteada se diagnosticó la situación problemática de la confiabilidad de las máquinas, determinando así, que las áreas críticas dentro de la empresa eran el pilado y el embolsado, teniendo estas un alto porcentaje de paradas no programadas de máquinas; por lo cual, se implementó un plan de gestión de mantenimiento basado en TPM -haciendo uso de cronogramas, registros, programas de capacitación e integración de grupos multidisciplinarios- que permitió aumentar la confiabilidad de las máquinas reduciendo el porcentaje de paradas no programadas en 8% y aumentando el tiempo medio entre fallas de 42 a 62 minutos, además, se obtuvo un ahorro de S/2000 mensuales, y se logró el incremento de la eficiencia global de equipos en un 15%.

El segundo antecedente se titula PLAN INTEGRAL DE NEGOCIOS PARA LA COMPAÑÍA INGEMINEX S.A.S, fue realizado por María Arévalo en Bogotá en el año 2014. El objetivo general planteado es buscar nuevos clientes para la empresa Ingeminex S.A.S en el plano internacional e iniciar la comercialización del coque de forma directa con el consumidor final, eliminando intermediarios. Así mismo, implementar algunas herramientas de producción a la empresa para mejorar los procesos productivos. Los objetivos específicos son definir un método para la investigación de mercado, que permita puntualizar posibles clientes para Ingeminex S.A.S.,

que sean consumidores directos de coque, desarrollar un modelo de exportación completo para la empresa Ingeminex S.A.S., realizar una evaluación completa acerca de la cadena de producción de coque, para así identificar debilidades que se pueden mejorar por medio de las distintas herramientas y/o técnicas de producción aprendidas en el curso de pregrado de Ingeniería Industria, evaluar el estado en el que se encuentra la empresa realizando sus operaciones de producción actualmente, por medio de la simulación de este sistema, evaluar nuevos procesos de producción, con el fin de buscar oportunidades de mejora para la empresa. en cuanto a la Evaluación del Sistema de Producción, se puede concluir que la empresa a pesar de que en sus operaciones ha acertado en algunas cosas, como en la disposición del espacio de la planta, la implementación de herramientas de producción permitirá el desarrollo un proceso de producción más eficiente y competitiva con el mercado. En este sentido, el desarrollo de la evaluación del Sistema de Producción permitió reconocer desperdicios de tiempo, movimiento y trabajo en el proceso de producción, causas de la mala calidad del coque, y fallas en la planificación del recurso humano. En cuanto al desperdicio de tiempo, se logró reducir en 42 minutos el tiempo de operación de los hornos, lo cual permitirá a la empresa utilizar este tiempo para capacitaciones en cuanto a seguridad y calidad para los empleados que tanto se requiere. Esto se logró por medio del análisis de movimientos y trabajos, así como de la aplicación de nivelación de cargas y eliminación de desperdicios. En el área de mejoras, se concluye que un mantenimiento preventivo trae mayores beneficios en cuanto a producción en la empresa, que el tipo de mantenimiento correctivo que se está llevando a cabo, pues permite a la empresa dejar de perder \$3.463.588,80 COP/ mes por culpa de maquinaria en reparación. Así mismo, la maquinaria bajo mantenimiento preventivo presenta una TIR superior en 15,74% a la TIR obtenida para maquinaria bajo mantenimiento correctivo.

El tercer antecedente se titula IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PILA R20 EN LA PLANTA DE MANUFACTURA DE TRONEX BATTERY COMPANY S.A.

Fue realizado por Viviana Sanín en el 2007 en Medellín. El objetivo general planteado implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo en la línea de producción de la pila R20 de la planta de producción de Tronex Battery Company S.A., con el fin de determinar estrategias y acciones para el estado actual y futuro de las máquinas, e incrementar la confiabilidad y disponibilidad de las instalaciones productivas. Los objetivos específicos planteados son Implementar herramientas actuales de control en el proceso de mantenimiento, determinado a partir del seguimiento histórico de los mantenimientos de la maquinaria, equipos y sistemas relacionados en la línea R20. Analizar la criticidad del proceso de producción de pila R20, ubicando los tiempos de fallas, reparaciones, tiempos y demoras pertinentes en el cálculo CMD. Aplicar los cálculos de CMD en forma global, a partir de distribuciones y una metodología universal, calculando los valores de MTBMc1, MTBMp2, MTTR3, Mp4 y demás indicadores pertinentes del CMD a partir de los métodos series temporales y distribuciones. Desarrollar el plan de mantenimiento preventivo y predictivo a partir del estudio de la criticidad. Concluir los resultados obtenidos con el fin de hacer recomendaciones útiles para la empresa, aplicables a otras líneas de trabajo. Las conclusiones de este proyecto son las tareas de mantenimiento programadas para la línea de producción de pila R20 a partir del presente estudio permiten aumentar la eficiencia y confiabilidad dentro del contexto operacional, es decir, conllevan a la disminución de los tiempos improductivos por mantenimientos correctivos, evitan las fallas que tienen alta severidad y ocurrencia e incrementan la disponibilidad de los activos. El mantenimiento de los sistemas productivos considera un cambio de mentalidad y enfoque que requiere respuestas y decisiones rápidas teniendo en cuenta que los problemas generados se deben básicamente a la falta de

información de los procesos, errores humanos en operación y mantenimiento y falta de procedimientos. Las máquinas sufren desgastes y desajustes debidos a su operación normal, la importancia del mantenimiento radica en realizar ciertas actividades que se anticipen a la ocurrencia de las fallas, y en el caso en que ocurre una avería, se debe buscar una solución técnica y rápida para reiniciar las labores de producción.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Mantenimiento. El mantenimiento es el conjunto de estrategias que permiten “aumentar los niveles de productividad” (Ruiz, 2020), es por esto que, para cualquier empresa, resulta fundamental aplicar acciones de mantenimiento en sus máquinas, sin embargo, es importante tener claro los diferentes tipos de mantenimiento para poder organizar las estrategias y que sean eficientes para la empresa. Entre los tipos de mantenimiento se encuentran (González, 2020):

Mantenimiento preventivo.

Mantenimiento basado en condiciones.

Mantenimiento predictivo.

Mantenimiento correctivo.

Mantenimiento predeterminado (mantenimiento programado).

Teniendo en cuenta esto, el presente proyecto se enfocará en el mantenimiento preventivo y correctivo, los cuales se proceden a definir de la siguiente manera:

Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento es definido por Ruiz (2020) como el que se encarga de corregir las fallas de un equipo o máquina que requieren intervención inmediata para continuar con su

funcionamiento. Debido a que estas fallas o paradas son inesperadas, influye directamente en la economía de la empresa por los tiempos utilizados en su reparación. Este mismo autor define los dos tipos de mantenimiento correctivo de la siguiente manera:

Mantenimiento correctivo no planificado: es el momento en el que el equipo o máquina falla de manera inesperada y deja de trabajar hasta su reparación.

Mantenimiento correctivo planificado: este se realiza cuando se evidencia bajo rendimiento del equipo y debe ser intervenido rápidamente.

Es importante estar atento a las máquinas para decidir a cuáles se les puede aplicar mantenimiento correctivo sin afectar la empresa, Ruiz (2020) expone los siguientes tres ítems:

Equipos de menor importancia o que tengan varias piezas de repuesto. Es decir, en herramientas o pequeñas máquinas que pueden ser rápidamente reemplazadas cuando fallan.

Se puede usar en productos cuyo mantenimiento correctivo es extremadamente barato y rápido. En estos casos -que suelen ser raros- hacer otros tipos de mantenimiento, como el predictivo, puede ser más caro.

Se puede adoptar un mantenimiento correctivo planificado en equipos cuyo rendimiento decreciente no se convierta en problemas de seguridad y no afecte a la productividad en general.

El mantenimiento correctivo no es del todo malo, también tiene ciertos beneficios que deben ser analizados y considerados para tomar una decisión acertada y son los siguientes (Ruiz, 2020):

Tabla 1. Beneficios del mantenimiento correctivo.

Beneficios del mantenimiento correctivo
1. Menores costos a corto plazo: Al tratarse de una actividad reactiva, hay muy poco que hacer después de la compra y antes de que se produzca un problema.
2. Planificación mínima requerida: El mantenimiento correctivo consiste en corregir una falla identificada en un componente específico, por lo que no hay necesidad de una planificación compleja y oportuna.
3. Proceso más sencillo: El proceso es fácil de entender, ya que sólo se requiere actuar cuando se produce algún tipo de problema.
4. La mejor solución en algunos casos: Cuando se cree que los costos de parada y reparación en caso de avería serán inferiores a la inversión necesaria para el Mantenimiento Preventivo.

Fuente: (Ruiz ,2020).

Tabla 2. Desventajas del mantenimiento correctivo.

Desventajas del mantenimiento correctivo
1. Imprevisibilidad: el equipo no se supervisa después de la compra, por lo que los fallos son muy imprevisibles
2. Tiempo de inactividad: Las fallas inesperadas pueden resultar en materiales no disponibles y, por lo tanto, retrasar el tiempo necesario para una reparación, aumentando el tiempo de inactividad del equipo.
3. Equipo no maximizado: Este enfoque no protege ni cuida el equipo, lo que reduce la vida útil de los bienes.
4. Mayores costos a largo plazo: El mantenimiento correctivo se aplica cuando el tiempo de inactividad y los costos de reparación en caso de avería serán inferiores a la inversión para el mantenimiento planificado.

Fuente: (Ruiz,2020).

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es definido por Lia como “la acción de revisar de manera sistemática y bajo ciertos criterios a los equipos o aparatos de cualquier tipo (mecánicos, eléctricos, informáticos, etc...) para evitar averías ocasionadas por uso, desgaste o paso del tiempo” (2020). Es decir, este tipo de mantenimiento es el que se adelanta a las fallas o averías para evitar que sucedan con el objetivo de evitar que la máquina se desgaste y sufra daños que impidan continuar con su funcionamiento.

Implementar el mantenimiento preventivo contiene varios componentes que deben ser unificados para conformar un plan de mantenimiento preventivo, Lia (2020) propone los siguientes pasos:

Planteamiento de objetivos: Partiendo de que el mantenimiento preventivo surge a raíz de la necesidad de minimizar las acciones correctivas (reparaciones de averías), aumentar la vida útil del equipo y aumentar la disponibilidad del equipo entre otros (también podemos añadir, por ejemplo; reducir riesgos laborales, evitar pérdidas de materia prima por malos procesados...) Debemos cuantificar esta mejora para seguir con el resto del plan, por ejemplo: Reducir averías en un 70%.

Presupuesto sobre la maquinaria, inventarios y horas de mano de obra: Debemos hacer un cálculo sobre la cantidad estimada de componentes, subcomponentes y mano de obra que necesitaremos para cubrir el mantenimiento de toda la maquinaria. Así podremos analizar en un futuro nuestra rentabilidad real y esperada.

Revisión de mantenimientos previos: Tendremos que tener en cuenta la suma de todos los mantenimientos previos, cómo se hicieron, fechas, responsables y material utilizados. Si no existieron, partiremos de cero.

Consulta de manuales, documentación y requisitos legales: Deberemos seguir la documentación oficial para realizar el mantenimiento, así como tenerla siempre a mano antes y durante la acción de mantenimiento. Además, el personal debe cumplir con las normas de prevención de riesgos laborales.

Elección de tipo de mantenimiento y encargado de realizarla: Esta es la tarea más importante, ya que deberemos tener en cuenta que tipo de mantenimiento es el necesario y quién lo hará. Variará según el tipo de maquinaria, pero la persona encargada casi siempre será la misma para realizar los mantenimientos recurrentes.

Ejecución del plan y seguimiento: Una vez realizado el plan, deberemos tener una guía para seguirlo y poder tener bajo control todos los equipos, fechas y responsables de los mantenimientos.

Este tipo de mantenimiento trae consigo muchas ventajas y beneficios debido a que como su nombre lo indica, busca prevenir cualquier falla o avería de una máquina, Martínez (2020) afirma que los principales beneficios y ventajas son:

Tabla 3. Beneficios del mantenimiento preventivo.

Beneficios del mantenimiento preventivo
1. El equipo no pierde garantía con el servicio de mantenimiento.
2. Puede reducir reparaciones y costos innecesarios
3. Garantiza que los equipos se encuentren calibrados de acuerdo a normas del fabricante.
4. Prolonga la vida útil del equipo y obtiene el rendimiento ideal.
5. Mayor productividad e ingresos.

Fuente: Realizado a partir de Martínez (2020).

Tabla 4. Ventajas del plan de mantenimiento preventivo.

Ventajas del mantenimiento preventivo
1. Disminuir la necesidad de realizar mantenimientos correctivos. Al monitorear regularmente las condiciones reales de funcionamiento de los equipos se pueden prevenir eventos inesperados.
2. Disminuir costos. Un plan de mantenimiento preventivo implica un gasto, pero la mayor seguridad laboral y el ahorro de tiempo y dinero en otras formas de mantenimiento compensan con creces lo invertido.
3. Reducir los tiempos de espera por reparaciones. Si deben detenerse los equipos, al tener un programa de mantenimiento se pueden identificar los componentes a reemplazar y programar las tareas con anticipación.
4. Manejar el stock de repuestos. Adquirir repuestos innecesarios o no tener a tiempo el repuesto exacto son problemas que el plan de mantenimiento preventivo puede reducir.
5. Aumentar la vida útil de los equipos y repuestos. La prevención y detección anticipada de fallas puede aumentar hasta un 30% la vida útil de los distintos componentes y equipos en conjunto.
6. Aumento de la producción. Un programa preventivo completo, que incluya el mantenimiento predictivo, permite mejorar el rendimiento operativo y la disponibilidad de los equipos.
7. Mayor seguridad de los operadores. El plan de mantenimiento preventivo debe ir acompañado de un manual de prevención y seguridad laboral que capacite a los empleados en el uso correcto de maquinarias.

Fuente: Realizado a partir de Martínez (2020).

2.2.2 Mantenimiento a los principales componentes en las maquinas industriales

Mantenimiento de correas

Por lo general en la industria la denominación de transmisión flexible incluye la transmisión por correa o banda, cadena y cable. En campo industrial la más utilizada es la transmisión por correa, aunque también es común encontrar transmisiones por cadena y, más raramente, por cable. Aunque los dos sistemas de transmisión flexible por potencia más empleados son las correas y las cadenas, y presentan algunos aspectos comunes, los autores (Francisco et al 2006) afirman que “Son muy diferentes desde el punto de vista de funcionamiento. Las correas transmiten potencia generalmente por fricción (a excepción de las correas dentadas) mientras que las cadenas transmiten por desplazamiento positivo”. Se puede decir que en lo referente al mantenimiento estos elementos de transmisión también son muy diferentes y conviene realizar una descripción separada de los mismos, bien sea para escoger el modelo de transmisión que más convenga o bien sea en el caso de realizar labores de mantenimiento.

En la actualidad existe una amplia gama de tipos de correas, en la industria la correa que más se utiliza en lo concerniente a la transmisión de potencia es la correa trapezoidal o correa en V, dentro de este tipo de correas existe una variada su clasificación atendiendo a las dimensiones de la sección transversal. Los fabricantes de correas establecen las dimensiones de acuerdo a las secciones, siendo su denominación Z, A, B, C, D, E y sus dimensiones se muestran en la figura 1.

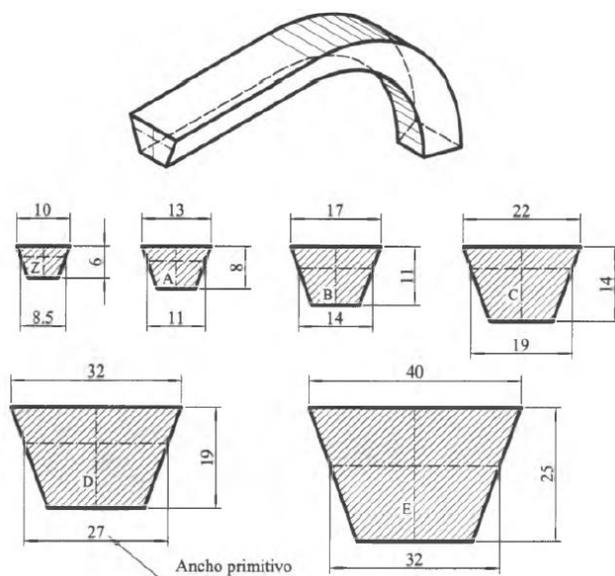


Figura 1. Tipos de secciones convencionales de correas trapezoidales

Fuente: Francisco et al (2006, p. 71)

Los otros tipos de correas que se utilizan para transmitir potencia son las correas planas, las que son de sección rectangular junto con las correas de sección circular. Cabe mencionar que cuando se requiere un sincronismo perfecto entre las poleas motriz y conducida, se debe emplear las correas dentadas, debido a que su funcionamiento es sensiblemente diferente al de los tipos anteriormente descritos.

Cuando una máquina cuenta con una transmisión en correas y poleas, funcionara sin problemas por un largo tiempo si las condiciones de funcionamiento son óptimas, teniendo en cuenta labores de mantenimiento adecuado. Las transmisiones por correas necesitan una revisión regular de su estado de funcionamiento, así mismo a otros componentes, como a las poleas. Por este motivo, deben ser incluidas en los planes de mantenimiento, estableciendo la revisión de cada uno de sus componentes y la periodicidad de revisión necesaria en algunos casos depende de muchos factores, como la velocidad de las poleas, naturaleza crítica del equipo, temperatura de trabajo, factores

ambientales, accesibilidad del equipo, etc. Algunas recomendaciones generales relativas a esta periodicidad se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Frecuencia de inspección recomendada en correas

Tipo de funcionamiento	Frecuencia de inspección recomendada
Crítico	Entre 1 y 2 semanas
Normal	Una vez al mes
Máquina cerrada	Entre 3 y 6 meses

Fuente: Francisco.et all (2006, p. 71)

Inspección de la transmisión por correa

Cuando se piensa llevar a cabo la inspección de la transmisión por correas, el personal encargado de la inspección rutinaria debe tener en cuenta la inspección se rige bajo dos planes básicos, y son visualizar el estado de los componentes y en escuchar el funcionamiento y así poder identificar posibles anomalías, se sabe que una transmisión por correa bien diseñada y mantenida funciona de forma suave y silenciosa. Un programa de inspección de correas que se encuentre bien planificado incluirá la inspección de al menos los siguientes elementos de la transmisión:



Figura 2. Correa agotada tras agotar su vida útil

Fuente: Francisco.et all (2006, p. 72)

Poleas: Este elemento de la transmisión se debe inspeccionar con el propósito de chequear la correcta alineación de las mismas y también para poder identificar desgaste anormal, muescas y bordes afilados. El personal a cargo debe mantener la polea en cada momento limpia, debido a que la suciedad influye en la disminución considerable de la vida de la polea. En el caso de las poleas en V el desgaste debe ser examinado con galgas, como se muestra en la figura 3, estas galgas son suministradas por los fabricantes. Los autores (Francisco.et all 2006) afirman que “Si se detecta una holgura (h) entre la polea y la galga superior a 0,75 mm (750 μ m), la polea debe ser reemplazada”.

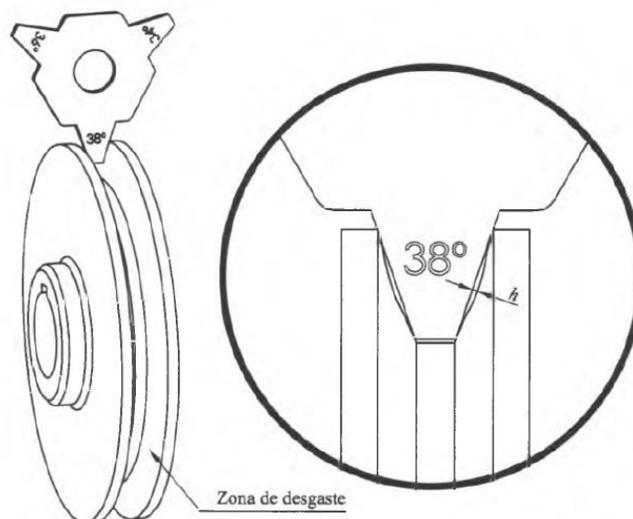


Figura 3. Inspección del desgaste de una polea mediante una galga

Fuente: Francisco.et all (2006, p. 73)

Cubiertas de protección: Las cubiertas de protección deben ser inspeccionadas muy a menudo para asegurar la inexistencia de desgaste en las correas o danos en las poleas, una cubierta desgastada indica una interferencia con la transmisión, mientras que una cubierta que presente deterioro puede ser de riesgo para la salud. Las transmisiones por correa sufren calentamiento debido a que son sistemas de transmisión por fricción, debido a esto cuentan con orificios para

permitir la ventilación. Una cubierta sucia supone una falta de ventilación que puede provocar sobrecargas de temperatura en el sistema correa y la polea, es muy seguro que en todo momento las cubiertas de protección deben mantenerse limpias.

Otros: En cada momento se debe estar pendiente de la tensión en las correas, que las poleas cuenten con la correcta alineación y lubricación de cojinetes y rodamientos, debido a que puede influir en el funcionamiento de la transmisión. Así mismo se recomienda verificar el anclaje firme del motor y la limpieza de sus guías de posicionamiento.

La durabilidad de la transmisión por correa depende en gran medida de la calidad del procedimiento de instalación, una instalación inadecuada puede ocasionar un funcionamiento deficiente caracterizado por un desgaste en la correa, y un deterioro en la polea, tensiones excesivas en los sistemas de apoyo de los ejes, etc. De forma resumida, la instalación de correas debe contar con, al menos, los siguientes pasos:

Se debe aflojar el tensor con las herramientas adecuadas hasta poder retirar la correa que se va a sustituir.

En cada instante se debe limpiar las poleas y asegurar que los flancos de los canales están limpios. Para ello se puede utilizar un cepillo metálico suave.

Proceder a colocar la correa en las poleas.

Luego ajustar el tensor para que la correa no quede holgada, sin llegar a pretensar.

Comprobar, y en su caso ajustar, el alineamiento de las poleas. Para ello se puede utilizar una pletina rectilínea o, de forma mucho más precisa, un equipo de alineación por láser.

Mantenimiento de cadenas

Los sistemas de transmisión por cadenas son similares a los sistemas de transmisión por correas, solo que las poleas son sustituidas por ruedas dentadas. Los dientes de las ruedas se introducen en los orificios de la cadena de forma que la rotación de la rueda es necesariamente solidaria con el movimiento de la cadena. Esta es la principal diferencia entre las transmisiones por correas y cadenas, en las correas el movimiento se transmite por fricción mientras que en las cadenas el movimiento se transmite por desplazamiento positivo, y las condiciones de funcionamiento en la transmisión por cadena son las siguientes:

Las velocidades de operación deben ser lentas y sometidas a carga suave.

La relación de transmisión debe ser moderada, permitiendo que ambas ruedas dentadas sean grandes y posean un gran número de dientes en contacto.

En cadenas muy largas, se debe ajustar moderadamente la distancia entre centros.

La lubricación debe ser buena y constante.

De la misma forma y siempre que sea posible se deben evitar las siguientes condiciones de funcionamiento recomendadas por los autores (Francisco et al 2006) debido a que algunas de ellas se utilizan habitualmente, y disminuyen en mayor medida la vida de la cadena.

“Existencia de piñones pequeños en la transmisión, especialmente si existen pocos dientes en contacto con la cadena.

Ruedas dentadas excesivamente grandes.

Cargas de impulso y choque.

Inversión de la carga durante el funcionamiento.

Existencia de más de dos ruedas en la transmisión.

Lubricación pobre.

Ambiente de funcionamiento sucio o polvoriento”.

Lubricación de la transmisión por cadena

Es garantizado que la vida de la cadena está relacionada con la resistencia al desgaste de una cadena está relacionada de manera fundamental con la lubricación. Un plan de mantenimiento debe contar con actividades de lubricación periódica, así como un lubricante y tipo de lubricante adecuado, porque son indispensables y permiten conseguir una duración prolongada de la cadena. En una transmisión por cadena la lubricación es esencial por las funciones que realiza en la misma, entre las funciones se mencionan las siguientes:

Lubricación: Es la función principal, y permite evitar el contacto metal metal que se podría producir entre las partes móviles de la misma mediante la formación de una película de lubricante.

Refrigeración: Debido al rozamiento en la cadena se produce calor que puede llegar a afectar a la vida de las piezas de metal que la compone. Por esto se recomienda que la temperatura de la cadena no supere los 80°C. El baño en lubricante produce la refrigeración de los elementos de la cadena, En los casos donde es alta temperatura o la velocidad sea extrema se suele colocar un sistema de refrigeración del lubricante para aumentar su capacidad de disipación de calor.

Limpieza: La existencia en las cadenas de numerosas partes metálicas sometidas a presión unas contra otras provocan que cualquier partícula que acceda al sistema pueda generar una abrasión significativa, debido a esto se recomienda que la limpieza sea rigurosa, en los casos que haya

demasiada suciedad lo que se debe hacer con el lubricante es que deba ser conducido a través de un filtro que elimine las partículas del circuito.

Amortiguamiento: Se debe saber que la película de lubricante que se inserta entre las piezas que transmiten la carga a lo largo de la cadena proporciona un colchón flexible capaz de amortiguar las cargas de choque que se produzcan durante el funcionamiento de la transmisión por cadena. Lo que quiere decir que este efecto junto con la flexibilidad de las piezas de la cadena hace que las transmisiones de cadena sean considerablemente más flexibles que las transmisiones por engranajes, lo que las hace más adecuadas para diversas aplicaciones.

El lubricante en transmisión de cadenas es muy importante bien sea a menor o a mayor velocidad, para bajas velocidades y pequeñas potencias, la importancia de la lubricación es mínima, tanto que la cadena puede funcionar óptimamente con una lubricación poca. La selección de la viscosidad del lubricante es un factor importante en el mantenimiento óptimo de las cadenas. En la tabla 6. se muestran las recomendaciones de viscosidad en función de la temperatura para cadenas de rodillos.

Tabla 6. Viscosidad de lubricante recomendada para cadenas

Temperatura (°C)	Lubricante recomendado
Entre -18 y -7	SAE 10
Entre -7 y 5	SAE 20
Entre 5 y 38	SAE 30
Entre 38 y 50	SAE 40
Entre 50 y 60	SAE 50

Fuente: Francisco et al (2006, p. 91)

Existen sistemas de lubricación adecuados para distintas velocidades, teniendo en cuenta que cuanto mayor sea la velocidad, mayores deben ser las prestaciones del sistema de lubricación. Los sistemas habituales que más se utilizan son cuatro, y se mencionan a continuación:

Lubricación manual: Es la que se realiza periódicamente y es aplicada mediante una brocha (figura 4a) o una bomba manual con gotero. Cuando se lleva a cabo este método se recomienda lubricar cada 8 horas de funcionamiento.

Lubricación por baño de aceite: En este tipo de lubricación la parte más baja de la cadena pasa a través de un baño de aceite que suele depositarse en la parte inferior de la carcasa de protección de la cadena, en la figura 4c, el nivel de lubricante debe ser tal que durante el movimiento llegue hasta la línea de paso de la cadena. Una inmersión mayor de la cadena provoca un calentamiento innecesario y la oxidación rápida del lubricante, además de una cierta pérdida de potencia.

Lubricación por circulación forzada: el sistema cuenta con un depósito en el que se recoge el lubricante que cae de la cadena, se muestra en la figura 4d. Una pequeña bomba succiona el lubricante de este depósito haciéndolo pasar por un filtro y lo proyecta a presión sobre la cadena a través de un pequeño tubo que termina en una boquilla. El caudal de lubricante bombeado depende del tamaño del accionamiento, de la velocidad de la cadena y del calor que se desee disipar.

Lubricación por pulverización: Este tipo de método el sistema es muy similar a la lubricación forzada, solo que en lugar de proyectar sobre la cadena el lubricante, existen varias boquillas que pulverizan el lubricante en gotas minúsculas al ambiente encerrado por la carcasa de la cadena, permitiendo formar una niebla de lubricante que la impregna uniformemente, penetrando en cada articulación de la misma. El exceso de lubricante va goteando y llegando de nuevo al depósito de recolección.

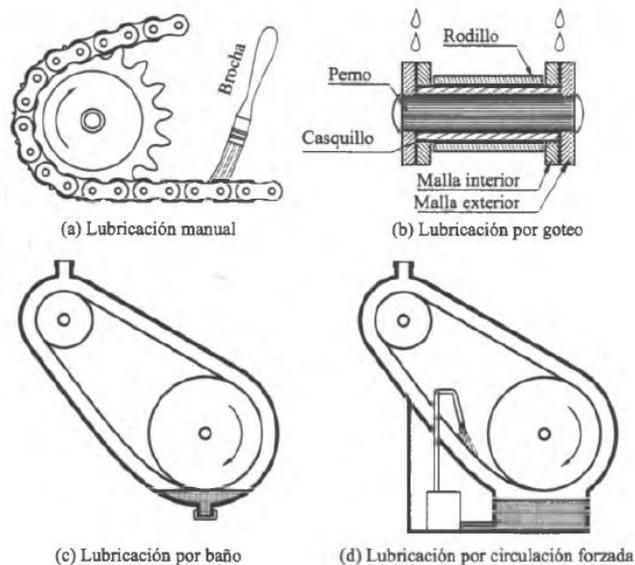


Figura 4. Tipos de sistemas de lubricación para transmisiones de cadena

Fuente: Francisco et al (2006, p. 93)

En las transmisiones por cadenas el mantenimiento debe ser periódico y, por lo tanto, debe ser incluido en el plan de mantenimiento. La frecuencia de realización de estas actividades de mantenimiento depende de varios factores entre los que se encuentran la severidad de la utilización de la transmisión, la suciedad del ambiente, la existencia o no de una carcasa de protección de la transmisión, etc. Las actividades de mantenimiento se deben realizar teniendo en cuenta lo siguiente:

Verificación de la tensión y el alargamiento de la cadena: No importa si la lubricación se realiza adecuadamente, la cadena sufrirá desgaste y alargamiento, cuando se lleva un largo periodo de tiempo en operación se puede llegar a una situación de alargamiento excesivo que exija un

reemplazo total de la misma. Aunque para ello se puede verificar estirando manualmente la cadena en uno de los piñones, tal como se ilustra en la figura 5. Si la cadena tiende a despegarse de los dientes de la rueda existiendo una holgura radial patente, es debido a que la longitud de cada eslabón se ha incrementado y ya no coincide exactamente con el paso del piñón, y una forma de estimar mediante este procedimiento el alargamiento porcentual de la cadena, los autores (Francisco, T. Sánchez, M. y otros. 2006) afirman que consiste “En medir la holgura radial (h) en un piñón o rueda que sea abrazado por la cadena aproximadamente 180° la relación entre h/p (siendo p el paso) y el alargamiento de la cadena, en función del número de dientes de la rueda en la que se realiza la medida”, el caso se muestra en la figura 6. Cuando la cadena ha sufrido un alargamiento excesivo ya no puede ser reparada. Su uso hace que la cadena tienda a saltar sobre los dientes del piñón más pequeño, provocando deficiencias en la transmisión y deteriorándose la cadena y el piñón rápidamente.

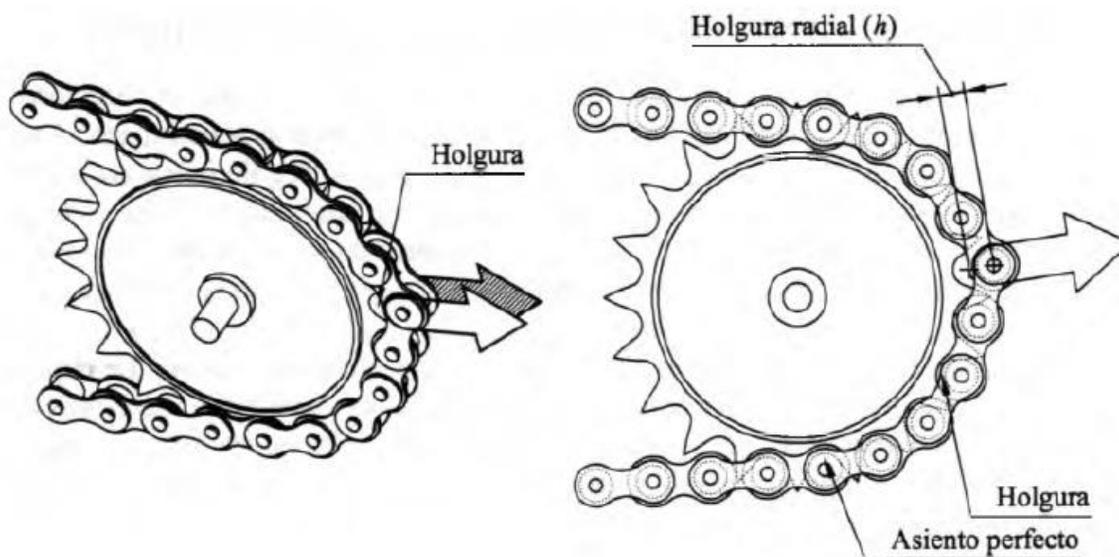


Figura 5. Comprobación del alargamiento de la cadena

Fuente: Francisco.et all (2006, p. 96)

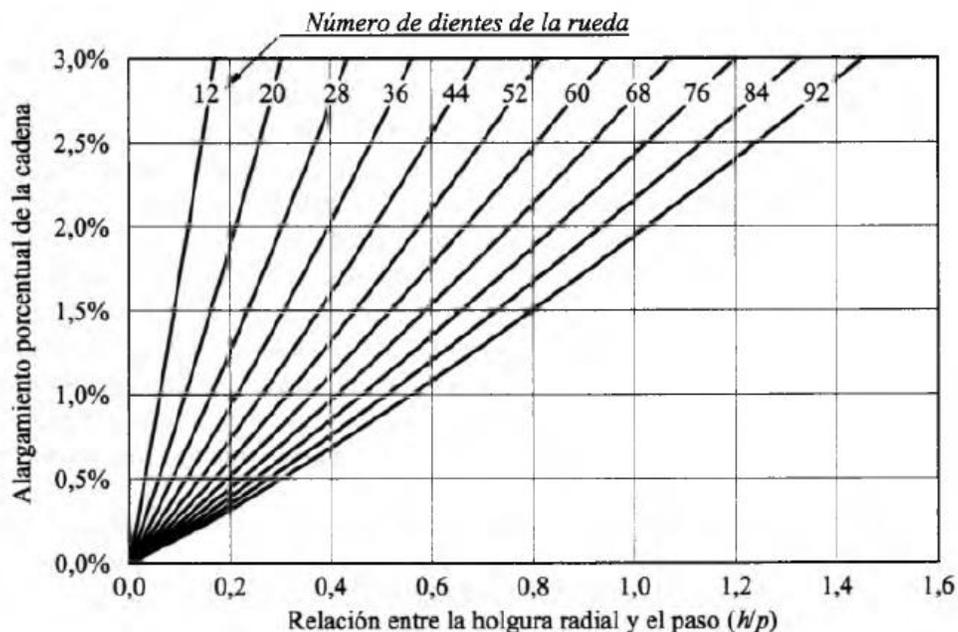


Figura 6. Representación del alargamiento de la cadena

Fuente: Francisco.et all (2006, p. 96)

Limpeza: Los mecanismos que cuentan con una transmisión por cadena es fundamental para conseguir una larga duración, para ellos debe garantizar su limpieza en cada momento. La presencia de suciedad en los rodillos de la cadena obliga a la cadena a incrementar su paso al pasar por la rueda de forma similar a si la rueda fuese construida con un paso ligeramente superior al de la cadena, resultando en un alargamiento acelerado de la cadena. Lo que quiere decir que si existe suciedad en la cadena ésta penetrará en las articulaciones produciendo abrasión, lo que acelera el desgaste. La limpieza debe iniciarse eliminando la suciedad gruesa adherida en el exterior de la cadena, con un cepillo duro o una carda de acero. Esto puede realizarse con la cadena montada o desmontada. Luego se debe limpiar la cadena introduciéndola en un disolvente para limpieza de metales, petróleo, gasolina para lavado, etc.

Verificación del desgaste en las ruedas y piñones: En el momento que se desmonta la transmisión para llevar a cabo mantenimiento, el personal a cargo debe comprobar el estado de ruedas y piñones y al momento de detectar un desgaste excesivo, la rueda debe ser reemplazada, porque una rueda con un desgaste moderado no debe utilizarse con una cadena nueva ya que esta última será rápidamente dañada por la imperfección geométrica de la primera.

Verificación de la alineación de las ruedas dentadas. Tras desmontar la cadena, limpiar las ruedas y colocar las que hayan sufrido un desgaste excesivo, se debe comprobar la alineación de las mismas.

Mantenimiento de cojinetes de fricción

Existen en una gran multitud de configuraciones en lo referente a los cojinetes de fricción., dado que son mecanismos de fricción y con el objetivo de mejorar la mantenibilidad del conjunto como tal, en muchos casos se emplea un elemento intermedio, siendo el casquillo, el cual constituye el cojinete propiamente dicho.

Por cojinetes el autor (Mynor, A. 2016) lo define como un “Elemento que soporta y permite el movimiento giratorio al eje de una máquina o mecanismo” cuya función es impedir que exista contacto metal metal, a través de una película de lubricante. A continuación, en la figura 7 se muestra un cojinete radial comúnmente utilizado en la industria.

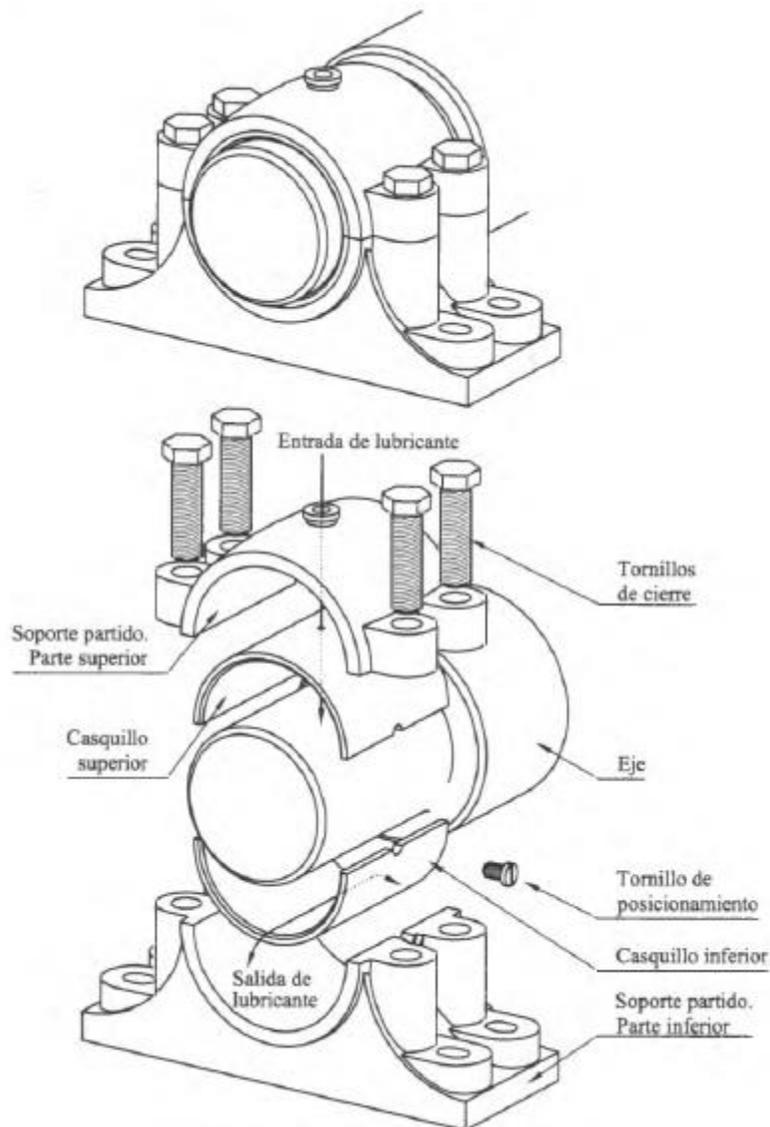


Figura 7. Cojinete radial

Fuente: Francisco et al (2006, p. 102)

En la figura 7 se ilustra un cojinete radial hidrodinámico de casquillo partido que se coloca sobre un soporte también partido y cerrado por 4 tornillos. Aunque para este caso el lubricante entra generalmente por gravedad a la interfase del eje y el casquillo por medio de un orificio superior, y así se puede formar una película que evita el contacto entre las partes. El lubricante se

distribuye a lo largo de la interfase y va saliendo lentamente por las caras laterales del cojinete, en la zona de presión.

Característica	Cojinetes de fricción	Rodamientos
Ensamblado en configuraciones extrañas (por ej. cigüeñal)	Sencillo (cojinetes partidos)	Imposible
Coste	Relativamente bajo	Relativamente elevado
Dureza requerida en el eje	Elevada	Baja
Peso	Relativamente bajo	Relativamente elevado
Rigidez requerida en el alojamiento	Elevada	Baja
Influencia de la fatiga en la vida del elemento	Muy baja	Elevada
Criticidad de la lubricación	Muy elevada	Relativamente baja
Ruido en operación	Ninguno	Mayor que en cojinetes
Tolerancia a la flexión del eje	Elevada	Baja (excepto rodamientos especiales)
Tolerancia a partículas de suciedad	Elevada	Baja
Espacio longitudinal requerido	Mayor que en rodamientos	Pequeño
Espacio diametral requerido	Pequeño	Mayor que en cojinetes
Fricción a baja velocidad	Elevada	Muy baja
Fricción a alta velocidad	Moderada	Relativamente elevada
Holgura radial	Mayor que en rodamientos	Pequeña

Figura 8. Comparación cualitativa de características de cojinetes y rodamientos

Fuente: Francisco et al (2006, p. 100)

Para poder evitar movimientos no deseados en los casquillos y el soporte, se cuentan con un taladro donde se coloca un tomillo de posicionamiento. Aparte de éste, existen otros sistemas de posicionamiento para evitar dichos movimientos. El montaje de la figura 7 está especialmente indicado para facilitar el mantenimiento a la persona a cargo de realizar el mantenimiento. Claramente se ilustra el sistema y se procede a montar y desmontar con facilidad y permite de forma sencilla la limpieza, inspección y sustitución de los componentes que tengan deterioro. Mientras que el eje y el soporte se fabrican con materiales de gran dureza generalmente acero, el casquillo suele fabricarse con materiales más blandos. De esta forma, cuando se produce una falla

en el cojinete, por lo general es el casquillo el que acusa el daño, siendo sustituido en la siguiente operación de mantenimiento.

Debido a las condiciones de funcionamiento los cojinetes son componentes muy susceptibles a fallar debido a su principio de operación. Son elementos con tendencia a la inestabilidad ante condiciones de funcionamiento anormales, por este motivo, con frecuencia los cojinetes deben ser reemplazados debido no al desgaste normal que sufren, sino a otros fallos descritos anteriormente que se pueden producir fácilmente y que impiden que el cojinete desempeñe la función para la que fue diseñado. Los cojinetes deben estar sujetos a inspección periódica, por lo que deben ser incluidos dentro del programa de mantenimiento de la máquina y de la planta. La frecuencia de inspección puede variar desde relativamente pocas horas hasta meses, dependiendo de una gran cantidad de factores entre los que se encuentran: las características de funcionamiento (velocidad, carga, etc.), la estabilidad de diseño del cojinete, la criticidad de la máquina dentro del proceso productivo, la suavidad de la carga, etc.

Cuando se desmonta un cojinete para su inspección, es necesario tener en cuenta dos consideraciones fundamentales:

Se debe asegurar la limpieza de la zona de trabajo: La suciedad es el principal enemigo de los cojinetes, llegando a reducir su vida útil a una pequeña fracción de la vida para la que fueron diseñados. Por este motivo el desmontaje, inspección y montaje del cojinete debe realizarse en un entorno tan limpio como sea posible.

Desmontaje/montaje ordenado: Se debe asegurar que el montaje de todas las piezas quede exactamente en la misma posición en la que fueron extraídas. Una herramienta útil para conseguir esta seguridad consiste en marcar las piezas. El motivo de esta precaución es que los cojinetes se

adaptan geométricamente a las condiciones de funcionamiento de la máquina y son muy sensibles a variaciones dimensionales pequeñas.

Debido a que los cojinetes tienen una vida útil limitada y en algún momento necesitan ser reemplazados. En una operación de mantenimiento, incluso cuando se produce el reemplazo del cojinete, es importante tener en cuenta que no solamente se debe realizar la sustitución. Otras tareas de inspección y reacondicionado son necesarias. Así, una operación de inspección y mantenimiento de cojinetes debe contar con, al menos, los siguientes pasos:

La limpieza del entorno es muy importante en la vida del cojinete porque en cada momento se debe asegurar la limpieza del entorno en el que se va a trabajar.

El desmontaje del conjunto del cojinete se debe realizar teniendo en cuenta la consideración de desmontaje ordenado, lo que quiere decir es que se debe tener cuidado de cómo se encuentran ensambladas las piezas, teniendo en cuenta su orden. Por esto se deben marcar las piezas según se van desmontando y colocarse sobre una superficie de forma lo más parecida posible a como estaban ensambladas.

La inspección del cojinete se debe proceder junto a la limpieza del cojinete. El personal a cargo de las actividades de mantenimiento debe conocer los tipos de fallo para poder identificar cualquier indicio de que se haya producido uno de los elementos.

La inspección del eje se debe llevar a cabo justo después de haber realizado limpieza, seguido se lleva a cabo la inspección en su superficie. Lo habitual en esta parte del mantenimiento es la búsqueda de marcas de desgaste provocado por algún tipo de disfuncionamiento, también se debe chequear su dimensión a lo largo de la longitud del mismo que queda dentro del cojinete. En este proceso de inspección el personal puede utilizar instrumentos de medida de precisión.

La inspección del alojamiento del cojinete. Se debe realizar en momentos cuando no se encuentre operando la máquina debido al desmontaje total del elemento de fricción, por tal motivo es fundamental que el eje y el alojamiento del cojinete coincidan al máximo en su geometría para evitar imperfecciones y desgastes acelerados, lo que implica que el mantenimiento sea más severo garantizando que se verificarán las dimensiones e inspeccionar posibles deformaciones.

Mantenimiento de rodamientos

Tipos de rodamiento

Actualmente existen diferentes tipos de rodamientos, los cuales permiten satisfacer multitud de necesidades en diseño de máquinas, claro está que cada una de ellas con unas características muy determinadas. Estos tipos pueden ser clasificados dentro de dos grandes grupos, y son los rodamientos radiales de bola y los axiales, a continuación, se mencionan características principales de ellos:

En la categoría de los rodamientos radiales figuran todos los rodamientos que están diseñados principalmente para soportar cargas de tipo radial, mencionando que existen algunos que pueden soportar además cargas axiales desde magnitudes mínimas hasta moderadamente elevadas. En función del tipo de elemento rodante, los rodamientos radiales se subdividen en tres categorías principales:

Rodamientos radiales de bolas. Pueden contar con una hilera de bolas (figura 9a) o varias hileras (figura 9b) de bolas y, dependiendo de la geometría de los diferentes elementos que componen al rodamiento, pueden soportar cargas axiales hasta un nivel intermedio. En esta categoría existen tres subtipos: los rodamientos rígidos de bolas, en la figura 9a y figura 9b, los rodamientos de bolas a rótula (figura 9c) y los rodamientos de bolas de contacto angular (mostrado en la figura 9d). También

existen rodamientos con contacto angular en un aro figura 9e que se emplean habitualmente cuando se requiere precisión en el movimiento.

Rodamientos radiales de rodillos: Estos rodamientos en ocasiones suelen contener una o varias hileras de rodillos, debido a que la superficie de contacto entre los elementos es mayor, generalmente pueden soportar cargas radiales mayores que los rodamientos radiales. Sin embargo, salvo casos especiales como son los rodamientos de rodillos cruzados, porque este tipo de rodamiento no está diseñado para soportar cargas axiales.

Rodamientos radiales cónicos: Estos rodamientos los elementos rodantes son rodillos cónicos, obsérvese en la figura 9j que están dispuestos para soportar cargas axiales muy considerables. Los de una hilera de rodillos están diseñados para ser colocados opuestos por parejas, pero también existen rodamientos cónicos de dos hileras que ejercen perfectamente su función de forma individual.

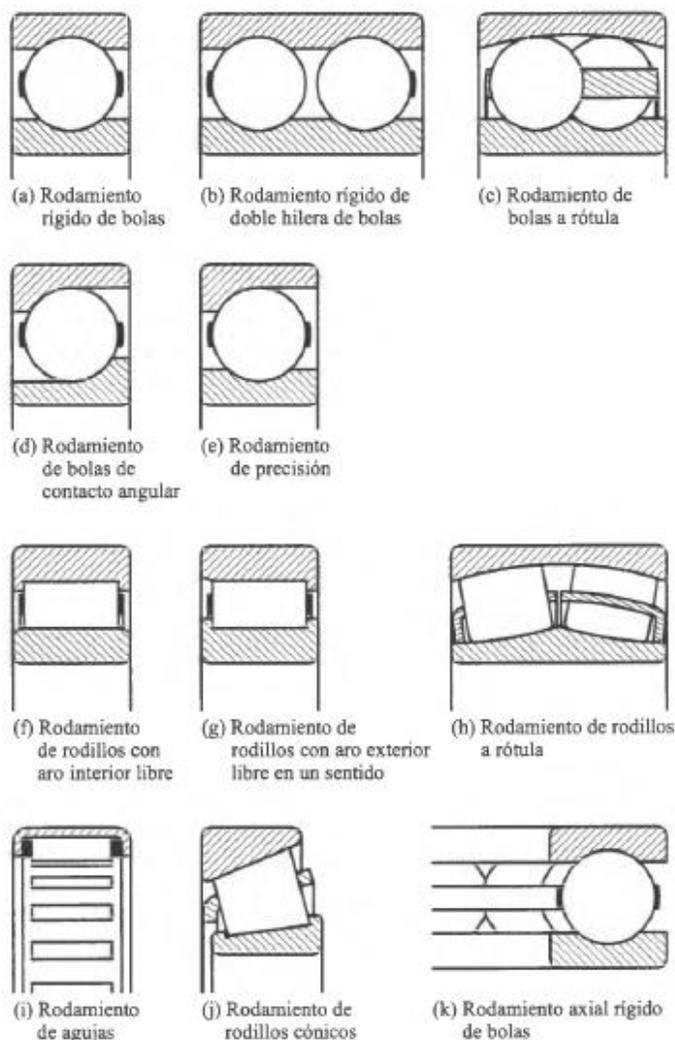


Figura 9. Sección diametral de los tipos de rodamientos más comunes

Fuente: Francisco.et all (2006, p. 118)

Los rodamientos axiales o de empuje: Son los rodamientos que se encuentran diseñados para soportar carga axial, aunque existen configuraciones en las que pueden soportar cargas radiales, como es el caso de los rodamientos axiales de rodillos a rótula. Los rodamientos axiales pueden contener bolas, como se puede ver en la figura 9k o rodillos cilíndricos y cónicos como elementos rodantes, dando lugar a una subclasificación similar a la de los rodamientos radiales.

Fallos en los rodamientos

Por lo general el fallo de un rodamiento siempre supone un daño físico en el material del mismo. Este daño puede ser provocado por numerosas causas analizadas a continuación, a menudo siempre tiene siempre un comienzo y se intensifica con el tiempo de funcionamiento, claro está que excepcionalmente puede incluso intensificarse cuando la máquina esté parada. El daño físico de un rodamiento suele estar asociado a la pérdida de material, a la rotura del mismo o a un cambio en su estructura química. Las diferentes modalidades de daño físico se clasifican en:

Desgaste: El desgaste es el resultado del rozamiento entre piezas del rodamiento, todo rodamiento sufre desgaste en la práctica incluso cuando el rodamiento funciona en condiciones óptimas. Pero si las condiciones no son óptimas o si el rodamiento no es el adecuado el desgaste se intensifica originado abrasión, ralladuras o muescas que deben siempre considerarse un síntoma de falta de calidad en el funcionamiento.

Estriado: El estriado es un desgaste normal en las superficies desgastadas, se presentan surcos más o menos rectilíneos, que pueden deberse a diferentes causas, la más importante es el paso de corriente eléctrica a través de las partes metálicas del rodamiento, dando origen a micro soldaduras que posteriormente producirán el estriado.

Aparición de grietas: Los rodamientos están sometidas a cargas que varían con frecuencias relativamente elevadas, La variabilidad de estas cargas da lugar al fenómeno de fallo por fatiga del material, que generalmente se manifiesta en la superficie de las piezas y es debido a las elevadas tensiones de contacto entre los elementos rodantes y los aros, necesarias para transmitir la carga que soporta el rodamiento.

Agrietamiento o rotura: muy a menudo es la consecuencia de un trato incorrecto, como golpes proporcionados al rodamiento. Esto significa que, si un rodamiento es tratado correctamente en todo momento especialmente durante su montaje, terminará fallando antes por otro motivo que por el agrietamiento hasta la rotura de uno de sus componentes.

Oxidación o corrosión: Se origina cuando líquidos nocivos para el acero, como agua o ácidos, llegan a contactar con el mismo. Este fallo suele, por tanto, estar asociado con defectos en la lubricación y en las obturaciones del rodamiento.

Cambios de color: Estos cambios siempre asociados a sobrecalentamientos localizados en el metal, llegando a temperaturas cercanas al punto de fusión. originando un cambio metalúrgico importante que reduce notablemente las capacidades mecánicas del material.

Causas de fallo

Debido a la diversa aplicación de los rodamientos en la industria las causas que pueden provocar un mal funcionamiento son casi infinitas y cada una de ellas puede manifestarse según múltiples síntomas. Por este motivo resulta fundamental conocer bien la relación entre causas y síntomas como única alternativa para determinar las que provocan el mal funcionamiento. Las causas más comunes de fallo se pueden agrupar en las siguientes categorías:

Defectos en la lubricación: Este tipo de defecto incluye todos los defectos en el funcionamiento sumados de una u otra forma de la existencia de defectos en la lubricación del rodamiento.

Defectos en las obturaciones: Se incluye las causas de mal funcionamiento relacionadas con las obturaciones.

Juego insuficiente: Diferentes causas pueden producir la existencia de un juego insuficiente en el interior del rodamiento, que acortará la vida útil.

Elementos incorrectos o deformados: Sucede cuando los elementos del rodamiento o los elementos externos al mismo que están directamente relacionados con él, como los soportes, resaltes, etc. están deformados, el funcionamiento del rodamiento no es adecuado.

Interferencia entre elementos: se hace énfasis a todas las situaciones en las que dos elementos con movimiento relativo, no preparados para ello, contactan directamente produciéndose fricción y desgaste.

Defectos externos al rodamiento: Suele suceder que algunos defectos en la máquina, que son extremos al rodamiento, tales como el desequilibrio o la desalineación, provocan el mal funcionamiento de este último.

Relación entre los síntomas y las causas

Cada causa de fallo de los rodamientos que soportan un eje tiene una relación directa sobre los síntomas. Conocer esta relación resulta fundamental para detectar la necesidad de cambio de un rodamiento o para corregir deficiencias en el funcionamiento de la máquina. En la tabla 7 se puede observar un cuadro sinóptico que relaciona causas con los síntomas descritos anteriormente, cuya correspondencia con los números de la tabla se describe a continuación.

Rodamiento sobrecalentado (1).

Rodamiento ruidoso (2).

Sustituciones frecuentes (3).

Vibración (4).

Funcionamiento poco satisfactorio de la máquina (5).

Rodamiento suelto en el eje (6).

El eje se resiste al giro (7).

El hecho de que en la tabla 7 se observe una densidad notable de marcas (♦) indica que la mayoría de las causas conlleva la aparición no de un único síntoma, sino de varios. Esta elevada interrelación puede dificultar la identificación de la causa exacta, por lo que esta tarea suele requerir experiencia, tomado de los autores (Francisco. Et all. 2006)

Tabla 7. Cuadro sinóptico de relaciones en fallo de rodamientos

	CAUSAS	SINTOMAS						
		1	2	3	4	5	6	7
Defectos en la lubricación	La grasa o el aceite no es el adecuado para las condiciones de funcionamiento.	♦	♦	♦				♦
	El lubricante es escaso: el nivel de aceite es bajo (pérdidas) o falta grasa.	♦	♦	♦				♦
	El lubricante es excesivo, lo que incrementa la fricción viscosa que genera calor.	♦						♦
Defectos en las obturaciones	En lubricación forzada, los conductos del lubricante están bloqueados y no se produce la circulación necesaria.	♦						
	Las obturaciones rozantes se han desgastado y no sellan bien la junta. Así, permiten la salida del lubricante y la entrada de suciedad al rodamiento.	♦	♦	♦	♦	♦		♦
	Las obturaciones rozantes se han desgastado y están permitiendo la entrada de agua, ácidos y otros agentes corrosivos.		♦	♦	♦	♦		♦
	Las obturaciones están muy apretadas o deformadas debido a la presión de elementos externos.	♦	♦	♦				♦
	Las obturaciones están rozando con otros elementos con los que no se mueven solidariamente (por ejemplo: rozamiento entre los dos lados del laberinto).	♦	♦	♦				♦
Juego insuficiente	El eje roza con las obturaciones. Puede darse cuando el rodamiento apoya directamente sobre un hombro del eje.	♦	♦	♦				♦
	El rodamiento tiene, una vez montado, un juego interno insuficiente. Esto puede deberse a numerosas causas: - Si la superficie de interferencia es cilíndrica, esto se debe a un defecto de diseño (poco corriente), mientras que si es cónica, esto se debe a un montaje incorrecto del rodamiento (calado axial excesivo). - Si el eje constituye una fuente externa de calor para el rodamiento, la dilatación excesiva del aro interior reduce el juego interno pudiendo llegar a anularlo completamente.	♦	♦	♦		♦		♦
	La dilatación imprevista del eje carga excesivamente los rodamientos. En los casos de dilatación importante se debe asegurar que uno de los rodamientos constituye un soporte axialmente móvil.	♦	♦	♦		♦		♦
	El orificio del alojamiento es de tamaño insuficiente.	♦	♦	♦		♦		♦

	CAUSAS	SINTOMAS						
		1	2	3	4	5	6	7
Elementos incorrectos o deformados	El orificio del alojamiento no es redondo y comprime el rodamiento. Puede deberse a una elección incorrecta del soporte (durante el diseño de la máquina), defectos de fabricación, rebabas, deformaciones debidas al funcionamiento de la máquina, depósito de suciedad, etc.	♦	♦	♦	♦	♦		♦
	El orificio del alojamiento se ha agrandado. Generalmente debido a la falta de dureza del material, el orificio ya no se ajusta bien al aro exterior del rodamiento y éste gira dentro del alojamiento.	♦	♦	♦	♦	♦		
	El diámetro del eje es demasiado pequeño (ajuste con poca presión) o el manguito no está suficientemente apretado.		♦	♦	♦	♦	♦	
	Parte plana en un elemento rodante debido a deslizamientos (probablemente causados por arranques demasiado rápidos).		♦		♦	♦		
	La deformación en el asiento del eje o del agujero del alojamiento provoca una distribución no uniforme de la carga.			♦	♦	♦		
	El eje y el aro interior están deformados o el alojamiento y el aro exterior están deformados.		♦	♦	♦	♦		♦
	El elemento rodante está mellado (marcado) debido a algún golpe (probablemente producido durante el montaje).		♦	♦	♦	♦		
Interferencia entre elementos	El rodamiento posee un juego nominal interno excesivo, lo que da lugar a vibraciones.	♦		♦	♦			
	Algún elemento fijo roza con algún elemento móvil. Un ejemplo común es el rozamiento que en ocasiones se produce entre las pestañas de la arandela de retención y la jaula del rodamiento.	♦	♦			♦		♦
Defectos externos al rodamiento	Los componentes móviles de la máquina interfieren con el soporte del rodamiento.		♦					
	Sobre el rodamiento incide una corriente de aire que produce pérdidas de lubricante, probablemente debido a un ventilador destinado a refrigerar otros componentes de la máquina.			♦				
	La carga externa está desequilibrada.	♦	♦	♦	♦	♦		
	Los soportes están desalineados de forma paralela o angular (la alineación es tanto más importante en ejes soportados por más de dos rodamientos).	♦		♦	♦	♦		♦
	Algunos elementos de la máquina están desequilibrados y producen vibraciones.		♦		♦	♦		
	Los resaltes del eje (hombros), del alojamiento, o de la tuerca de fijación están descuadrados respecto al asiento del rodamiento.			♦		♦		♦
Defectos externos al rodamiento	El rodamiento se ve sometido a vibraciones mientras la máquina está parada.	♦				♦		

Fuente: Francisco et al (2006, p. 154)

Inspección de rodamientos con la máquina parada

Limpieza del entorno. Lo primero que se debe hacer, antes de comenzar a desmontar la cubierta o cubiertas que permitirán el acceso a los rodamientos, es realizar una limpieza de las superficies externas. Lo que debe buscar el personal a cargo del mantenimiento es impedir que, cuando los rodamientos queden a la vista, pueda entrar polvo y partículas que contaminarán el lubricante y reducirán su vida útil.

Inspección de las obturaciones: Se debe prestar atención que, al momento de desmontar las obturaciones, debido a que éstas se dañan con facilidad y su buen estado resulta esencial para evitar la entrada de suciedad y contaminación al rodamiento. Debido a esto se debe proceder al desmontaje de las obturaciones, se deben realizar fuerzas moderadas para evitar su deformación. Una vez desmontadas, es conveniente inspeccionar detenidamente el estado de las mismas y sus asientos.

Inspección del lubricante. Se debe extraer un poco del lubricante para su examen. Una inspección sencilla debido a que consiste en frotar el lubricante entre los dedos para detectar la existencia de alguna impureza tacto similar a si el lubricante contuviese arenilla de grano fino. Otro método consiste en depositar una fina capa de lubricante en el dorso de la mano y examinarla cuidadosamente a la luz.

Sustitución del lubricante: Se debe extraer todo el aceite y después se recomienda introducir aceite nuevo con la misión de limpiar el rodamiento y toda la cavidad que ocupa. Si es posible, es recomendable dejar funcionar la máquina durante unos minutos a baja velocidad, con el fin de que el aceite pueda desprender toda la suciedad que quede en el alojamiento. Tras esto, se vacía completamente el aceite y se hace pasar por un filtro para eliminar todas las partículas de suciedad para luego volver a introducirlo como aceite definitivo.

Inspección de rodamientos con la máquina en marcha

Durante el funcionamiento de la máquina se puede prestar atención algunos detalles y así proceder a medir algunos de los parámetros de funcionamiento del rodamiento que permiten comparar la situación en ese instante con otras anteriores y, de esta forma, identificar una posible desviación de las condiciones óptimas de funcionamiento. Dentro de las operaciones de inspección y mantenimiento de rodamientos, las hay desde muy simples y sencillas hasta más complejas. Casi todas permiten detectar la gran mayoría de síntomas de fallo con anticipación suficiente como para programar la sustitución del rodamiento en caso de ser necesario. A continuación, se exponen las más importantes:

Escuchar: Es la forma más común para detectar deficiencias en el funcionamiento de cualquier máquina, en el caso de los rodamientos la operación de escuchar se potencia mediante el uso de un aparato amplificador o estetoscopio, un rodamiento funcionando en condiciones excelentes emite un zumbido suave y continuo. Cuando el rodamiento cruje, rechina o emite otros sonidos irregulares, suele ser señal de deficiencia en el funcionamiento. En la tabla 8 se muestran algunos sonidos típicos y sus causas más probables.

Tabla 8. Algunos sonidos y sus causas posibles en rodamientos defectuosos

Tipo de sonido	Causa posible
Chirridos	Lubricación inadecuada o suciedad en el interior
Sonido metálico	Juego interno insuficiente
Sonido de vibración. claro y suave	Indentaciones en las pistas de rodadura
Ruidos intermitentes	Daño en los elementos rodantes
Ruidos varios	Daño y arañazos en los aros (probablemente durante el montaje)

Fuente: Francisco.et all (2006, p. 157)

Tocar: Las temperaturas elevadas son un claro síntoma de que el rodamiento está funcionando mal. Es común y como regla general se puede considerar que un funcionamiento

prolongado a una temperatura superior a 125°C puede ser perjudicial para el rodamiento, acortando drásticamente la vida útil. Las causas más comunes del sobrecalentamiento de un rodamiento son el exceso o defecto de lubricación, seguido de la existencia de impurezas en el lubricante, las sobrecargas en el funcionamiento, la existencia de daños previos en el rodamiento, la falta de juego interno y el rozamiento con obturaciones y elementos externos al rodamiento.

Observar: Es otra técnica útil en la inspección de rodamientos, como por ejemplo una fuga de lubricante es señal de que los sellos y obturaciones del rodamiento son defectuosos o que la grasa se ha descompuesto, licuándose y soltando el aceite que contiene que se filtra a través de las obturaciones. Estas situaciones seguramente ocasionan fallas aceleradas al disminuir el nivel de lubricante en el rodamiento. Además, los defectos en las obturaciones pueden permitir la entrada de contaminantes que producirán abrasión y desgaste acelerados.

Lubricar: La relubricación es una tarea periódica que puede ser realizada mientras la máquina está en marcha, especialmente cuando el rodamiento está lubricado con grasa. Es muy conviene que se debe limpiar el engrasador y la zona que lo rodea para evitar la entrada de partículas de suciedad al interior. Cuando la lubricación es con aceite se debe verificar el nivel del mismo, asegurar que el orificio de aireación del nivel de aceite no está obstruido y comprobar visualmente (a través de los ojos de buey) el estado del lubricante.

Medir vibraciones: Aparte de las técnicas básicas de inspección descritas anteriormente existen otras mucho más precisas que permiten detectar un mal funcionamiento del rodamiento con una mayor anticipación. Estas técnicas están basadas en la medición de las vibraciones y se pueden realizar de forma continua o de forma periódica por medio de equipos portátiles que posteriormente transfieren la información a un computador, en donde se realiza un seguimiento de los resultados, permitiendo tomar decisiones que ayuden a detectar la anomalía.

2.2.3 Disponibilidad. En el campo del mantenimiento industrial el indicador de disponibilidad se define como la probabilidad de que un equipo esté funcionando, o sea, disponible para su uso durante un periodo de tiempo determinado, es decir la disponibilidad es una función que permite estimar de manera general el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. (Mora, A. 2009) la define como “La probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables”.

Importancia de la disponibilidad

Para el personal administrativo de las grandes empresas el concepto de la disponibilidad tiene mucha importancia en el cálculo de los factores de efectividad, al momento de evaluar la influencia de la disponibilidad de una máquina sobre la efectividad general de un sistema. En el campo de estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad se encuentran el tiempo probable entre fallas y el tiempo probable fuera de servicio, denotados como TPEF y TPFs, es posible para la gerencia poder evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad a través de:

Aumentos de los tiempos entre fallas.

Reducción de los tiempos fuera de servicio.

Tácticas combinatorias.

Tipos de disponibilidad

Disponibilidad genérica: Sirve para organizaciones que no predicen ni manejan la información de que se dispone sólo contempla los tiempos útiles y los de no funcionalidad (sin

especificar causa, ni razón, ni tipo). Es muy adecuada para inicializar pruebas piloto en las empresas. Utiliza parámetros UT y DT, donde UT es el tiempo útil e que el equipo funciona correctamente y DT es el tiempo no operativo.

Disponibilidad inherente o intrínseca: Es muy útil cuando se trata de controlar las actividades de mantenimientos no planeados (correctivos y/o modificativos). Sólo contempla su posible uso cuando los promedios de tiempos útiles son supremamente grandes frente a los DT y los tiempos de retraso o demora administrativos o físicos son mínimos o tienden a cero (al igual las otras tres disponibilidades que siguen: alcanzada, operacional y operacional generalizada). Sus parámetros son MTBF y MTTR, siendo MTBF el tiempo medio entre fallas y el MTTR hace referencia al tiempo medio de reparación. Sólo tiene en cuenta daños o fallas o pérdidas de funcionalidad, por razones propias del equipo y no exógenas a él.

Disponibilidad alcanzada: Es excelente cuando se busca controlar las tareas planeadas de mantenimiento (tareas proactivas: preventivas o predictivas) y las correctivas por separado; no le interesan los tiempos de espera (demora), ni los registra obligatoriamente. Es muy rigurosa en el manejo y la especificación de la información y de los datos, y requiere un manejo detallado y preciso.

Disponibilidad operacional: Es adecuada cuando se requiere vigilar de cerca los tiempos de demoras administrativas o de recursos físicos o humanos; trabaja con las actividades planeadas y no planeadas de mantenimiento, en forma conjunta. Es precisa, exigente y metódica para su predicción. Su implementación requiere mucho esfuerzo y exige bastantes recursos económicos.

Disponibilidad operacional generalizada: Básicamente se usa cuando se predice en equipos con mucho tiempo de operación en que funcionan mas no producen, algo así como trabajar en el vacío; por ejemplo, una turbina de generación a carga mínima, un compresor de aire al

mínimo, una bomba de agua en recirculación por no tener carga, un vehículo detenido y encendido, pero en neutro en su caja de cambios. Trabaja con los mismos parámetros de la operacional, sólo que los tiempos en que la máquina funciona, pero que no produce se les agregan a los tiempos útiles más cercanos en fecha, para de esta manera aumentar los tiempos útiles que si no se registrasen los del tiempo real.

Cálculo de la disponibilidad

Anteriormente en la industria el parámetro utilizado para evaluar la disponibilidad era el factor (FS) el cual se calculaba de la siguiente formula:

$$FS = \frac{\text{Horas de operación durante el mes}}{\text{Total de horas del mes}} \quad (1)$$

Sin embargo, en la mayoría de los casos el factor de servicio se sustituye por el índice de mantenimiento (IM) el cual se expresa en la siguiente formula:

$$IM = \frac{MC(1) + MP(1)}{8760} \quad (2)$$

Dónde

MC (1): Es el tiempo fuera de servicio para mantenimiento correctivo en un año.

MP (1): Es el tiempo fuera de servicio por motivo de mantenimiento preventivo e inspecciones en un año.

Este factor está calculado para los equipos que están trabajando 24 horas al día, y por lo tanto 8760 es el número de horas de operación al año, además esta fórmula de definir el factor de servicio presenta tres puntos débiles y son:

Puede medirse solo después del acontecimiento.

No está relacionado con la causa ya que su magnitud no indica si el problema se debe a muchas paradas, a una reparación prolongada, o una combinación de ambas.

Solo en pocas ocasiones tiene un valor estabilizado, por ejemplo, si ocurre una parada en un periodo de tres meses, dos meses pueden tener un factor de servicio igual a uno, mientras que en el tercer mes un factor muy bajo.

Por lo tanto, para evitar los puntos débiles mencionados anteriormente se ha diseñado un factor diferente al cual se llama disponibilidad y se calcula mediante la siguiente formula:

$$D = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}} = \frac{TPEF}{TPEF + TPFS} \quad (3)$$

Donde

TPEF: Tiempo promedio entre fallas (MTEF).

TPFS: Tiempo promedio fuera de servicio (MTFS).

La disponibilidad así calculada representa aquella función del tiempo total durante el cual el equipo es operable, o sea la razón que existe entre el tiempo de servicio y el tiempo total. En algunos casos suele llamarse como UTR, y en este caso la relación de tiempo fuera de servicio o indisponibilidad (DTR) se determina mediante la siguiente formula:

$$DTR = 1 - UTR \quad (4)$$

Este concepto se basa en una regla de probabilidades, la disponibilidad es la mejor cifra de mérito para la utilidad de un equipo. Es un índice cuantitativo y puede ser especificado en la etapa de diseño, y un valor específico de este indicador puede obtenerse variando MTEF y MTFS con una extensa gama de valores, por ejemplo, si se reacomodan los términos de la

ecuación de disponibilidad dividiéndose por TPEF, los términos resultan de la siguiente manera:

$$D = \frac{1}{1 + \frac{TPFS}{TPEF}} \quad (5)$$

2.3 Marco contextual

La ejecución de la presente investigación se llevará a cabo en la empresa Covensa Cúcuta Ltda. ubicada en el departamento de Norte de Santander en la localidad de Cúcuta, dedicada a la fabricación de productos de hornos de coque, registrada en cámara de comercio de Cúcuta con número de identificación tributaria 9002435395. La forma jurídica de Covensa es sociedad limitada, su domicilio central es en la vereda el paso de los ríos, corregimiento de San Faustino, y cuenta con número de atención al cliente 3223605194. La empresa cuenta con logo característico y representativo en la región, y se muestra en la figura 10 y en la figura 11 se ilustra una vista a la entrada de las instalaciones de Covensa Ltda.



Figura 10. Logo de Covensa Ltda.



Figura 11. Vista a las instalaciones de Covensa Ltda.

2.4 Marco legal

GTC-62

Guía técnica colombiana

Seguridad e funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento y terminología

En la actual investigación se empleará la guía técnica colombiana GTC-62, como su nombre lo indica es una guía alternativa enfocada a las diversas actividades relacionadas a la ingeniería de mantenimiento en las empresas, tanto comerciales e industriales, y puede ser utilizada por las universidades, colegios, institutos, personal profesional, personal técnico, científicos, estudiantes, industriales que realicen estudios, investigaciones o trabajo que involucren aplicaciones prácticas en las áreas de mantenimiento industrial. En la actual investigación se empleará la GTC-62 teniendo en cuenta las diferentes definiciones y terminologías con el objeto de especificar cada una de las acciones realizadas en las diversas actividades y procesos en el área de mantenimiento dentro de Covensa Ltda., cumpliendo con la norma dentro de los

parámetros que describen los eventos o temas al estudio teórico-práctico de la ciencia del mantenimiento industrial.

Decreto 948 de 1995

Reglamento de protección y control de la calidad del aire

El decreto 948 de 1995 abarca los lineamientos de la protección y control en la calidad del aire, con un alcance general y aplicable en todo el territorio nacional, mediante el cual se establecen normas y principios generales para la protección atmosférica, con el propósito de definir el marco de cada una de las acciones y los mecanismos administrativos de que disponen las autoridades ambientales para mejorar y preservar la calidad del aire, mitigar y disminuir en gran medida el deterioro del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud de las personas en el entorno y en los alrededores ocasionados por la emisión de contaminantes físicos y químicos al aire; a fin de mejorar y preservar la calidad de vida de la población y procurar su bienestar bajo el principio de desarrollo sostenible.

Norma Técnica Colombiana NTC 5613

Referencias bibliográficas. Contenido, forma y escritura

La norma técnica colombiana NTC-5613, es la encargada de estipular los enfoques principales de especificar cada uno de los elementos que se deben llevar cabo en la elaboración y ejecución de los trabajos de diversa índole, debido a que ofrece la oportunidad de poder estudiar, analizar, recuperar y evaluar cada una de las fuentes y orígenes de donde son citados los autores, referencias bibliográficas de las fuentes consultadas para llevar a cabo monografías, ensayos, informes, documentos, publicaciones, proyectos, capítulos de libros, artículos, normas técnicas jurídicas y legales, programas de televisión, patentes, documentos de archivo y comunicaciones.

La norma técnica colombiana 5613 facilita a los autores, estudiantes, profesores, investigadores, editores y cualquier tipo de usuarios en general, que reúnan citas y referencias para bibliografías, introduciendo citas a los textos correspondientes en las investigaciones y/o trabajos, haciendo énfasis también en que es posible emplearlas en las referencias del material publicado, tanto en forma impresa como no impresa. En el presente proyecto en Covensa Ltda. se aplicará lo establecido en la norma como guía a la investigadora, con la finalidad de poder brindar las correspondientes presentaciones de la información a cada uno de los elementos de estudio en la investigación.

2.5 Glosario de términos

Avería, modo de: uno de los estados posibles de un elemento averiado para una función específica.

Calidad: la calidad del producto se verá seriamente afectada, ya que el desgaste progresivo de los equipos ocasionará una caída de esta, lo cual dará como resultado un aumento en la calidad de "segundas" al final del proceso, tomado de (Manual de mantenimiento 1991).

Ciclo de vida: la GTC 62 lo establece como el tiempo durante el cual una entidad conserva su capacidad de utilización. El periodo abarca desde su puesta en marcha hasta, que es sustituido, o es objeto de restauración o reparación.

Corrosión: Simplemente un proceso a través del cual un material metálico se deteriora, como resultado de interactuar con el medio que lo rodea. Tomado del autor (Vásquez, M. 2018).

Disponibilidad: La GTC 62 la define como la capacidad de una entidad para desarrollar su función en un determinado momento, o durante un determinado período de tiempo, en condiciones y rendimiento definidos. Puede expresarse como la probabilidad de que un elemento pueda encontrarse disponible para su utilización en un determinado momento o

durante un determinado período de tiempo. La disponibilidad de una entidad no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.

Falla: Es un evento no previsible, inherente a los sistemas productivos que impiden que estos cumplan función bajo condiciones establecidas o que no las cumpla. Tomado de la norma Covenin 3049-93.

Fallo por desgaste: Fallo cuya probabilidad de aparición se incrementa con el tiempo de operación o con el número de operaciones del elemento o con las tensiones aplicadas. Tomado de la norma UNE-13306.

Fallo por envejecimiento: La norma UNE-13306 lo define como el fallo cuya probabilidad de aparición se incrementa con el paso del tiempo. Este tiempo es independiente del tiempo de operación del elemento.

Inventario: casi podría afirmarse que el repuesto requerido para solucionar una falla no se encuentra en ese momento en el almacén, por no existir la información de la clase y cantidad de repuestos necesarios. La consecución de estos elementos exteriormente hace que la demora sea mayor y se incrementen los costos. Esta información, al igual que en el caso anterior, se hubiera podido obtener mediante continuas revisiones preventivas, tomado de (Manual de mantenimiento 1991).

Maquinaria: una pequeña deficiencia que no se manifieste, puede con el tiempo hacer fallar otras partes del mismo equipo, convirtiéndose así, un arreglo pequeño en una reparación mayor que incrementa los costos debido al aumento y el tiempo de parada del equipo. Esto se podría haber evitado efectuando a tiempo el cambio del elemento, daño que hubiera sido detectado durante una revisión preventiva. Tomado de (Manual de mantenimiento 1991).

Mejora: la GTC 62 la define como la alteración efectuada a una entidad de la que se obtiene un perfeccionamiento en su función.

Parada no programada: parada debida a una interrupción no prevista de una operación de una entidad, tomado de la GTC 62, página 11.

Parada programada: parada debida a una interrupción prevista de operación de una entidad, tomado de la GTC 62, página 12.

Plan de mantenimiento: Conjunto estructurado de tareas que comprende las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para ejecutar el mantenimiento, tomado de la norma UNE-13306.

Repuesto. La norma UNE-13306 lo define como el elemento destinado a reemplazar un elemento análogo, con el fin de restablecer la función requerida original del elemento.

Seguridad: la seguridad se verá afectada si la falla coincide con un evento inaplazable en la producción y se obliga a los equipos a trabajar en condiciones de riesgo tanto para el personal, como para la maquinaria, tomado de (Manual de mantenimiento 1991).

Abrasión: La abrasión es la acción mecánica de rozamiento de dos superficies la una contra la otra que ocasiona la erosión y desgaste (ruptura de partículas) de una o de ambas superficies.

3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

La presente investigación sistematización de conocimiento tienen un tipo de investigación explicativa, debido a que es la investigación que más se ajustó a las condiciones de estudio de la presente investigación. Donde “Su objetivo, por lo tanto, es conocer por qué suceden ciertos hechos, analizando las relaciones causales existentes o, al menos, las condiciones en que ellos se producen”. (Sabino, C. 1992), así mismo permite indagar la causa raíz de un fenómeno y dar una posible solución al mismo.

El enfoque que se seleccionó para esta investigación es cualitativo, con complemento cuantitativo, debido a que, aunque la mayoría del proyecto se enmarca en el primer ámbito, resulta necesario complementar la información con el ámbito cuantitativo. El enfoque cualitativo es el que “debe hablar de entendimiento en profundidad en lugar de exactitud: se trata de obtener un entendimiento lo más profundo posible” (Mendoza, 2006), este permite indagar sobre las máquinas del área de producción y todas las cualidades de su funcionamiento. El enfoque cuantitativo “es aquel que permite examinar los datos de manera numérico” (Mendoza, 2006).

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población. El concepto de población es definido por Toledo (2017) como “El conjunto de todos los posibles individuos, objetos o medidas de interés”, en el presente proyecto la población está conformada por todas las máquinas industriales de la empresa Covensa Ltda.

3.2.2 Muestra. La muestra es definida por Toledo (2017) como "La porción o parte de la población de interés", en el transcurso del presente proyecto de investigación la muestra son las máquinas y elementos que hacen parte del área de producción de la empresa, las cuales son: la criba vibratoria, cargador frontal, equipo de soldadura, taladro de columna, pulidora, esmeril, planta eléctrica y el sistema eléctrico de la planta de producción. lo que quiere decir que la población y la muestra no son el mismo objeto de estudio para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo y las acciones de mantenimiento preventivo.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información

3.3.1 Técnicas. Se plantea como objetivo general establecer un plan de mantenimiento preventivo a las máquinas del área de producción de la empresa Covensa Ltda. Para el cumplimiento del mismo, se busca desarrollar cuatro objetivos específicos y las técnicas de recolección de información para cada uno de estos son los siguientes:

Identificación de las falencias que estén afectando el buen funcionamiento de las máquinas. Se realizará un primer acercamiento a las máquinas y se llenará la ficha de características para identificar cada parte de las mismas, en qué estado se encuentran, en qué parte se encuentra ubicada, entre otras características. Se aplicará una encuesta a los operarios de las máquinas para poder identificar los principales problemas que están afectando el trabajo diario del área de producción y así identificar las posibles causas de dichas falencias con la finalidad de mitigar los tiempos de reparación en cada uno de los equipos.

Determinar la disponibilidad actual de las máquinas del área de producción de la empresa. En este objetivo se busca conocer este indicador para ser más específico con el tiempo de operación real de cada uno de los equipos.

Acciones de mantenimiento preventivo para las máquinas. En este objetivo se realizarán los formatos del plan de mantenimiento preventivo de las máquinas del área de producción, adaptados a las necesidades y requerimientos arrojados en los objetivos anteriores.

Socializar el plan de mantenimiento preventivo a la empresa, se realizará de manera virtual con los miembros de la empresa con el objetivo de explicar cómo llenar las fichas del plan de mantenimiento preventivo.

3.3.2 Instrumentos

Ficha de observación

Observación



Figura 12. Ficha de observación.

4. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el área de producción de la planta C1 Covensa Ltda ubicada en la vereda paso de los ríos en el corregimiento San Faustino Cúcuta Norte De Santander

Dentro de las instalaciones de Covensa Ltda. se encuentran diferentes áreas, las cuales son fundamentales para la optimización de cada uno de los procesos internos que maneja la administración, las áreas internas que intervienen en el proceso de manufactura del carbón coque dentro de Covensa se muestran en la figura 13.

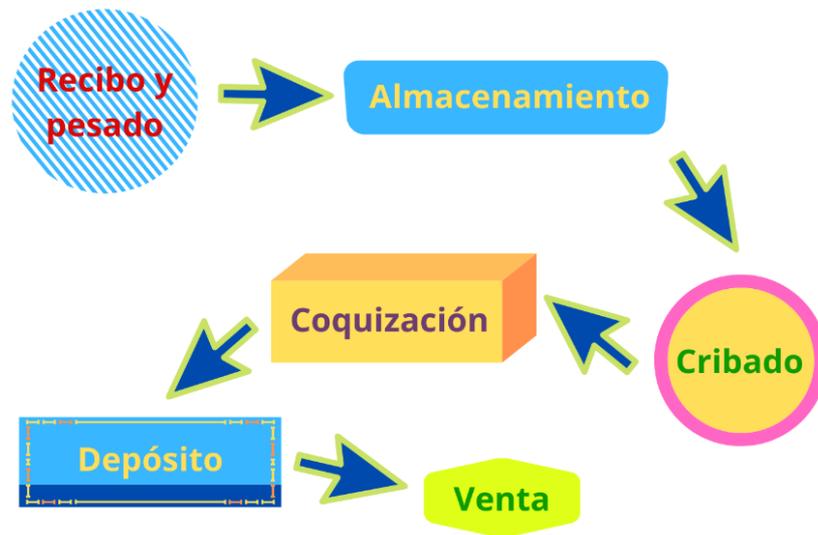


Figura 13. Áreas de producción Covensa Ltda.

Recibo y pesado

En esta área se recibe el coque de las diferentes minas de la región en camiones tipo volqueta, lo primero que se hace es verificar el tipo del mineral de acuerdo al tamaño del grano, tipo y estado. Para después proceder a realizar el pesaje en la báscula. También se realiza pesaje de los vehículos de carga tipo tractocamión que son cargados al interior de las instalaciones para su posterior guía de salida y carga. A continuación, en la figura 14 se ilustra la oficina de recibo y pesado de la empresa Covensa Ltda.



Figura 14. Oficina de recibo y pesado.

Almacenamiento

Se cuenta con un espacio dentro de las instalaciones el cual sirve de almacenamiento del mineral que es recibido por los camiones tipo volqueta, la manera de almacenamiento consiste en lotes clasificados según el tipo y tamaño del grano, para después ser utilizado y procesado según los demande la administración. A continuación, en la figura 15 se muestra el mineral en la zona de almacenamiento.



Figura 15. Almacenamiento del mineral.

Cribado

Covensa Ltda somete el mineral a procesos de cribado por medio de una criba vibratoria, máquina que a su vez cuenta con cuatro zarandas móviles, la finalidad de la criba vibratoria es la clasificación del carbón mineral de acuerdo a los diferentes tipos de tamaño de grano seleccionados por la administración, así como de la acumulación del mineral en diferentes partes del área de cribado para su posterior almacenamiento y proceso de coquización.

Para comprender de la mejor manera el proceso de cribado se tomó la definición del (Glosario minero. 2003) “Es una operación de clasificación que permite hacer una separación por tamaños de un mineral mediante una criba, la cual deja pasar los granos de dimensiones inferiores a su abertura, mientras los granos de dimensiones superiores son retenidos a su abertura, mientras los granos de dimensiones superiores son retenidos y evacuados separadamente”. A continuación, en la figura 16. Se muestra la criba vibratoria de Covensa Ltda.



Figura 16. Criba vibratoria.

Coquización

Covensa Ltda para realizar procesos de coquización al mineral consta de 52 hornos con una chimenea el cual le permite suplir la demanda de carbón mineral estipulada en su proceso de manufactura el mineral. Para comprender el proceso coquización se toma la definición de los autores (Rodríguez y Dimate. 2012) quienes lo define como “Proceso que consiste en calentar el mineral a altas temperaturas para eliminar los gases, la humedad y el material volátil, con el fin de dejar únicamente el material combustible que concentre el poder calorífico máximo”.

Cabe mencionar que personal interno de la empresa realiza constantes pruebas de laboratorio al mineral para poder determinar las propiedades físicas y químicas para mantener los estándares nacionales requeridos por las autoridades. A continuación, en la figura 17 se ilustran los hornos de coquización de Covensa Ltda.



Figura 17. Hornos de coquización.

Depósito

Una vez el carbón termina el proceso de coquizado dentro de los hornos de la empresa el operador de hornos proceder a retirar la capa de ladrillo y arcilla en la compuerta de carga del horno y una vez reposado el mineral se procede a retirarlo para su posterior almacenamiento por medio de un cargador frontal, la fase de depósito consiste en la clasificación de acuerdo al tipo de carbón y tamaño, el mineral es almacenado en pilas a cielo abierto en el área de depósito, a continuación en la figura 18 se muestra un depósito del mineral coquizado.



Figura 18. Depósito del mineral coquizado.

Covensa Ltda es una empresa líder en el departamento de Norte de Santander en la venta de carbón térmico, carbón coquizable y coque, cuenta con más de dos décadas de funcionamiento lo que garantiza una excelente experiencia en la venta del mineral de excelente calidad a nivel nacional e internacional.

Los productos ofrecidos por Covensa Ltda son el carbón térmico, carbón coquizable y el coque, los cuales son mencionados detalladamente a continuación mediante su ficha técnica correspondiente, seguido del proceso al cual es sometido al momento de ingresar a las instalaciones de Covensa Ltda.



El **carbón térmico** se caracteriza por tener un alto poder calorífico y un bajo porcentaje de azufre. A su vez, presenta un bajo contenido de fósforo.

Ficha técnica

Parámetro	Unidad	Garantizado	Análisis
Humedad	%	8 Máx.	ASTM D3302-07
Análisis próximos (Base seca)			
Ceniza	%	9 Máx.	ASTM D3174-04
Materia volátil	%	42 Máx.	ASTM D3175-07
Carbono fijo	%	48 Min.	ASTM D3172-07a
Análisis químico (Base como se recibe)			
BTU-AR	%	12.400 Máx.	ASTM D5865-11A
Azufre	%	0.8 Máx.	ASTM D4239-12 Meth.
FSI	%	4.0 Máx.	
Granulometría			
+ 45	%	88	

Figura 19. Ficha técnica carbón térmico.

Carbón térmico

El proceso que se realiza al carbón térmico dentro de las instalaciones de Covensa Ltda inicia con el carbón mineral que es extraído de las minas de carbón de las diferentes zonas de la región, al momento de recibir carga del mineral en los camiones tipo volqueta se procede a la inspección de la carga, teniendo en cuenta el tamaño y el tipo de carbón para seguir con el proceso de recibo y pesado del carbón. Una vez culminado el proceso de recibo se procede al acopio del mineral en un lugar determinado de la empresa teniendo en cuenta las especificaciones de carga, el acopio consiste en almacenar pilas del mineral para más adelante proceder a los diferentes procesos de manufactura al mineral.

Para el caso del carbón térmico se procede al cargue del mineral por medio de un cargador frontal el cual por medio de la pala recolectora deposita el mineral en la tolva de carga del molino, donde se muele el mineral en trozos moderados, una vez terminado el proceso de molido por medio de bandas transportadoras el carbón ya estando en trozos moderados ingresa a la máquina de cribado en donde se separa en diferentes trozos dependiendo del tamaño del grano. Al final del proceso de cribado el carbón térmico es llevado por el cargador frontal al área de almacenamiento donde personal interno de la empresa en fechas previamente establecidas realiza pruebas de calidad al carbón térmico. El último proceso del carbón es el despacho o venta, donde por medio de una banda transportadora movible se cargan las tractomulas con el carbón, las cargas suelen estar entre treinta a treinta tres toneladas. A continuación, en la figura 20 se ilustra el proceso del carbón térmico realizado en Covensa Ltda.



Figura 20. Proceso del carbón térmico.

Carbón coquizable

El proceso del carbón coquizable inicia con la extracción del mineral de las diferentes minas de la región, a las instalaciones de Covensa Ltda. el mineral ingresa por medio de camiones tipo volqueta el cual ingresan y son llevados al área de recibo y pesado donde se pesa la carga, se le realiza una inspección visual del mineral para determinar algunas características y se procede a entregar ficha de recibo. Luego la carga es depositada en el lugar de acopio donde se le realizan pruebas de calidad, después por medio del cargador frontal es mineral es llevado a la tolva de descarga de la máquina de molido de carbón donde se muelen tamaños más pequeños establecidos y después procede a la criba vibratoria donde el carbón es cribado y por medio de cuatro bandas transportadoras son depositados en diferentes lugares, claro está que es almacenado en secciones diferentes de acuerdo al tamaño de grano. En algunas ocasiones dependiendo de la demanda del carbón una vez se termina de cribar, con la ayuda del cargador frontal es llevado a los hornos, cuando la demanda del mineral es baja una vez terminado de cribar se lleva al lugar de acopio. Los hornos de coquización se transforma el mineral por medio de la acción sostenida de calor, iniciando el proceso aproximadamente a unos 105 grados centígrados. Básicamente en el proceso interno de los hornos se busca la eliminación de sulfuros y compuestos de azufre mediante la oxidación. Una vez concluido el proceso de coquización el mineral es retirado del interior de los hornos por medio de palas manuales con mango alargado y al haber reunido suficiente cantidad por medio del cargador frontal es llevado al área de almacenamiento, donde se le realizan las últimas pruebas de calidad para su posterior venta. A continuación, en la figura 21 se muestra la ficha técnica del carbón coquizable.



Los **carbones coquizables** son altos volátiles y algunos medios volátiles, debido a su bajo contenido de fósforo y su capacidad de formación de coques reactivos son aptos para la industria metalúrgica y de ferroaleación.

Ficha técnica

Parámetro	Unidad	Garantizado	Análisis
Humedad	%	7.0	ASTM D3302-07
Análisis próximos (Base seca)			
Ceniza	%	7.0 Máx.	ASTM D3174-04
Materia volátil	%	32 - 35	ASTM D3175-07
Carbono fijo	%	58 Min.	ASTM D32172
Análisis químico (Base como se recibe)			
BTU-AR	%	12.800	ASTM D2795-95
Azufre	%	0.8 Máx.	ASTM D4239-08°
FSI	%	7.5 Máx.	ASTM D720-91
Fosforo	%	0.004	

Figura 21. Ficha técnica carbón coquizable.

A continuación, en la siguiente figura se muestra el proceso del carbón coquizable dentro de las instalaciones de Covensa Ltda.



Figura 22. Proceso del carbón coquizable.

Coque

Para el coque el proceso de inicio es el mismo, el mineral llega del interior de las minas y cuando ingresa a las instalaciones de Covensa Ltda. es llevado al área de recibo y pesado donde con la ayuda de la báscula se pesa el total de la carga dentro de cada volcadero, al momento de ser clasificado como mineral para coque es llevado a un espacio de almacenamiento donde se le realizan inspecciones y pruebas de control de calidad, una vez es aprobado el mineral se lleva a la cámara de pre mezcla donde se mezcla con otros minerales previamente establecidos y de allí se lleva al área de molienda, donde con unos rodillos industriales se le realiza la molienda a los carbones.

El siguiente paso después de la molienda es al interior de los hornos de coquización donde es sometido a altas temperaturas para eliminar sulfuros y compuestos al carbón.

El proceso después de coquización es al área de trituración donde básicamente se busca disminuir el carbón en trozos más pequeños y después por medio de bandas transportadoras es llevado a la máquina de cribado el cual separa el carbón de acuerdo a los diferentes tamaños. Y por último se lleva al área de almacenamiento donde se le hacen inspecciones visuales al coque y en ocasiones previamente establecidas se les realizan controles de calidad para su posterior despacho o venta. A continuación, en la figura 23 se muestra la ficha técnica de coque, seguido del proceso del coque en la figura 24.



El **coque** contiene pocas impurezas y un alto contenido de carbono. Es el material carbonoso sólido derivado de la destilación destructiva de carbón bituminoso de bajo contenido de cenizas y bajo contenido de azufre.

Ficha técnica

Parámetro	Unidad	Garantizado	Análisis
Humedad	%	8.0	ASTM D3302-07
Análisis próximos (Base seca)			
Ceniza	%	12.0 Máx.	ASTM D3174-04
Materia volátil	%	1.7 Máx.	ASTM D3175-07
Carbono fijo	%	86 Min.	ASTM D32172
Análisis químico (Base como se recibe)			
Azufre	%	0.75 Máx.	ASTM D4239-08° meth. B
Fosforo	%	0.005	ASTM D2795-95

Figura 23. Ficha técnica coque.



Figura 24. Esquema del proceso del coque.

4.1 Identificación de las falencias y causas que estén afectando el buen funcionamiento de las maquinas del área de producción de la empresa

Diariamente Covensa Ltda. necesita de un conglomerado de máquinas y equipos ubicados en las diferentes áreas que hay dentro de sus instalaciones para poder cumplir con las ventas establecidas por la administración, por tal motivo es importante que las máquinas se encuentren funcionando óptimamente en cada turno laboral. Dado a que la empresa cuenta con más de diez años trabajando hace que las máquinas sufran deterioro lo cual repercute en la baja eficiencia de cada uno de los componentes internos, por tal motivo en la actualidad hace que se estén presentando continuamente averías mecánicas, eléctricas, hidráulicas y por deterioro, lo cual hace que la cantidad de mineral tratado dentro de la empresa sea baja y esto por consiguiente repercute en costos y gastos. Debido a esta situación surgió la necesidad de diseñar un plan de mantenimiento preventivo para el área de producción de la planta C1 Covensa, con la finalidad

de mitigar las paradas de las máquinas debido a la averías mecánicas, eléctricas, hidráulicas y por consiguiente disminuir el número de actividades correctivas y así poder establecer las actividades preventivas lo que al final garantiza el aumento en la disponibilidad de cada una de las máquinas y equipos de la planta C1.

Para poder dar cumplimiento al objetivo planteado en el presente capítulo se establecieron una serie de etapas y son las siguientes:

Conocimiento de las máquinas de la planta C1.

Inventario y codificación de las máquinas y equipos de la planta C1.

Identificación de las falencias y causas que estén afectando el buen funcionamiento de las máquinas de la planta C1.

Conocimiento de las máquinas de la planta C1

En esta parte del proyecto se tomó como guía lo recopilado en las fichas de observación, las cuales se encuentran en el anexo 1. Las fichas de observación consistieron en la recopilación de lo observado en cada una de las visitas realizadas a la empresa, teniendo en cuenta características y rasgos importantes en las máquinas y en el lugar de estudio. Para facilitar el proceso de recolección de la información en las visitas a las instalaciones de Covensa Ltda. se tomó como guía el proceso llevado a cabo en la primera ficha de observación de la autora (Menchú. 2017) quien afirma que “Sirve para las anotaciones que hace el director del establecimiento en la primera visita que le realiza al docente en el aula, con respecto a los procesos técnicos pedagógicos, anotando acuerdos de mejora que se realice entre docente y director para mejorar su práctica pedagógica”. El anterior proceso llevado por la autora se tomó como guía lo cual fue ajustado a las necesidades del presente proyecto teniendo en cuenta las condiciones de trabajo en el campo y a la finalidad del presente capítulo, para lo cual se estableció de la siguiente manera: Las fichas de observación se llevaron a cabo mediante

anotaciones que hizo la ejecutora del proyecto a las instalaciones de la empresa Covensa Ltda., con respecto al rol que desempeñan cada una de las máquinas de la planta C1, anotando los rasgos importantes y características únicas en el funcionamiento de los equipos, con la finalidad de detectar las falencias y causas que estén afectando el buen funcionamiento de las máquinas de la planta C1.

Dentro de los resultados obtenidos de las visitas establecidas a las instalaciones de Covensa Ltda. se identificaron siete áreas de trabajo en donde se encuentran distribuidas cada una de las máquinas y equipos de trabajo, las áreas de trabajo son:

Bascula.

Criba vibratoria.

Cargador frontal.

Central eléctrica.

Sistema eléctrico.

Hornos de coquización.

Bandas transportadoras.

Los resultados de las visitas se encuentran en el anexo 1 mientras que la información recopilada que sirvió como base para la identificación de cada una de las máquinas que son objeto de estudio para poder establecer el plan de mantenimiento se muestran en la siguiente tabla, donde se exponen las máquinas, ubicación, estado y la finalidad de cada una de las máquinas o áreas que hacen parte de la planta C1 de Covensa Ltda.

Tabla 9. Resultados visitas Planta C1

Máquina	Ubicación	Estado	Finalidad
Báscula	Área de pesado y recibo	Funcionando diariamente	Recibir y tomar control del peso general del camión para posteriormente entregar el peso total de la carga de mineral recibido por cada camión tipo volqueta
Criba vibratoria	La criba vibratoria se encuentra ubicada en la parte central de las instalaciones justo a un costado derecho del área de acopio y al costado izquierdo se encuentra los hornos del área de coquización	Se encuentra funcionando actualmente, sin embargo presenta inconvenientes con algunos elementos de funcionamiento o como son: rodamientos, resortes, protectores laterales y en algunos mecanismos de transmisión de potencia	El propósito de la criba vibratoria es recibir el mineral de las volquetas por la tolva de carga para dirigirlo a la molienda, donde se muele, tritura en trozos más pequeños para posteriormente llevarlo a proceso de cribado y es en esta parte donde se criba y por medio de zarandas se separa en trozos establecidos y por medio de las bandas transportadoras es llevado al lugar de almacenamiento

Máquina	Ubicación	Estado	Finalidad
<p>Central eléctrica</p>	<p>Máquina de tipo fijo y se encuentra ubicada en la parte izquierda de la planta C1, cuenta con su área demarcada, señalizada y con malla de protección y aislamiento de seguridad</p>	<p>Encendida y lista para funcionar en caso de emergencia</p>	<p>Permite el suministro de electricidad en la Covensa, como en las oficinas administrativas, recibo, pesado, maquinas de molienda, cribado, bandas transportadoras, despacho y alumbrado general de las instalaciones de la empresa</p>
<p>Sistema eléctrico</p>	<p>Se encuentra ubicado en una caseta junto a un costado de la central eléctrica de la empresa y del transformador que ajusta la tensión de la corriente eléctrica de la empresa de alumbrado público</p>	<p>Funcionando diariamente</p>	<p>Se encarga de suministrar la electricidad a cada una de las áreas, máquinas y equipos de las instalaciones de Covensa Ltda</p>

Máquina	Ubicación	Estado	Finalidad
Hornos de coquización	<p>Actualmente Covensa Ltda. cuenta con tres baterías: dos con 17 hornos y una con 18 hornos, se encuentran ubicados en la parte central de las instalaciones de Covensa y a esta área se le conoce como "Área de coquización"</p>	<p>De los 52 hornos, actualmente 49 se encuentran operando, mientras que 3 hornos se encuentran fuera de servicio</p>	<p>La finalidad de los hornos de coquización es llevar a cabo el proceso de transformación de la materia prima, en este caso la transformación de carbón mineral a coque por medio del flujo de calor continuo, eliminando del mineral los sulfuros y compuestos de azufre mediante la oxidación.</p>
Bandas transportadoras móviles	<p>Área de cribado, molienda y carga (despacho)</p>	<p>Funcionando diariamente</p>	<p>Recibir el mineral del proceso de molienda o cribado, para ser depositado en algún lugar específico del área, así como también en ocasiones son llevadas al área de despacho para ayudar con el cargue de mineral al interior de las carrocerías de las tracto mulas</p>

Máquina	Ubicación	Estado	Finalidad
Cargador frontal	Máquina de tipo móvil, se encuentra en las áreas de acopio, almacenamiento, hornos, molienda, cribado y despacho	Funcionando diariamente	Cumple diferentes funciones en las instalaciones, como son: por depositar mineral al interior de la tolva de carga de la criba vibratoria, recibir el carbón que salió del proceso de cribado para llevarlo al área de almacenamiento, llevar mineral hasta los hornos de coquización para que los operadores de hornos lo preparen al interior de cada horno, recoger el mineral coquizado y llevarlo al área de acopio y en algunas ocasiones cargar el carbón que ha sido vendido al interior de las carrocerías de las tracto mulas

Inventario y codificación de las máquinas y equipos de la planta C1

Para poder establecer más adelante el plan de mantenimiento se debió conocer cuáles son las máquinas que son objeto de estudio, para ello se realizó un inventario y codificación de la planta C1 de Covensa. Los autores (Leal y Zambrano. 2006) definen el inventario como “Aquella lista de todos los equipos, máquinas, edificaciones e instalaciones susceptibles a

acciones de mantenimiento”. Una vez conocido las áreas que son sometidas a inventario se procedió a establecer una codificación a las máquinas que son cobijados al plan de mantenimiento, el autor (Mantilla 2222) expresa que el propósito de la codificación alfanumérica es “que haya una identificación precisa y unívoca de cada uno de ellos” además el asunto de la codificación es de carácter propio de cada empresa y para el plan de mantenimiento a la planta C1 se estableció una codificación alfanumérica. Las ventajas de emplear una codificación alfanumérica a la planta C1 es que permite tener una relación con los diferentes sistemas de inventariado de las diferentes áreas de la empresa, es corto, sencillo, de fácil desglose y facilita la identificación rápida de las máquinas. A continuación, en la tabla 10 se muestra el sistema de codificación alfanumérica empleado en la planta C1.

Tabla 10. Sistema de codificación alfanumérica.



Formato: FMANCOV0111
 Versión: VERFMAN0101
 Fecha: 12/12/2021
 Página: 1 DE 1

Sistema de codificación

N°	Máquina	Código	Estado	Ubicación
01	Báscula	MACORE0111	Operativa	Recibo y pesado
02	Criba vibratoria	MACOCR0112	Operativa	Cribado
03	Sistema eléctrico	MACOAE0113	Operativa	Área eléctrica
04	Central eléctrica	MACOAE0114	Operativa	Caseta eléctrica
05	Banda movil N°1	MACOMO0115	Operativa	Molienda
06	Cargador frontal	MACOEM0116	Operativa	Equipo movil
07	Hornos coqui/ón	MACOCO0110	Operativa	Coquización
08	Banda movil N°2	MACOMO0117	Operativa	Molienda

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: _____ Fecha: _____

Identificación de las falencias y causas que estén afectando el buen funcionamiento de las máquinas de la planta C1

Si bien las fichas de observación sirvieron para conocer las instalaciones de la empresa Covensa, así como las áreas, procesos involucrados en los diferentes procesos y cada una de las máquinas de la planta C1, las fichas de observación permitieron conocer las diferentes paradas en las máquinas en los diferentes turnos de trabajo. Haciendo énfasis en cada una de las paradas de las máquinas se realizó un estudio detallado con el propósito de conocer el origen de las fallas ocurridas y es en esta parte donde se hizo uso de la herramienta de calidad diagrama de Ishikawa el cual es “Una técnica usada para identificar las posibles causas de un problema central, usado también para mejorar procesos y recursos en una organización (Coletti et al., 2010). Esta herramienta permitió examinar detalladamente los factores que intervinieron en las paradas de los equipos cuando ocurrieron fallas mecánicas, eléctricas, hidráulicas o de deterioro. Al momento de implementar el diagrama de Ishikawa en las máquinas de la planta C1 se establecieron seis categorías que intervinieron en las diferentes paradas de las máquinas, las cuales fueron: métodos, repuestos, medio ambiente, mano de obra, maquinaria, mediciones.

Cabe mencionar que a cada una de las cuatro categorías mencionadas anteriormente se le adicionaron una serie de subcategorías, las cuales representan las posibles causas que llevaron a cabo las diferentes fallas a las máquinas de la planta C1. A continuación, en la figura 25 se muestra el diagrama de causa y efecto.

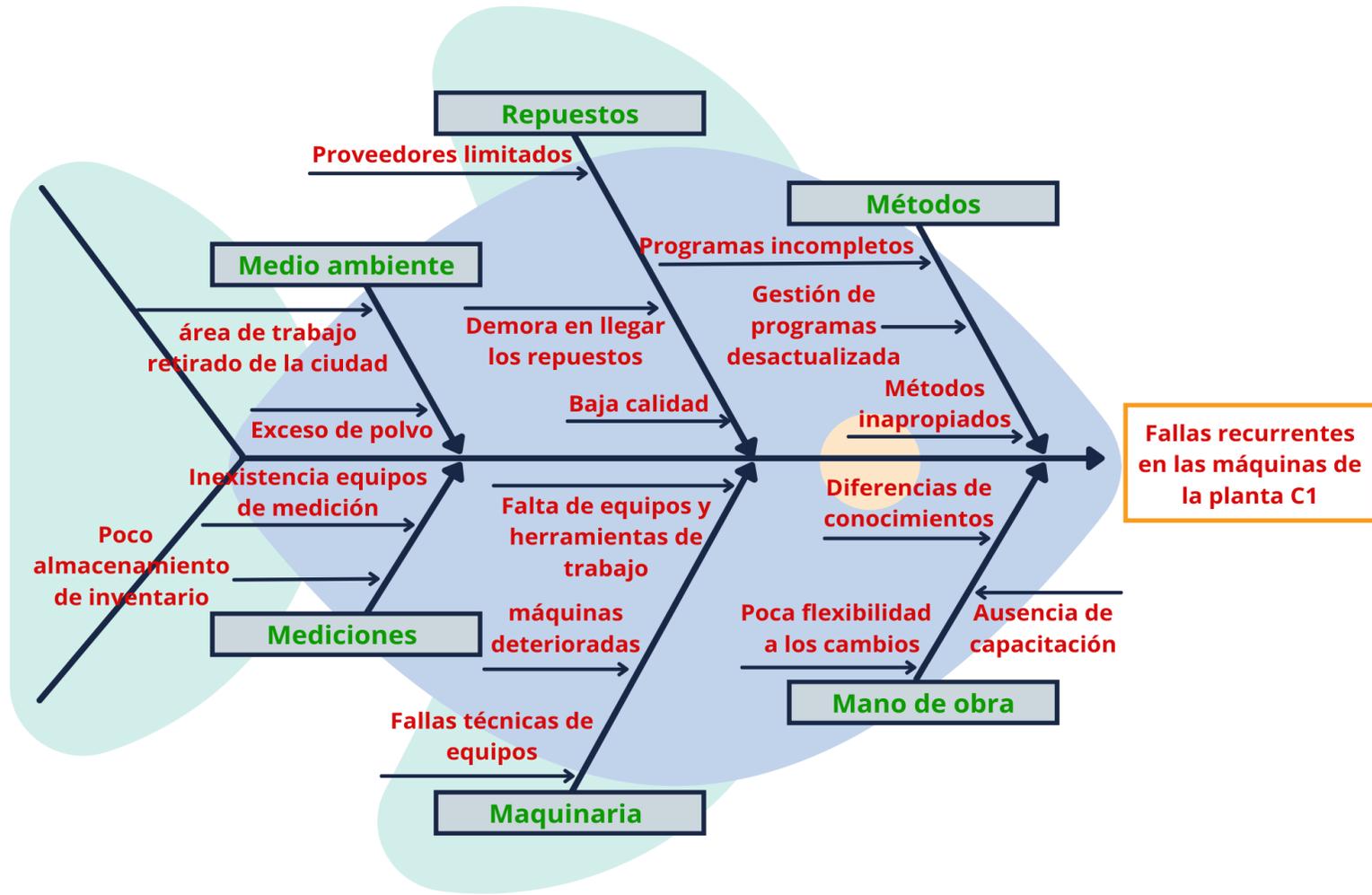


Figura 25. Diagrama de Ishikawa.

4.2 Disponibilidad actual de las máquinas del área de producción de la empresa Covensa Ltda

Para poder conocer la disponibilidad actual de cada una de las máquinas de la planta C1 se estableció un periodo de recopilación de información de treinta días, comprendido en el mes de noviembre de 2021. Para conocer el indicador de disponibilidad lo primero que se hizo fue conocer el tiempo de trabajo de las máquinas de la planta C1, el cual está comprendido desde las 08:00 am hasta las 12:00 pm, luego desde las 01:00 pm hasta las 05:00 pm de lunes a sábado, el cual se estableció como el tiempo de trabajo de las máquinas de la planta. Segundo fue realizar un listado de las fallas para conocer el total de horas de parada por falla. tercero fue hacer una tabulación de cada una de las fallas ocurridas en los equipos con la finalidad de establecer el total de las horas trabajadas, total de horas de paradas por falla, total horas diarias de trabajo y el total de horas de descanso o almuerzo de los operadores. Cuatro y último fue establecer el indicador de disponibilidad de cada una de las máquinas que fueron objeto de estudio.

A continuación, en la tabla 11 se puede observar el calendario de trabajo de la criba vibratoria, los días donde la máquina fue intervenida fueron demarcados con color mostaza, seguido de la tabla 12 que muestra cada una de las fallas en la criba y en la figura 26 se puede observar disponibilidad de las máquinas de la planta C1. Los demás resultados para cada una de las máquinas, como son los calendarios de trabajo se encuentran en el anexo 2, el listado de fallas en el anexo 3, y los cálculos de disponibilidad mes de noviembre 2021 se encuentran en el anexo 4.

Tabla 11. Calendario de trabajo de la criba vibratoria.

Tabulación del mes de noviembre de 2021

Máquina: Criba vibratoria

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total
Fecha	01	02	03	04	05	06	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	08	09	10	11	12	13	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	15	16	17	18	19	20	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	22	23	24	25	26	27	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	29	30					
Horas diarias de trabajo	8	8					16
Horas de almuerzo	1	1					2

Total horas de parada por fallas	30	Total horas diarias de trabajo	208
Total horas trabajadas	234	Total horas de descanso (almuerzo)	26

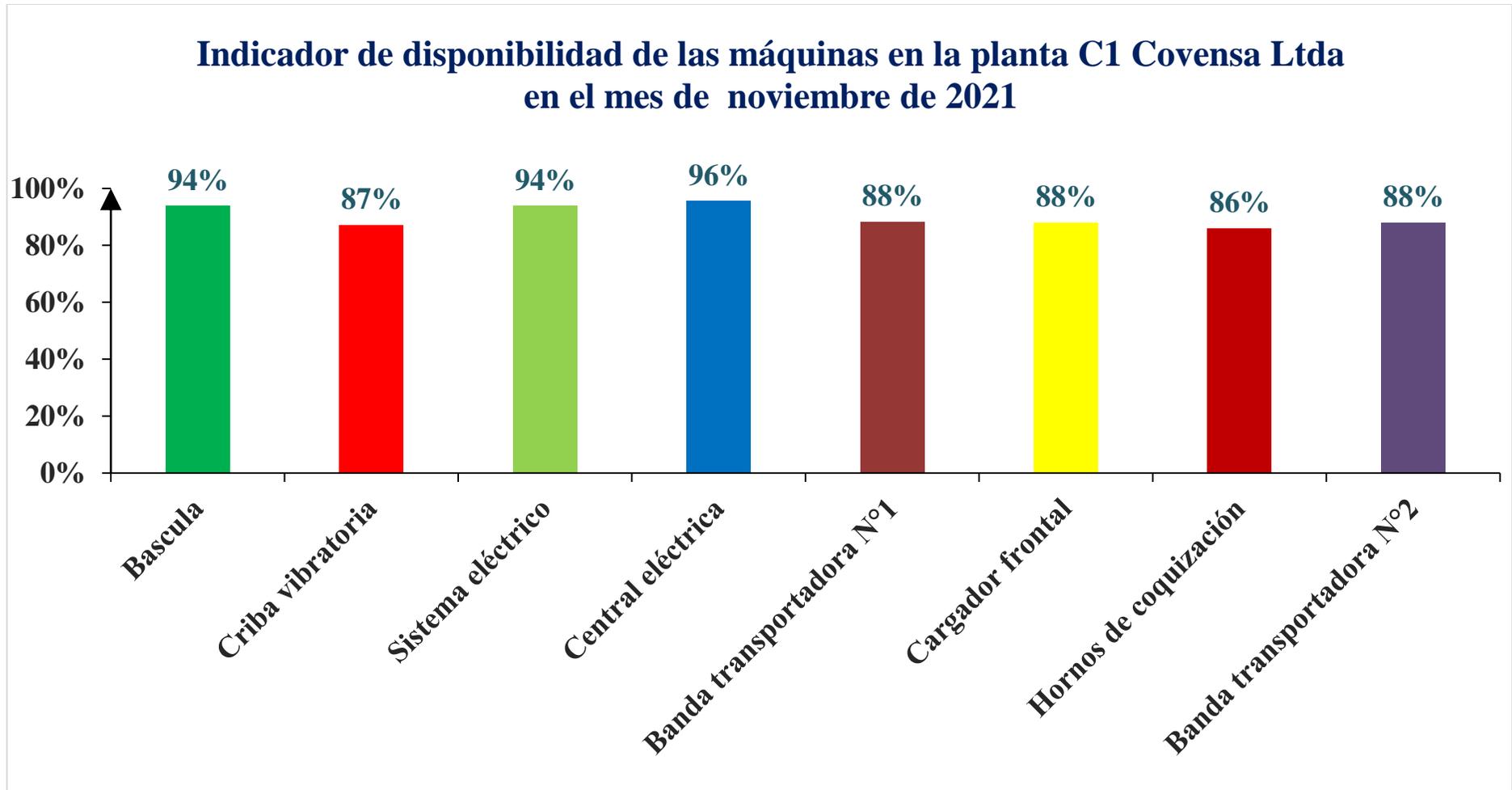


Figura 26. Indicador de disponibilidad noviembre 2021.

4.3 Acciones de mantenimiento preventivo para las máquinas del área de producción

En las acciones de mantenimiento preventivo para las máquinas de la empresa, se plantean capacitaciones puntuales durante la implementación del plan de mantenimiento preventivo, con el objetivo de complementarlo y que todo el personal haga parte del proceso de mejora en las máquinas. Así mismo, que el conocimiento sobre el cuidado de las máquinas y de los operadores se refuerce para prevenir fallas o accidentes. A continuación, se evidencia el cronograma de capacitaciones planteado:

Tabla 13. Cronograma de capacitaciones.

									
CRONOGRAMA DE CAPACITACIONES									
N°	TEMA	ENERO				FEBRERO			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	Revisión diaria antes de usar la máquina		1						
2	Uso adecuado de los equipos de protección personal				1				
3	Paso a seguir cuando ocurre una falla						1		
4	Cuidado básicos de las máquinas								1

Se plantearon solo 4 temas debido a que se tomaron dos meses, enero y febrero del 2022. Se realizaron 2 capacitaciones por cada mes y en cada una de las mismas se realizaron diapositivas para socializar con el equipo de trabajo de la empresa y son las siguientes:

Tema 1. Revisión diaria antes de usar las máquinas.

TEMA 1

Revisión diaria antes de usar las máquinas



IMPORTANCIA

Permite detectar a tiempo situaciones de riesgo para el operador y fallas graves en la máquina.

- ▶ Las inspecciones ayudan a descubrir si las máquinas se han desgastado hasta llegar al límite de su condición.
- ▶ Identificar los efectos indeseados de cambios en el proceso productivo o en los materiales.
- ▶ Proponer soluciones a las deficiencias encontradas.



¿Qué hacer?

- ✓ Revisar que todas las partes estén ubicadas correctamente.
- ✓ Revisar el encendido, pausa y apagado.
- ✓ Revisar que los indicadores para el funcionamiento estén en el nivel adecuado.

¿Cuándo hacer?

Se deben realizar todos los días a modo de rutina.



Figura 27. Revisión diaria antes de usar las máquinas.

Tema 2. Uso adecuado de los equipos de protección personal

TEMA 2

Uso adecuado de los equipos de protección personal



IMPORTANCIA

Permite adecuar al individuo con todas las herramientas para que se pueda defender durante la realización de las actividades rutinarias o de emergencias, según el grado de exposición.

- ▶ Protege al operador del riesgo de accidentes o de efectos adversos para la salud.
- ▶ Es necesario utilizar EPP para reducir los riesgos en pulmones, cabeza, pies, manos, ojos, piel.
- ▶ Puede incluir elementos como cascos de seguridad, guantes, protección de los ojos, prendas de alta visibilidad, calzado de seguridad, arneses de seguridad y equipos de protección respiratoria



¿Qué hacer?

- ✓ Inspecciones el equipo antes de colocárselo, verifique que no tenga averías o deterioros.
- ✓ Realice limpieza a los EPP antes y después de utilizarlos.
- ✓ Almacene sus elementos de protección adecuadamente.

¿Cuándo hacer?

Siempre usarlos cuando se esté dentro de la empresa como lo indica la norma.



Figura 28. Uso adecuado de los equipos de protección personal.

Tema 3. Paso a seguir cuando ocurre una falla

TEMA 3

Paso a seguir cuando ocurre una falla



IMPORTANCIA

Brindar solución pronta a la falla minimizando el tiempo de parada de la misma y protegiendo el bienestar del operador.

- ▶ Evitar forzar la máquina para su funcionamiento o hacerle adecuaciones ajenas al sistema natural de la misma.
- ▶ Seguir el conducto regular para encontrar la falla rápidamente.
- ▶ Brindar la información de la falla lo más detallado posible al personal de mantenimiento para que su intervención sea óptima.



¿Qué hacer?

- ✓ Detener el funcionamiento total de la máquina.
- ✓ Solicitar la revisión del personal de mantenimiento.
- ✓ Brindar la información oportuna sobre la falla y tener paciencia en el proceso de reparación.

¿Cuándo hacer?

Siempre que ocurra alguna falla o avería durante el funcionamiento de la máquina.



Figura 29. Paso a seguir cuando ocurre una falla.

Tema 4. Cuidados básicos de las máquinas

TEMA 4

Cuidados básicos de las máquinas



IMPORTANCIA

Evitar daños, facilitar el mantenimiento adecuado y saber cómo reaccionar ante una falla.

- ▶ Tener a la mano su historia de funcionamiento, detalles de su vida útil.
- ▶ Conocer todas las especificaciones, cuál es el modelo de la máquina, cuáles son los problemas más conocidos que presenta y el tiempo de vida.
- ▶ Tanto los reparadores como los operadores deben contar con entrenamiento y capacitación continuos para aprovechar todo el potencial de las máquinas.



¿Qué hacer?

- ✓ Realizar limpieza externa del equipo para quitar el polvo o humedad.
- ✓ Utilizar herramientas en buena condiciones y sin golpear la máquina.
- ✓ Evitar ubicar elementos ajenos a la máquina sobre ella.

¿Cuándo hacer?

Todo el tiempo mientras se esté manipulando la máquina.



Figura 30. Cuidados básicos de las máquinas.

Después de las capacitaciones del plan de mantenimiento se procedió al diseño de los programas de mantenimiento preventivo, el cual consta de quince formatos de mantenimiento donde se buscó abarcar en lo más posible cualquier evento, característica y circunstancia que intervienen en el funcionamiento y mantenimiento de las máquinas en las jornadas laborales. A continuación, en la tabla 14 se muestran cada uno de los formatos que hacen parte del plan de mantenimiento de las máquinas de la planta C1 de Covensa Ltda.

Tabla 14. Formatos del plan de mantenimiento.



Formatos del plan de mantenimiento

N°	Formato	Código del formato
01	Sistema de codificación	FMANCOV0111
02	Hoja de vida	FMANCOV0112
03	Ficha técnica	FMANCOV0113
04	Orden de trabajo	FMANCOV0114
05	Orden de pedidos	FMANCOV0115
06	Reporte de mantenimiento	FMANCOV0116
07	Actividades de la bascula	FMANCOV0117
08	Actividades de la criba vibratoria	FMANCOV0118
09	Actividades del sistema eléctrico	FMANCOV0119
10	Actividades de central eléctrica	FMANCOV0120
11	Actividades de banda móvil N°1	FMANCOV0121
12	Actividades del cargador frontal	FMANCOV0122
13	Actividades de los hornos	FMANCOV0123
14	Actividades de banda movil N°2	FMANCOV0124
15	Cronogramas de actividades	FMANCOV0125
16	Actividades preoperacionales	FMANCOV0126

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: _____ Fecha: _____

La finalidad del plan de mantenimiento preventivo es permitir la excelente gestión del área de mantenimiento en Covensa Ltda, para ello se tuvo en cuenta el estado actual de las máquinas, métodos actuales de mantenimiento, tiempos de reparación y la disponibilidad antes del plan de mantenimiento con el objetivo de poder aumentar el indicador de disponibilidad de cada una de los equipos de la planta C1 a corto plazo.

En la figura 31 se muestra el formato de la hoja de vida, donde se puede observar en la parte superior la codificación del formato, versión del formato y la cantidad de páginas respectivas del formato; seguido de la identificación única de la máquina que va hacer intervenida. En la parte central se puede ver la información histórica de la máquina, como es la fecha de trabajo, hora de trabajo, número de orden por cada trabajo de mantenimiento realizado y la descripción por el cual fue intervenida la máquina. En la parte inferior se encuentra la firma del responsable de la elaboración del formato, así mismo la fecha del momento de elaboración, a un lado se puede ver un campo del responsable en haber aprobado dicho formato, junto con la fecha de su aprobación.

La finalidad de la orden de trabajo es poder llevar un control y registro de las actividades de mantenimiento por realizar, como son las actividades de tipo mecánicas, eléctricas hidráulicas y de lubricación. Así mismo cuenta con espacios para especificar cada una de las herramientas y lubricantes que se deben emplear para poder llevar a cabo las actividades de mantenimiento. Por otra parte, cuenta con un espacio para plasmar algún tipo de observación que sea de vital importancia para la persona interventora de la máquina. A continuación, en la figura 32 se puede observar el formato de la orden de trabajo

Orden de trabajo

Formato: FMANCOV0114

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Hoja N°: _____

Máquina: _____

Código máq: _____

Hora: _____

Ubicación maq: _____

Actividad de mantenimiento

N°	Tipo	Descripción
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Tipo de actividades: mecánicas, eléctricas, hidráulicas y lubricación

Herramientas y lubricantes

Herramientas	Cantidad	Lubricantes	Cantidad
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Observaciones: _____

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Figura 32. Orden de trabajo.

Orden de pedidos

Formato: FMANCOV0115

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Orden N°: _____

Concepto: _____ Hora: _____

Fecha de solicitud: _____ Área: _____

Descripción del pedido

N°	Cantidad	Descripción
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____



Observaciones

N°	Descripción
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____ Fecha: ____/____/____

Figura 33. Orden de pedidos.

El siguiente formato es el reporte de mantenimiento el cual tiene la función de reportar la información de cada una de las actividades de mantenimiento que se presentan en los turnos laborales, como por ejemplo las tareas de mantenimiento correctivo, lubricación y limpieza que se hacen sin ser planificadas. Cuenta con espacios para describir un reporte de la actividad realizada, así como de la cantidad de repuestos y materiales empleados, a continuación, en la figura 34 se puede observar el formato de reporte de mantenimiento.

Los siguientes formatos son los de las actividades de mantenimiento mostrados en la figura 35 a las máquinas el cual son ocho, siendo las siguientes: bascula, criba vibratoria, sistema eléctrico, central eléctrica, banda transportadora N°1, banda transportadora N°2, cargador frontal y los hornos de coquización. Las frecuencias de mantenimiento varían de acuerdo a las máquinas, cabe mencionar que estas frecuencias de mantenimiento se tomaron de personal experto en el área de mantenimiento, manuales de equipos mineros, catálogos de fabricantes y de los mismos operadores de la planta C1. Las frecuencias de mantenimiento son:

Diarias.

Semanales.

Mensuales

Trimestrales.

Semestrales.

Para el caso del cargador frontal las frecuencias son:

Cada 250 horas de funcionamiento.

Cada 500 horas de funcionamiento.

Cada 1000 horas de funcionamiento.

Cada 1000 horas de funcionamiento.

Cada 2000 horas de funcionamiento.

Reporte de mantenimiento

Formato: FMANCOV0116
Versión: VERFMAN0101
Fecha: 12/12/2021

Reporte N°: _____

Máquina: _____ Modelo: _____

Código maq: _____ Área: _____

Reporte de mantenimiento

N°	Descripción



Repuestos y materiales utilizados

N°	Cantidad	Descripción

Elaborado por: _____

Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Figura 34. Reporte de mantenimiento.

A continuación, se muestran las actividades diarias que se deben llevar a cabo antes de iniciar la jornada laboral a la criba vibratoria denominada actividades preoperacionales.

Actividades preoperacionales

Formato: FMANCOV0126

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Criba vibratoria

Página 1 de 2

Actividad	Frecuencia	Descripción
Comprobación	Diario	Comprobar el estado de las protecciones externas
Comprobación	Diario	Comprobar el estado de las tuberías
Comprobación	Diario	Comprobar el nivel del líquido refrigerante
Comprobación	Diario	Comprobar el nivel del aceite del motor
Comprobación	Diario	Comprobar el nivel del aceite hidráulico
Limpieza	Diario	Realizar limpieza del material acumulado
Comprobación	Diario	Comprobar si hay tornillos flojos, elementos caídos en la estructura
Comprobación	Diario	Comprobar el desgaste de las mallas de la criba
Comprobación	Diario	Comprobar el estado de los revestimientos de goma
Comprobación	Diario	Comprobar el estado del filtro de retorno

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Actividades preoperacionales

Formato: FMANCOV0126

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Criba vibratoria

Página 2 de 2

Actividad	Frecuencia	Descripción
Comprobación	Diario	Comprobar la alineación de las cintas
Comprobación	Diario	Comprobar la tensión de las cintas
Comprobación	Diario	Comprobar las vibraciones de la criba en caso de ser altas proceder a equilibrar
Comprobación	Diario	Comprobar la velocidad del eje de la criba



Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Figura 35. Actividades preoperacionales criba vibratoria.

A continuación, se muestran las actividades de mantenimiento que se deben llevar a cabo a la criba vibratoria

Actividades de mantenimiento

Formato: FMANCOV0118

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Criba vibratoria

Página 1 de 3

Actividad	Frecuencia	Descripción
Lubricación	Semanal	Lubricar cojinetes de la parrila vibratoria
Comprobación	Semanal	Comprobar ajuste y estado de las gomas de los bordes
Comprobación	Semanal	Comprobar la tensión de los limpiadores de la cinta de la tolva alimentadora
Comprobación	Semanal	Comprobar el ajuste de la cinta del transportador principal
Comprobación	Semanal	Comprobar el ajuste de los limpiadores de la cinta del transportador lateral
Comprobación	Semanal	Comprobar ajuste de la cinta del transportador final
Lubricación	Semanal	Lubricar cojinetes internos y externos de la criba
Limpieza	Semanal	Realizar limpieza del prefiltro de la unidad motora
Comprobación	Semanal	Comprobar el nivel electrolito de la batería de la unidad motora

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____ Fecha: ____/____/____

Actividades de mantenimiento

Formato: FMANCOV0118

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Criba vibratoria

Página 2 de 3

Actividad	Frecuencia	Descripción
Lubricación	Mensual	Lubricar cojinetes del tambor terminal del transportador alimentador
Lubricación	Mensual	Lubricar cojinetes del tambor motor del transportador alimentador
Lubricación	Mensual	Lubricar cojinetes del eje del desmenuzador
Lubricación	Mensual	Lubricar cojinetes del tambor terminal del transportador principal
Lubricación	Mensual	Lubricar cojinetes del tambor motor del transportador principal
Lubricación	Mensual	Lubricar cojinetes del tambor terminal del transportador lateral
Lubricación	Mensual	Lubricar cojinetes del tambor motor del transportador lateral
Lubricación	Mensual	Lubricar cojinetes del tambor terminal del transportador final
Lubricación	Mensual	Lubricar cojinetes del tambor motor del transportador final

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____ Fecha: ____/____/____

Actividades de mantenimiento

Formato: FMANCOV0118

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Criba vibratoria

Página 3 de 3

Actividad	Frecuencia	Descripción
Cambio	Trimestral	Realizar sustitución del aceite del motor de la unidad motora
Cambio	Trimestral	Realizar sustitución aceite filtro motor en la unidad motora
Cambio	Trimestral	Realizar sustitución del filtro de combustible
Cambio	Trimestral	Realizar sustitución interno filtro de aire
Comprobación	Trimestral	Comprobar la tensión de la correa trapezoidal de la unidad motora
Cambio	Trimestral	Realizar sustitución del filtro de retorno circuito hidráulico
Cambio	Trimestral	Realizar sustitución del aceite del motor
Cambio	Semestral	Realizar sustitución del líquido refrigerante del motor
Comprobación	Semestral	Comprobar estado y juego de las válvulas de unidad motora
Comprobación	Semestral	Comprobar estado y funcionamiento del alternador en la unidad motora

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____ Fecha: ____/____/____

Figura 36. Actividades de mantenimiento de la criba vibratoria.

A continuación, se muestra el formato de la ficha técnica de la criba vibratoria, las demás fichas técnicas se encuentran en el anexo 5.

Ficha técnica

Formato: FMANCOV0113

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Página: 1 de 2

Criba vibratoria

MACOCR0112



Máquina

Capacidad: 24.000 Kg

Marca: Turbo screen

Modelo: Turbo chieftain

Condición: Operativa

Voltaje: 380 - 415 V

Corriente: 800 amp

Descripción de la máquina

La **criba vibratoria** está construida como unidad móvil autosuficiente para cribar el mineral en distintos tamaños así mismo cuenta con un funcionamiento sencillo, las reparaciones son de fácil ejecución y muy raramente se necesita una asistencia especializada, cuando se provea un control bueno durante las jornadas laborales.

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Ficha técnica

Formato: FMANCOV0113

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Página: 2 de 2

Criba vibratoria **MACOCR0112**

Dimensiones de la máquina

		Ancho de carga	4 m
	Parrilla de rechazo	Distancia entre barras	100-150 mm
		Dimensiones	1,8 X 3,6 m
		Inclinación	20° - 30°
Alimentador	Tolva alimentadora	Dimensiones de la abertura	1,8 X 3,6 m
		Capacidad (parrilla inclinada)	7,6 m ³
	Cinta alimentadora	Ancho de la cinta	900 mm
		Tipo	de 4 telas
Desmenuzador		Ancho interior	710 mm
		N° de cuchillas	16
		Peso	559 kg
Cinta principal		Ancho de la cinta	900 mm
Criba	Caja dela criba	Ancho	1,52 m
		Largo	4,05
		Peso	2 toneladas
	Malla	La más ligera	20 kg
		La más pesada	150 kg

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Figura 37. Ficha técnica criba vibratoria.

Tabla 15. Cronograma de actividades de mantenimiento.

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANTA C1 COVENSA LTDA																																															
CÓDIGO		FMANCOV0125				VERSIÓN		VERFMAN0101				FECHA DE EMISIÓN		12/12/2021																																			
FECHA:		01 DE ENERO				A		31 DE DICIEMBRE				AÑO		2022																																			
MÁQUINA:		Criba vibratoria				CÓDIGO:		MACOCR0112				PÁGINA:		1 DE 3																																			
Actividades de mantenimiento		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Lubricar cojinetes de la parrila vibratoria		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Comprobar ajuste y estado de las gomas de los bordes		Semana se colchón																SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Comprobar la tensión de los limpiadores de la cinta alimentadora		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Comprobar el ajuste de la cinta del transportador principal		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Comprobar ajuste de limpiadores de la cinta lateral		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Comprobar ajuste de la cinta del transportador final		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Lubricar cojinetes internos y externos de la criba		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Realizar limpieza del prefiltro de la unidad motora		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Comprobar el nivel electrolito de la batería de la unidad motora		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Lubricar cojinetes del tambor terminal del alimentador			ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME						
Lubricar cojinetes del tambor motor del transportador alimentador			ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME						
Actividades semanales		SE				Actividades mensuales				ME				Actividades trimestrales				TR				Actividades semestrales				SM				Actividades anuales				AN															
Realizado por:		_____																																Aprobado por:		_____													
Fecha:		_____																																Fecha:		_____													

Las actividades de mantenimiento se establecieron la tercera semana de cada mes (los demás equipos cuentan con semanas diferentes, con el objetivo de no sobrecargar las jornadas de trabajo)

Semana se colchón

La línea roja abarca el tiempo de implementación del plan de mantenimiento

Semana se colchón

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANTA C1 COVENSA LTDA																																															
CÓDIGO		FMANCOV0125				VERSIÓN		VERFMAN0101		FECHA DE EMISIÓN		12/12/2021																																					
FECHA:		01 DE ENERO				A		31 DE DICIEMBRE				AÑO		2022																																			
MÁQUINA:		Criba vibratoria				CÓDIGO:		MACOCR0112				PÁGINA:		2 DE 3																																			
Actividades de mantenimiento		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Lubricar cojinetes del eje del desmenuzador			ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME						
Lubricar cojinetes del tambor terminal del transportador principal																																																	
Lubricar cojinetes del tambor motor del transportador principal			ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME										
Lubricar cojinetes del tambor terminal del transportador lateral			ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME										
Lubricar cojinetes del tambor motor del transportador lateral			ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME										
Lubricar cojinetes del tambor terminal del transportador final			ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME										
Lubricar cojinetes del tambor motor del transportador final			ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME										
Realizar sustitución del aceite del motor de la unidad motora			TR																																														
Realizar sustitución aceite filtro motor en la unidad motora			TR																																														
Realizar sustitución del filtro de combustible			TR																																														
Realizar sustitución interno filtro de aire			TR																																														

Semana se colchón

Las actividades de mantenimiento se establecieron la tercera semana de cada mes (los demás equipos cuentan con semanas diferentes, con el objetivo de no sobrecargar las jornadas de trabajo)

La línea roja abarca el tiempo de implementación del plan de mantenimiento

Semana se colchón

Actividades semanales	SE	Actividades mensuales	ME	Actividades trimestrales	TR	Actividades semestrales	SM	Actividades anuales	AN
-----------------------	----	-----------------------	----	--------------------------	----	-------------------------	----	---------------------	----

Realizado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: _____ Fecha: _____

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANTA C1 COVENSA LTDA																																															
CÓDIGO		FMANCOV0125				VERSIÓN		VERFMAN0101				FECHA DE EMISIÓN		12/12/2021																																			
FECHA:		01 DE ENERO				A		31 DE DICIEMBRE				AÑO		2022																																			
MÁQUINA:		Criba vibratoria				CÓDIGO:		MACOCR0112				PÁGINA:		3 DE 3																																			
Actividades de mantenimiento		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Comprobar la tensión de la correa trapezoidal de la unidad motora				TR																																													
Realizar sustitución del filtro de retorno circuito hidráulico				TR																																													
Realizar sustitución del aceite del motor				TR																																													
Realizar sustitución del líquido refrigerante del motor				SM																																													
Comprobar estado y juego de las válvulas de unidad motora				SM																																													
Comprobar estado y funcionamiento del alternador en la unidad motora				SM																																													
																		</																															

Durante los dos meses de implementación del plan de mantenimiento preventivo se llevó control de las actividades de inspecciones diarias, semanales, mensuales, trimestrales y semestrales con el objetivo de que se hayan realizado correctamente, así mismo llevar registro de cada una de las actividades correctivas que se realizaron a las máquinas para poder establecer el tiempo de reparación de las fallas y el tiempo trabajado de las máquinas y así poder conocer el indicador de disponibilidad por mes. Para calcular el indicador fue por medio de una lista de fallas por equipo por cada uno de los meses de implementación, a continuación, en la tabla 16 se muestra el listado de fallas presentadas en la criba vibratoria durante los dos meses de implementación, las demás tablas de fallas se encuentran en el anexo 9. De igual manera se procedió a conocer el valor de la disponibilidad de los meses de enero y febrero de cada una de las máquinas de la planta C1, seguido de la lista de paradas se puede observar la disponibilidad de la criba vibratoria en los meses de enero y febrero, los indicadores de disponibilidad en los meses de enero y febrero de las demás máquinas se encuentran en el anexo 204.

Tabla 16. Lista de fallas criba vibratoria.

Lista de fallas criba vibratoria

Periodo de enero 2022

N°	Fecha de detención	Motivo de la detención	Horas de la detención
1	<u>Lunes 03 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>2</u>
2	<u>Jueves 06 de enero</u>	<u>Falla eléctrica</u>	<u>1,5</u>
3	<u>Viernes 07 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>1</u>
4	<u>Martes 11 de enero</u>	<u>Falla hidráulica</u>	<u>1,5</u>
5	<u>Jueves 13 de enero</u>	<u>Falla eléctrica</u>	<u>1</u>
6	<u>Sábado 15 de enero</u>	<u>Falla eléctrica</u>	<u>1</u>
7	<u>Lunes 17 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>2</u>
8	<u>Miercoles 19 de enero</u>	<u>Falla hidráulica</u>	<u>1,5</u>
9	<u>Viernes 21 de enero</u>	<u>Falla hidráulica</u>	<u>2</u>
10	<u>Sábado 22 de enero</u>	<u>Falla eléctrica</u>	<u>1</u>
11	<u>Sábado 22 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>2</u>
12	<u>Lunes 24 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>1</u>
13	<u>Martes 25 de enero</u>	<u>Falla eléctrica</u>	<u>1,5</u>
14	<u>Miercoles 26 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>2</u>
15	<u>Jueves 27 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>2</u>
16	<u>Jueves 27 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>2</u>
17	<u>Sábado 29 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>1,5</u>
18	<u>Lunes 31 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>1,5</u>

Total horas de parada por fallas	28
Total horas trabajadas	216

Total horas diarias de trabajo	192
Total horas de descanso (almuerzo)	24

Lista de fallas criba vibratoria

Periodo de febrero 2022

N°	Fecha de detención	Motivo de la detención	Horas de la detención
1	Miercoles 02 de febrero	Falla mecánica	2
2	Viernes 04 de febrero	Falla eléctrica	2,5
3	Miercoles 09 de febrero	Falla mecánica	1
4	Viernes 11 de febrero	Falla hidráulica	1,5
5	Martes 15 de febrero	Falla hidráulica	1,5
6	Miercoles 16 de febrero	Falla mecánica	2
7	Sábado 19 de febrero	Falla eléctrica	2
8	Lunes 21 de febrero	Falla mecánica	1,5
9	Martes 22 de febrero	Falla eléctrica	2
10	Miercoles 23 de febrero	Falla mecánica	2
11	Viernes 25 de febrero	Falla eléctrica	1,5
12	Lunes 28 de febrero	Falla mecánica	2
13	Lunes 28 de febrero	Falla mecánica	1,5

Total horas de parada por fallas	23
Total horas trabajadas	216

Total horas diarias de trabajo	192
Total horas de descanso (almuerzo)	24

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad
Enero 2022	87%
Febrero 2022	89%

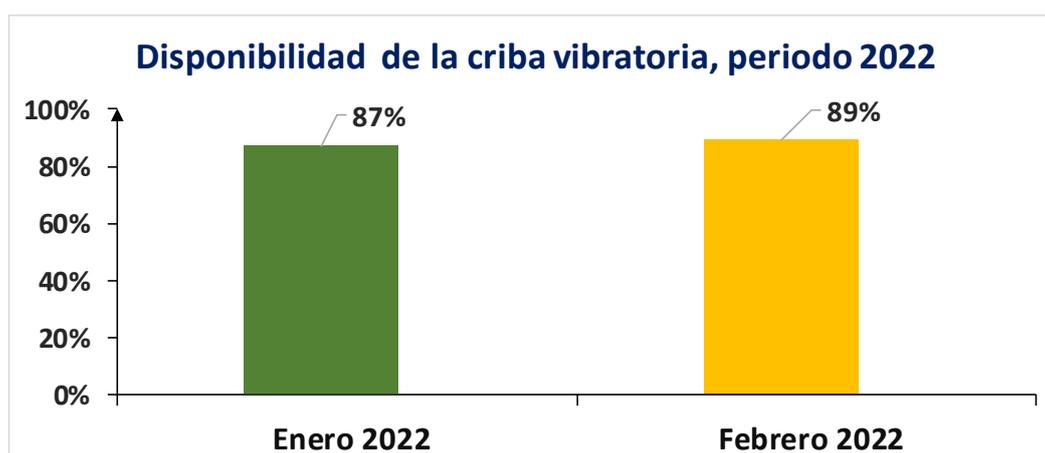


Figura 38. Indicador de disponibilidad criba vibratoria.

A continuación, se muestra en la figura 39, la comparación de la disponibilidad obtenida en todas las máquinas del área de producción C1 covensa, durante el mes de noviembre del año 2021 y la disponibilidad obtenida después de implementar el plan de mantenimiento preventivo en el mes de enero y febrero del 2022, en la cual se evidencia un incremento en la disponibilidad de las máquinas.

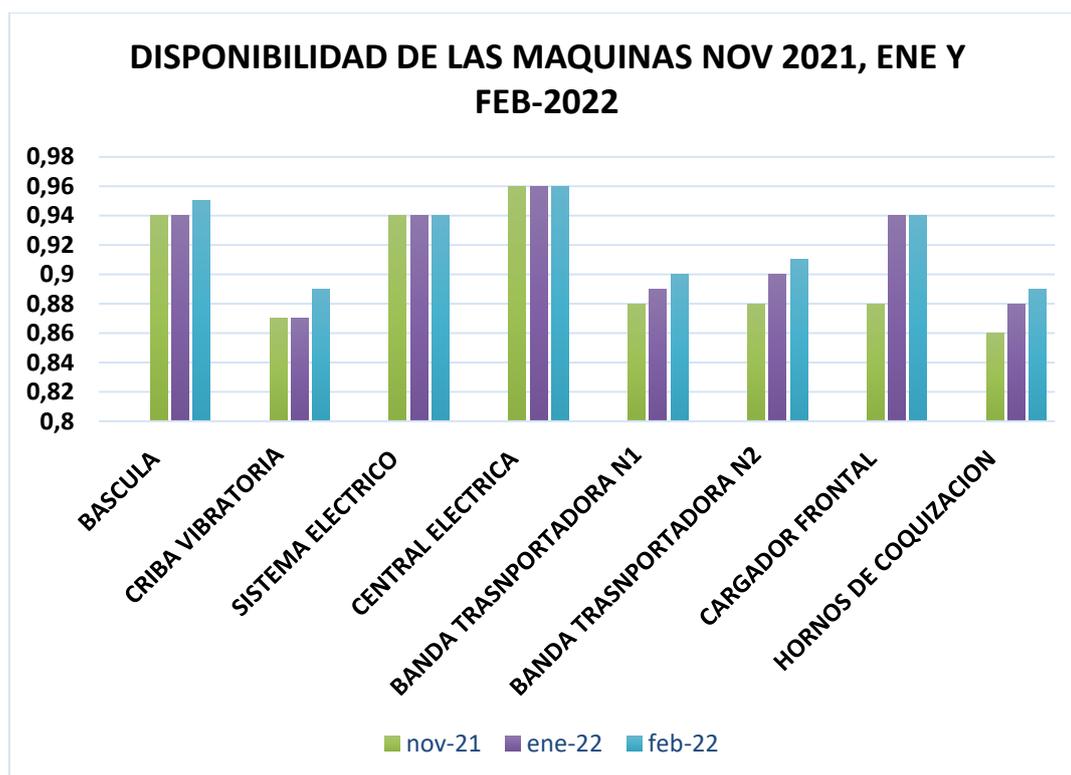


Figura 39. Indicador de disponibilidad de las máquinas (nov-21, ene-22 y feb-22)

4.4 Socialización del plan de mantenimiento preventivo al personal de la empresa

En este objetivo se realizó la socialización del proyecto al personal de la empresa, la reunión se realizó en la jornada de la mañana antes de iniciar con las labores y se contó con la presencia de todos los miembros de Covensa. A continuación, se adjunta el informe de la reunión:

	Fecha: Miércoles 23 marzo 2022	
	Lugar: Covensa	Pág: 1
Tema: Socialización Proyecto		
<ul style="list-style-type: none"> - Al iniciar la jornada laboral se realiza una reunión con todos los integrantes de la empresa, operacores, seguridad, ingenieros y administrativos con el objetivo de atender la solicitud de la estudiante Fabiana, el motivo es la socialización del documento final del Proyecto. - En la socialización se expone un diagnóstico del funcionamiento de las máquinas de la empresa seguido del cálculo de la disponibilidad actual que tienen las máquinas. - Posteriormente se evidenció la implementación del plan de mantenimiento en la empresa. - se expuso el cálculo de la nueva disponibilidad la cual evidencia una mejora en el funcionamiento de las máquinas. - se evidencia las observaciones de las 4 capacitaciones realizadas en la empresa en donde los operacores mostraron apropiación del tema. 		
Realizado por:	Firma:	

	Fecha: Miércoles 23 marzo 2022	
	Lugar: Cúcuta	Pág: 2
	Tema: Socialización proyecto	
<p>- La socialización finaliza con las recomendaciones del proyecto a la empresa para continuar con la implementación del plan de mantenimiento.</p> <p>- De esta manera se da por finalizado el proyecto realizado por la estudiante en nuestra empresa, evidenciamos cumplimiento de los objetivos planteados, y los formatos y documentos realizados serán muy bien aprovechados por la empresa.</p>		
Realizado por: Zulma López	Firma:	

Figura 40. Informe de reunión.

5. Recomendaciones

Para lograr que las mejoras del funcionamiento de las máquinas sean constantes se debe aplicar el plan de mantenimiento preventivo diseñado de manera continua y llenando en su totalidad los formatos planteados. Esto ayudará a mantener el buen funcionamiento de las máquinas y a contar con el registro de cada una, permitiendo ser más precisos en el cambio de piezas o al intervenirlas.

La empresa no cuenta con stock de herramientas ni repuestos completo que permita realizar las reparaciones de manera rápida y eficiente, lo cual retrasa los procesos de reparación. Se recomienda mejorar el stock de repuestos y herramientas de acuerdo a las necesidades de las máquinas.

Es importante realizar capacitaciones específicas sobre las máquinas a todos los miembros de la empresa, haciendo énfasis en el buen uso de las máquinas, principales fallas, y el funcionamiento de las mismas para reforzar el conocimiento y especializarlos.

6. Conclusiones

En el diagnóstico que se realizó a las máquinas se evidencian paradas por fallas en los rodamientos de la criba vibratoria, falta de tensión en las zarandas y fallas en las correas. En la báscula es común encontrar desbalanceo, y en el resto de máquinas es recurrente identificar tornillos aislados que interfieren en el buen funcionamiento.

La primera disponibilidad calculada en noviembre del 2021 arroja que las máquinas con menor disponibilidad son la criba vibratoria con un porcentaje del 87% y los hornos de coquización con un porcentaje del 86%. Además, las máquinas con la disponibilidad más alta son la central eléctrica con 96% y la báscula de pesado y recibo con 94%. Una vez finalizado este cálculo se procedió a realizar el diseño de los formatos del plan de mantenimiento los cuales son 16.

En los meses de enero y febrero del presente año se aplicó el cronograma de mantenimiento en compañía del equipo encargado en la empresa. Posterior a esto se procedió a realizar el cálculo de la nueva disponibilidad de las máquinas, el cual arroja una mejoría en un margen del 90% a nivel general en las máquinas, así mismo, las máquinas que tenían bajo porcentaje de disponibilidad como la criba vibratoria y los hornos de coquización aumentaron al 89% y 89% respectivamente.

7. Referencias bibliográficas

- Angarita, J. (2016). Propuesta de implementación de plan de mantenimiento preventivo orientado para MOBILIFORMAS S.A.S. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13344/AngaritaNi%C3%B1oJuanSebastian2018.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Arévalo, M. (2014). Plan integral de negocios para la compañía INGEMINEX S.A.S. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/16947/u703258.pdf?sequence=1>
- Beteta, H. & Granados, E. (2019). Propuesta para el mejoramiento de la). planificación y organización del mantenimiento en el centro industrial agricorp- tipitapa. Nicaragua. Recuperado de: <https://repositorio.unan.edu.ni/5325/1/16093.pdf>
- Brenes, L. (2002). Revisión y establecimiento de rutinas de mantenimiento preventivo para la unidad de materias primas. diseño de banda transportadora para recirculación de caliza de la criba vibratoria al quebrador secador Hazemag. Cartago, Costa Rica. Recuperado de: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/279?locale-attribute=en>
- Burgasí, D. et all. (2021). El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años. Recuperado de: http://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf
- Cansino, E. (2015). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para la fábrica MINEROSA. Quito, Ecuador. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10469/1/CD-6192.pdf>
- Covenin. (1993) Norma Venezolana. mantenimiento y definiciones. Recuperado de: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3049-93.pdf>

- Elizondo, M. (2016). Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para equipos críticos de la unidad estratégica de negocios (UEN) agregados de constructora MECO S. A. Cartago, Costa Rica. Recuperado de: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6857>
- Francisco, T. et all. (2006). Mantenimiento Mecánico De Máquinas. Castellón de la plana. España. Recuperado de: https://kupdf.net/download/mantenimiento-mecanico-de-maquinas_58d1607fdc0d60151ac34686_pdf
- García, M. (2018). Implementación de un plan de gestión de mantenimiento preventivo basado en tpm para aumentar la confiabilidad en las máquinas de la empresa comercial MOLINERA SAN LUIS SAC, 2018. Recuperado de: <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/3953>
- García, A. (2018). ¿Qué es el método descriptivo? España. Recuperado de: <https://okdiario.com/curiosidades/que-metodo-descriptivo-2457888>
- González, C. (2020). Los 5 tipos diferentes de mantenimiento. Recuperado de: <https://www.mantenimientopetroquimica.com/tiposdemantenimiento.html>
- GTC-62. (1999). Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. mantenimiento. terminología. Colombia. Recuperado de: <https://docplayer.es/77035573-Guia-tecnica-colombiana-62.html>
- Lia, R. (2020). Mantenimiento preventivo: qué es, tipos y cómo hacerlo eficazmente. Recuperado de: <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/>
- Martínez, T. (2020). Beneficios e importancia del mantenimiento preventivo a tus equipos. Recuperado de: <https://www.interferenciales.com.mx/blogs/noticias/beneficios-e-importancia-del-mantenimiento-preventivo-a-tus-equipos>

- Menchú, N. (2017). Creación de 3 fichas de observación para el acompañamiento pedagógico dirigido a 10 directores del sector 08-03-10 del municipio de san francisco el alto, del departamento de Totonicapán. Guatemala. Recuperado de:http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/29/29_0413.pdf
- Mendoza, R. (2006). Investigación cualitativa y cuantitativa diferencias y limitaciones. Perú. Recuperado de: <https://proyectointegrado11.files.wordpress.com/2015/05/investigacion-cualitativa-y-cuantitativa.pdf>
- Ministerio de minas y energía. (2003). Glosario técnico minero. Bogotá, Colombia. Recuperado de:<https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>
- Montilla, C. (2016). Fundamentos de mantenimiento industrial. Pereira, Colombia. Universidad de Pereira. Recuperado de:<https://1library.co/document/z3d435my-fundamentos-de-mantenimiento-industrial.html>
- Mora, A. (2009). Mantenimiento planeación, ejecución y control. Bogotá, Colombia. Editorial Alfaomega. Recuperado de: https://www.academia.edu/37071909/Libro_Mantenimiento_Alberto_Mora_1ed_1_
- Rodríguez, M. (2016). Diseño de investigación de aplicación de la tecnología de ultrasonido en el control del mantenimiento de cojinetes de motores eléctricos en equipos críticos en INGENIO EL PILAR. Guatemala. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0896_M.pdf
- Rodríguez, P. Dimate, J. (2012). Caracterización de la cadena de abastecimiento del carbón en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de ingeniería, Ingeniería industrial.

- Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13675/RodriguezNarvaezPabloGilberto2012.pdf?sequence=1>
- Ruiz, L. (2020). ¿Qué es el mantenimiento correctivo? Recuperado de: <https://www.aner.com/blog/mantenimiento-correctivo.html>
- Sabino, C. (1996). El proceso de la investigación. Caracas. Venezuela. Recuperado de: https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008/02/el-proceso-de-investigacion_carlos-sabino.pdf
- SENA. (1991). Manual de mantenimiento. Bogotá, Colombia. Recuperado de: https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#
- UNE-EN. (2011). Mantenimiento y terminología. España. Europa. Recuperado de: <https://fddocuments.co/document/norma-une-en-13306-terminos.html>
- Vargas, J. & Villanueva, O. (2018). Elaboración de un plan de mantenimiento para los equipos del área de trituración de la empresa CONSTRITURAR S.A.S. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6648/1/4102307-2018-1-IM.pdf>
- Vásquez, M. (2018). La corrosión. Mar de Plata, Argentina. Primera edición. Tomado de: http://www2.mdp.edu.ar/attachments/article/281/la_corrosion.pdf
- Zambrano, S. & Leal, S. Manual práctico d gestión de mantenimiento. Pág. 32. Recuperado de: <https://dokumen.tips/engineering/manual-practico-de-gestion-de-mantenimientoing-sony-a-zambrano.html>

Anexos

Anexo 1. Ficha de observación

Ficha de observación

Observación

Cargador frontal

- Cambio del conmutador de las velocidades.
- Pérdida de presión en un cilindro hidráulico, se procedió al cambio de los sellos.
- Carga de aire en los neumáticos.
- Manguera de frenado dañada, se procedió al cambio de la manguera.
- Cambio aceite para motor, filtros de aire y combustible.
- Bajo nivel del aceite hidráulico, se procedió al llenado.
- Cambio de rodamiento del sistema de transmisión.
- Carga eléctrica en la batería.
- Ajuste de tornillería en un costado de la carrocería.
- Limpieza del radiador de enfriamiento.
- Cambio de fusibles.
- Cambio de mangueras hidráulicas.

Hornos de coquización

- Daño en superficie interna de las cámaras de coquización (grietas y desprendimiento en ladrillos refractarios).
- Deterioro de la cámara de desfogue superior de los hornos (quiebre y pérdida de ladrillos, haciendo mayor el diámetro de la cámara).
- Fisuras en las uniones, espacios en la capa arcillosa que une los ladrillos de la capa externa de los hornos.
- Daño en las mallas metálicas cóncavas del canal de humo hacía la chimenea.
- Daño en los elementos de fricción de los ventiladores de desfogue del humo (rodamientos y chumaceras).

Ficha de observación

Observación

- Deterioro en las bandas trapezoidales en los ventiladores extractores.
- Daño en las losas de arcillas que hacen parte de la base de quemado del mineral.

Criba vibratoria

- Daño en las rodaduras internas de las bandas.
- Deterioro en las jaulas internas de los rodamientos de las zarandas, criba y molido.
- Daño en los rodillos superiores e inferiores de las bandas.
- Desprendimiento de las gomas laterales de protección en las zarandas y cintas de transporte.
- Los tornillos de sujeción en los costados de la criba y el molino se parten debido al desajuste por la vibración y el esfuerzo.
- Las lonas de caucho de las cintas de transporte se desprenden y rasgan.
- Defectos en las uniones soldadas en las mallas de la criba.
- Desgaste y daño en los revestimientos de goma.
- Defectos en los limpiadores de las gomas y de las cintas.
- Daño en los rodamientos internos y externos de la criba.
- Suciedad en los filtros y pre filtros de las unidades de aceite hidráulico y de la unidad motora.
- Pérdida de voltaje en las baterías.
- Desgaste en los tambores internos, superiores e inferiores.
- Rozamiento y desgaste en los ejes de los tambores, desmenuzador y de los rodillos de la criba.
- Desgaste en el juego de las válvulas.
- Desalineamiento en el acople de los motores y los ejes en las zarandas, bandas y cintas transportadoras.

Ficha de observación

Observación

Báscula de pesado y recibo

- Quema de fusibles.
- Deterioro en los contactores eléctricos.
- Daño de los relé térmicos.
- Desalineamiento de los sensores superiores de la plancha de pesado.
- Taponamiento de la válvula de purga del sistema de drenado.
- Desajuste de las galgas de ajuste en los sistemas de balanceo de la plancha de pesado.

Sistema eléctrico

- Quema de fusibles.
- Deterioro en los contactores eléctricos.
- Daño de los relé térmicos.
- Quema de los relevadores eléctricos.
- Daño en los timer eléctricos.

Central eléctrica

- Fusibles fundidos.
- Daño en el voltímetro.
- Defecto en el AVR.
- Daños en el depurador debido a la suciedad.
- Baja carga en las baterías.
- Desajuste en contactos eléctricos.

Bandas transportadoras móviles

- huecos, rasgaduras o perforaciones en las zonas de carga de las cintas.
- Daño en los rodillos superiores e inferiores de las bandas.
- Daño en los costados de la estructura.
- Deterioro en los rodamientos y chumaceras de las bandas.
- Fallas en los emplames.

Anexo 2. Calendarios de trabajo

Tabulación del mes de noviembre de 2021

Máquina: Báscula

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total
Fecha	01	02	03	04	05	06	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1 y	1	6
Fecha	08	09	10	11	12	13	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	15	16	17	18	19	20	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	22	23	24	25	26	27	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	29	30					
Horas diarias de trabajo	8	8					16
Horas de almuerzo	1	1					2

Total horas de parada por fallas	14.5
Total horas trabajadas	234

Total horas diarias de trabajo	208
Total horas de descanso (almuerzo)	26

Tabulación del mes de noviembre de 2021

Máquina: Sistema eléctrico

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total
Fecha	01	02	03	04	05	06	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	08	09	10	11	12	13	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	15	16	17	18	19	20	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	22	23	24	25	26	27	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	29	30					
Horas diarias de trabajo	8	8					16
Horas de almuerzo	1	1					2

Total horas de parada por fallas	14.5	Total horas diarias de trabajo	208
Total horas trabajadas	234	Total horas de descanso (almuerzo)	26

Tabulación del mes de noviembre de 2021

Máquina: Central eléctrica

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total
Fecha	01	02	03	04	05	06	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	08	09	10	11	12	13	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	15	16	17	18	19	20	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	22	23	24	25	26	27	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	29	30					
Horas diarias de trabajo	8	8					16
Horas de almuerzo	1	1					2

Total horas de parada por fallas		10.5		Total horas diarias de trabajo		208
Total horas trabajadas		234		Total horas de descanso (almuerzo)		26

Tabulación del mes de noviembre de 2021

Máquina: Banda transportadora N°1

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total
Fecha	01	02	03	04	05	06	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	08	09	10	11	12	13	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	15	16	17	18	19	20	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	22	23	24	25	26	27	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	29	30					
Horas diarias de trabajo	8	8					16
Horas de almuerzo	1	1					2

Total horas de parada por fallas	27.5	Total horas diarias de trabajo	208
Total horas trabajadas	234	Total horas de descanso (almuerzo)	26

Tabulación del mes de noviembre de 2021

Máquina: Cargador frontal

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total
Fecha	01	02	03	04	05	06	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	08	09	10	11	12	13	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	15	16	17	18	19	20	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	22	23	24	25	26	27	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	29	30					
Horas diarias de trabajo	8	8					16
Horas de almuerzo	1	1					2

Total horas de parada por fallas	28	Total horas diarias de trabajo	208
Total horas trabajadas	234	Total horas de descanso (almuerzo)	26

Tabulación del mes de noviembre de 2021

Máquina: Hornos de coquización

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total
Fecha	01	02	03	04	05	06	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	08	09	10	11	12	13	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	15	16	17	18	19	20	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	22	23	24	25	26	27	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	29	30					
Horas diarias de trabajo	8	8					16
Horas de almuerzo	1	1					2

Total horas de parada por fallas	33	Total horas diarias de trabajo	208
Total horas trabajadas	234	Total horas de descanso (almuerzo)	26

Tabulación del mes de noviembre de 2021

Máquina: Banda transportadora N°2

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total
Fecha	01	02	03	04	05	06	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	08	09	10	11	12	13	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	15	16	17	18	19	20	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	22	23	24	25	26	27	
Horas diarias de trabajo	8	8	8	8	8	8	48
Horas de almuerzo	1	1	1	1	1	1	6
Fecha	29	30					
Horas diarias de trabajo	8	8					16
Horas de almuerzo	1	1					2

Total horas de parada por fallas		28		Total horas diarias de trabajo		208
Total horas trabajadas		234		Total horas de descanso (almuerzo)		26

Anexo 4. Cálculos de disponibilidad mes de noviembre 2021

Cálculos de la disponibilidad bascula

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad por mes
Noviembre 2021	94%



Cálculos de la disponibilidad criba vibratoria

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad por mes
Noviembre 2021	87%



Cálculos de la disponibilidad sistema electrico

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad por mes
Noviembre 2021	94%



Cálculos de la disponibilidad central electrica

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad por mes
Noviembre 2021	96%



Cálculos de la disponibilidad banda transportadora n°1

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

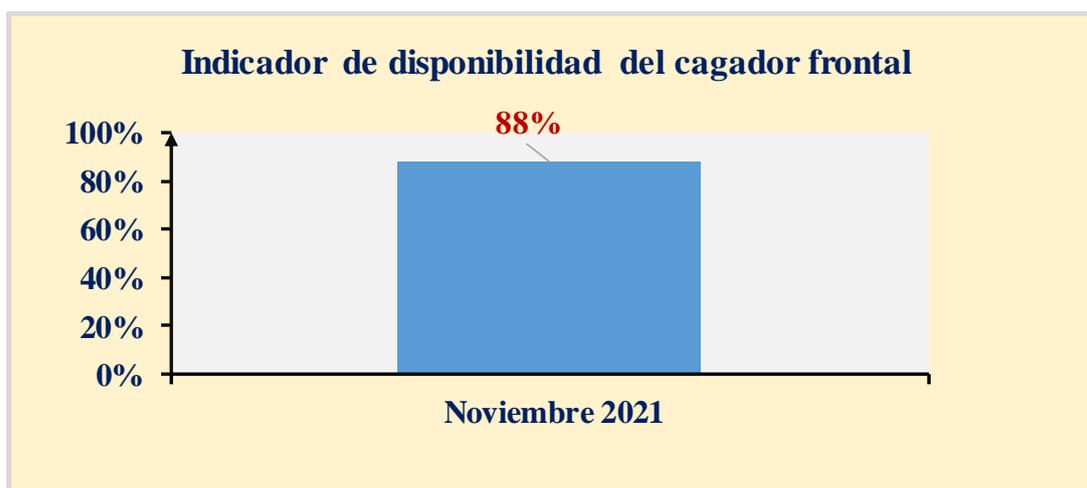
Mes	Disponibilidad por mes
Noviembre 2021	88%



Cálculos de la disponibilidad cargador frontal

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad por mes
Noviembre 2021	88%



Cálculos de la disponibilidad hornos de coquizacion

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad por mes
Noviembre 2021	86%



Cálculos de la disponibilidad banda transportadora n°2

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad por mes
Noviembre 2021	88%



Ficha técnica

Formato: FMANCOV0113

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Página: 1 de 1

Báscula

MACORE0111



Descripción

La finalidad de la **báscula** es controlar y registrar los vehículos que ingresan a las instalaciones para obtener datos de pesadas, horas de ingreso, datos de la unidad y municipio de donde viene la unidad.

Características técnicas

Peso de operación: 45 toneladas Peso de diseño: 60 Toneladas

Dimensiones: 21,30 X 3,0 m

Marca: Fairbanks

Modelo: RC MegabarFP7010-C

Tensión: 220 V

Indicador de peso: Electrónico-digital

Fuente de poder: Power supply

Transformador de aislamiento: SÍ APLICA

División de escala: 10 kg
compuesta 10 celdas de carga
de 50,000 Lb

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Ficha técnica

Formato: FMANCOV0113

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Página: 1 de 1

Sistema eléctrico MACOAE0113



Máquina

Voltaje: Independientes

Voltaje N°1: 110 - 220 V

Marca contactores: Chint (20-25-30) Amp

Marca contactores: Schneider Electric (50 Amp)

Marca Relé térmico: Chint (0,63-25) Amp

Marca Relé térmico: Schneider Electric (23.32) Amp

Timer Electric: SinuTimer 30 amp/220V

Breaker: Schneider Electric (40 Amp)

Elaborado por: _____ **Aprobado por:** _____

Fecha: ____ / ____ / ____

Fecha: ____ / ____ / ____

Ficha técnica

Formato: FMANCOV0113

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Página: 1 de 1

Central eléctrica

MACOAE0114



Motor

Modelo: Cummins 4BT-S2

Aspiraciones: Natural

Revoluciones: 1800 rev/min

Gobernador: Mecánico

Tipo de aceite: 15 W 40

Desplazamiento: 4.1 litros

Sistema arranque: Eléctrico

Combustible: Diesel

Generador

Modelo: tipo PI144J

Potencia standby: 35 kw/45 kva

N° de fases: 3 fases

Potencia prime: 33 kw/41 kva

Frecuencia: 60 Hz

Voltaje: 220 V

Regulación: AVR

Consumo de combustible: 2,6 Gal/hr

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Ficha técnica

Formato: FMANCOV0113

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Página: 1 de 2

Banda transportadora N°1

MACOMO0115



Máquina

Tipo: Industrial

Condición: Operativa

Modelo: BAM 50

Gancho de la banda: 20 Pulg

N° estaciones: 3 estaciones con rodillos

Sistema móvil: neumáticos rin 15 Pulg

Material: Acero al carbono

Material de la banda: 3 capas de Chevrons

Descripción

La **banda transportadora** tiene la función de mover el mineral de un área a otra, e inclusive para cargar las tracto mulas de carbón cuando se procede al proceso de venta

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Ficha técnica

Formato: FMANCOV0113

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

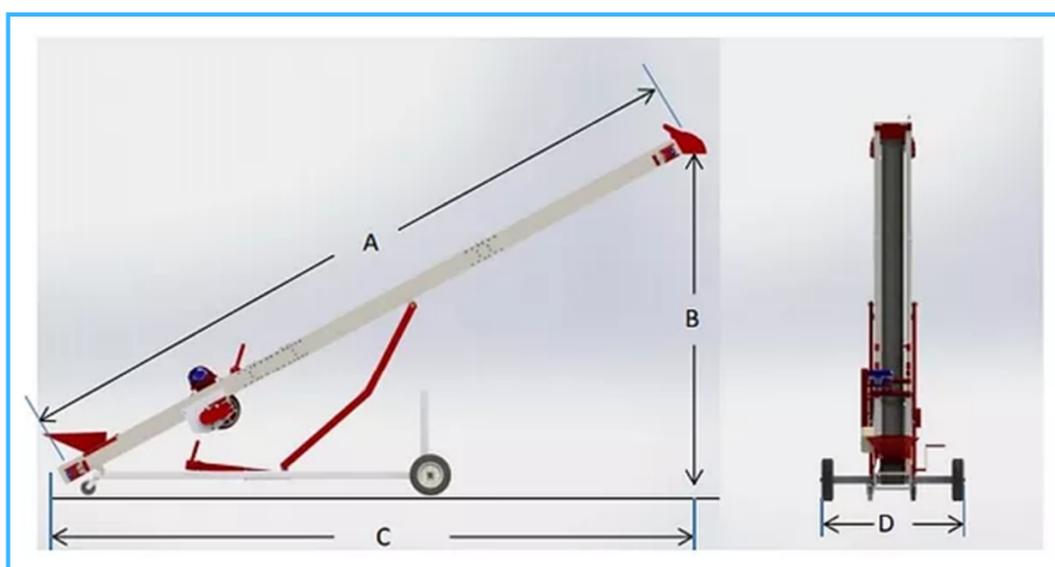
Página: 2 de 2

Banda transportadora N°1 MACOM00115

Transmisión: Motorreductor eléctrico con reductores adicionales por medio de spoker y cadena

Sistema de ajuste de altura: Por medio de un actuador mecánico

Dimensiones



Modelo	A	B	C	D
BAN 50	15 metros	3,80 metros	6,3 metros	13,5 metros

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Ficha técnica

Formato: FMANCOV0113

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Página: 1 de 2

Cargador frontal

MACOEM0116



Máquina

Marca: Caterpillar

Serie: 9HK00328

Modelo: 950 F

Condición: Operativa

Velocidad de desplazamiento

Avance: 39,3 km/h

Retroceso: 43 km/h

Descripción

El **cargador frontal** se utiliza para desplazar el mineral hacia las área de coquización (antes y después de la coquización), área de almacenamiento, acopio y para el proceso de cargue del mineral hacia la carrocerías de las tracto mulas cuando se hace la venta.

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Ficha técnica

Formato: FMANCOV0113

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Página: 2 de 2

Cargador frontal **MACOEM0116**

Motor

Marca: Caterpillar	Modelo: 3116
Cilindrada: 6,6 l	Revoluciones: 2600 rev/min
Potencia: 230 Hp	Depósito: 222 L
Caudal de la bomba: 237 l/min	Presión bomba: 20684 KPa

Capacidad

Carter de aceite: 20 L	Volumen refrigerante: 49 L
Volumen fluido transmisión: 34 L	Volumen fluido eje delantero: 36 L
Tensión funcionamiento: 24 V	Balaneo eje trasero: 26°
Tamaño de los neumáticos: 23,5 - 25,12 PR	

Dimensiones

Caudal de la bomba: 237 l/min

Presión del caudal: 20684 Kpa

Sistema hidráulico: 153 l

Elaborado por: _____ **Aprobado por:** _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Ficha técnica

Formato: FMANCOV0113

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Página: 1 de 1

Hornos de coquización

MACOC00110



Carcaterísticas de los hornos

Tiempo de coquización: 72 horas

Temperatura de operación: (1.000-1.200 grado centígrados)

Capacidad de trabajo: 5 toneladas de carbón

Material: Ladrillo refractario bajo en alúmina

Temperatura máxima de los ladrillos: 1500 °C

Dimensiones: 4 metros de alto, 3,5 metros de ancho y 13,5 metros de largo

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Ficha técnica

Formato: FMANCOV0113

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Página: 1 de 2

Banda transportadora N°2

MACOM00117



Máquina

Tipo: Industrial

Condición: Operativa

Modelo: BAM 50

Gancho de la banda: 20 Pulg

N° estaciones: 3 estaciones con rodillos

Sistema móvil: neumáticos rin 15 Pulg

Material: Acero al carbono

Material de la banda: 3 capas de Chevrons

Descripción

La **banda transportadora** tiene la función de mover el mineral de un área a otra, e inclusive para cargar las tracto mulas de carbón cuando se procede al proceso de venta

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Ficha técnica

Formato: FMANCOV0113

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

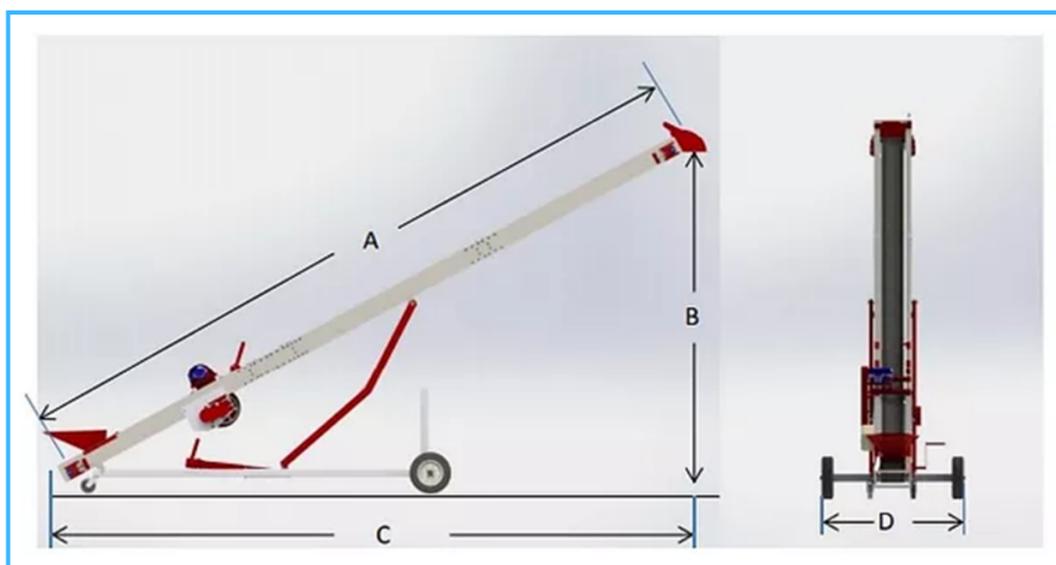
Página: 2 de 2

Banda transportadora N°2 MACOM00117

Transmisión: Motorreductor eléctrico con reductores adicionales por medio de spoker y cadena

Sistema de ajuste de altura: Por medio de un actuador mecánico

Dimensiones



Modelo	A	B	C	D
BAN 50	15 metros	3,80 metros	6,3 metros	13,5 metros

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Anexo 6. Actividades preoperacionales

Actividades preoperacionales

Formato: FMANCOV0126

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Báscula

Página 1 de 1

Actividad	Frecuencia	Descripción
Comprobación	Diario	Comprobar estado de las rutas de aproximación
Comprobación	Diario	Comprobar si existe fijación entre la plataforma y la cimentación
Comprobación	Diario	Comprobar los bordes de la bascula para detectar objetos extraños
Comprobación	Diario	Comprobar el área debajo de la bascula para detectar la acumulación de residuos
Comprobación	Diario	Comprobar funcionamiento de los sistemas de drenaje
Comprobación	Diario	Comprobar la plataforma de pesaje para detectar corrosión, grietas o soldaduras rotas
Comprobación	Diario	Comprobar el estado de las barandales laterales
Comprobación	Diario	Comprobar el estado de las protecciones externas

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____ Fecha: ____/____/____

Actividades preoperacionales

Formato: FMANCOV0126

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Central eléctrica

Página 1 de 1

Actividad	Frecuencia	Descripción
Comprobación	Diario	Comprobar el nivel de refrigerante en el radiador
Comprobación	Diario	Comprobar el nivel del aceite
Comprobación	Diario	Comprobar el nivel de combustible en el tanque
Comprobación	Diario	Comprobar el nivel de electrolito en las baterías
Comprobación	Diario	Comprobar la válvula de combustible abiertas
Comprobación	Diario	Comprobar que no exista fugas de agua aceite y/o combustible
Comprobación	Diario	Comprobar si hay tornillos flojos, elementos caídos, sucios o faltantes en el motor y tablero

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____ Fecha: ____/____/____

Actividades preoperacionales

Formato: FMANCOV0126

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Banda transportadora N°1

Página 1 de 1

Actividad	Frecuencia	Descripción
Comprobación	Diario	Inspección general de la estructura
Comprobación	Diario	Inspección de los rodillos triples de carga y retorno
Comprobación	Diario	Inspección de la catarina
Comprobación	Diario	Inspección de la cadena motriz
Comprobación	Diario	Inspección de rodillo inferior y superior
Comprobación	Diario	Inspección de la alineación de la banda
Comprobación	Diario	Inspección de la tensión de la banda
Comprobación	Diario	Inspección del arrancador del motro del reductor
Comprobación	Diario	Medir amperaje del motor reductor

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Actividades preoperacionales

Formato: FMANCOV0126

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Cargador frontal

Página 1 de 1

Actividad	Frecuencia	Descripción
Comprobación	Diario	Comprobar el nivel de combustible en el depósito
Comprobación	Diario	Comprobar el funcionamiento de la alarma de retroceso
Comprobación	Diario	Comprobar el nivel de aceite del pasador del cucharón y de la pluma
Comprobación	Diario	Comprobar el nivel de refrigerante del sistema de enfriamiento
Comprobación	Diario	Comprobar el nivel de aceite del motor
Comprobación	Diario	Comprobar el nivel de aceite del sistema hidráulico
Comprobación	Diario	Comprobar el nivel de aceite del sistema de la dirección y frenos
Comprobación	Diario	Comprobar el nivel de aceite de la transmisión
Comprobación	Diario	Comprobar la tensión y estado de las correas del motor
Comprobación	Diario	Comprobar que no existan fugas, derrames de líquidos de la máquina en los alrededores

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Actividades preoperacionales

Formato: FMANCOV0126

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Banda transportadora N°2**Página 1 de 1**

Actividad	Frecuencia	Descripción
Comprobación	Diario	Inspección general de la estructura
Comprobación	Diario	Inspección de los rodillos triples de carga y retorno
Comprobación	Diario	Inspección de la catarina
Comprobación	Diario	Inspección de la cadena motriz
Comprobación	Diario	Inspección de rodillo inferior y superior
Comprobación	Diario	Inspección de la alineación de la banda
Comprobación	Diario	Inspección de la tensión de la banda
Comprobación	Diario	Inspección del arrancador del motro del reductor
Comprobación	Diario	Medir amperaje del motor reductor

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Anexo 7. Actividades de mantenimiento

Actividades de mantenimiento

Formato: FMANCOV0117

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Báscula

Página 1 de 1

Actividad	Frecuencia	Descripción
Comprobación	Semanal	Comprobar el funcionamiento de la libertad de movimiento
Comprobación	Semanal	Comprobar acopladores de módulos de la plataforma
Comprobación	Mensual	Comprobar los sistemas de puesta tierra y de protección contra rayos
Comprobación	Mensual	Comprobar la caja de conexiones de cables para detectar residuos y humedad
Comprobación	Mensual	Comprobar el ajuste adecuado de las conexiones de las cajas
Comprobación	Mensual	Comprobar el estado del sello de la caja de conexiones
Comprobación	Semestral	Comprobar los mensajes de error o registros de datos de la terminal
Comprobación	Semestral	Comprobar que la terminal este correctamente puesta a tierra
Comprobación	Semestral	Comprobar los sellos de pesos y medidas correspondientes

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Actividades de mantenimiento

Formato: FMANCOV0119

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Sistema eléctrico

Página 1 de 1

Actividad	Frecuencia	Descripción
Limpieza	Trimestral	Realizar limpieza de la superficie externa
Comprobación	Trimestral	Comprobar el estado de los cables de alto voltaje
Comprobación	Trimestral	Comprobar el funcionamiento de los breaker
Comprobación	Trimestral	Comprobar el funcionamiento de los relés térmicos
Comprobación	Trimestral	Comprobar el funcionamiento de los timer
Comprobación	Trimestral	Comprobar el funcionamiento de los pulsadores
Comprobación	Semestral	Comprobar ajuste de las conexiones eléctricas
Limpieza	Semestral	Realizar limpieza general interna a las conexiones internas
Limpieza	Semestral	Realizar limpieza general interna a las conexiones externas

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Actividades de mantenimiento

Formato: FMANCOV0120

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Central eléctrica

Página 1 de 2

Actividad	Frecuencia	Descripción
Comprobación	Semanal	Comprobar el nivel de electrolito en las baterías, así como remover el sulfato en sus terminales
Comprobación	Semanal	Comprobar que no exista fugas de agua aceite y/o combustible
Comprobación	Semanal	Comprobar si hay tornillos flojos, elementos caídos, sucios o faltantes en el motor y tablero
Comprobación	Semanal	Comprobar el nivel de refrigerante en el radiador
Comprobación	Semanal	Comprobar el nivel de aceite
Comprobación	Semanal	Comprobar el nivel de combustible en el tanque
Cambio	Trimestral	Cambio de filtro de aceite
Cambio	Trimestral	Cambio de filtro de agua
Comprobación	Trimestral	Comprobar el estado de batería y checar reemplazo
Comprobación	Trimestral	Comprobar el estado de mangueras de alimentación y retorno

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Actividades de mantenimiento

Formato: FMANCOV0120

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Central eléctrica

Página 2 de 2

Actividad	Frecuencia	Descripción
Cambio	Trimestral	Realizar cambio de aceite
Comprobación	Trimestral	Comprobar el estado de mangueras del precalentador
Limpieza	Trimestral	Realizar limpieza de tablero de control
Limpieza	Trimestral	Realizar limpieza de tanque de día
Comprobación	Trimestral	Comprobar el nivel de agua de radiador
Comprobación	Trimestral	Comprobar el nivel de aceite
Comprobación	Trimestral	Comprobar el Nivel de electrolito
Comprobación	Trimestral	Comprobar el nivel de combustible
Drenado	Trimestral	Realizar el drenado de tanque de combustible
Comprobación	Trimestral	Comprobar el voltaje de batería en reposo

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____ Fecha: ____/____/____

Actividades de mantenimiento

Formato: FMANCOV0121

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Banda transportadora N°1

Página 1 de 1

Actividad	Frecuencia	Descripción
Comprobación	Mensual	Comprobar el nivel de aceite del motor reductor
Lubricación	Mensual	Realizar relleno de lubricante de la caja del reductor
Lubricación	Mensual	Lubricación de la cataerina
Lubricación	Mensual	Engrasar las cumaceras
Lubricación	Mensual	Lubricación de la cadena motriz
Cambio	Trimestral	Cambio de aceite del motor
Comprobación	Trimestral	Revisar la alineación del motor
Comprobación	Trimestral	Revisar la la alineación del grupo motoreductor
Cambio	Semestral	Cambiar las chumaceras
Cambio	Semestral	Cambiar los baleros
Cambio	Semestral	Cambiar los rodillos de retorno
Cambio	Semestral	Cambiar la banda completa

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Actividades de mantenimiento

Formato: FMANCOV0122

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Cargador frontal**Página 1 de 2**

Actividad	Frecuencia	Descripción
Cambio	250 horas	Cambio de filtro de aire primario
Cambio	250 horas	Cambio de filtro de aceite
Cambio	250 horas	Cambio de filtro separador de agua
Cambio	250 horas	Cambio de filtro de combustible
Cambio	250 horas	Cambio de aceite motor 15w40
Comprobación	500 horas	Se debe llevar a cabo las actividades de mantenimiento a las 250 horas
Cambio	500 horas	Cambio de filtro de transmisión
Comprobación	500 horas	Revisión de nivel de aceite de transmisión
Cambio	500 horas	Cambio de filtro de aire secundario
Cambio	500 horas	Cambio de filtro de aire primario
Cambio	500 horas	Cambio de filtro de aceite
Cambio	500 horas	Cambio de filtro separador de agua
Cambio	500 horas	Cambio de filtro de combustible
Cambio	500 horas	Cambio de aceite motor 15w40

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Actividades de mantenimiento

Formato: FMANCOV0122

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Cargador frontal

Página 2 de 2

Actividad	Frecuencia	Descripción
Comprobación	1000 horas	Se debe llevar a cabo las actividades de mantenimiento a las 250 horas
Cambio	1000 horas	Cambio de filtro elemento de presión
Cambio	1000 horas	Cambio del filtro hidráulico
Comprobación	1000 horas	Revisión del aceite hidráulico
Cambio	1000 horas	Cambio aceite de transmisión
Cambio	1000 horas	Cambio de filtro transmisión
Comprobación	1000 horas	Se debe llevar a cabo las actividades de mantenimiento a las 250 horas
Cambio	1000 horas	Cambio de filtro de transmisión
Cambio	1000 horas	Cambio de filtro de aire secundario
Comprobación	1000 horas	Revisión de nivel de aceite de transmisión
Cambio	2000 horas	Cambio de filtro elemento de presión
Cambio	2000 horas	Cambio del filtro hidráulico
Cambio	2000 horas	cambio de aceite hidráulico
Cambio	2000 horas	Cambio aceite de transmisión
Calibración	2000 horas	Calibración de válvulas

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____ Fecha: ____/____/____

Actividades de mantenimiento

Formato: FMANCOV0123

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Hornos de coquización

Página 1 de 1

Actividad	Frecuencia	Descripción
Comprobación	Semanal	Realizar inspección visual a las paredes externa de los hornos en busca de grietas, fisuras o cualquier anomalía
Comprobación	Semanal	Realizar inspección visual a las paredes externa de los ductos extractores de humos
Comprobación	Semanal	Realizar inspección visual a los conductos de conexión de humo entre la chimenea
Limpieza	Mensual	Realizar limpieza a los componentes mecánicos de los extractores sopladores de humo
Comprobación	Mensual	Comprobar estado y funcionamiento de los elementos de fricción de los extractores sopladores de humo
Comprobación	Semestral	Realizar inspección visual a la superficie interna de los hornos (AL MOMENTO DE REALIZAR LA INSPECCIÓN EL HORNO DEBE TENER 12 HORAS SIN OPERACIÓN, ADEMÁS CONTAR CON LA COMPAÑÍA DE UN SUPERVISOR)

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Actividades de mantenimiento

Formato: FMANCOV0124

Versión: VERFMAN0101

Fecha: 12/12/2021

Banda transportadora N°2**Página 1 de 1**

Actividad	Frecuencia	Descripción
Comprobación	Mensual	Comprobar el nivel de aceite del motor reductor
Lubricación	Mensual	Realizar relleno de lubricante de la caja del reductor
Lubricación	Mensual	Lubricación de la cataerina
Lubricación	Mensual	Engrasar las cumaceras
Lubricación	Mensual	Lubricación de la cadena motriz
Cambio	Trimestral	Cambio de aceite del motor
Comprobación	Trimestral	Revisar la alineación del motor
Comprobación	Trimestral	Revisar la la alineación del grupo motoreductor
Cambio	Semestral	Cambiar las chumaceras
Cambio	Semestral	Cambiar los baleros
Cambio	Semestral	Cambiar los rodillos de retorno
Cambio	Semestral	Cambiar la banda completa

Elaborado por: _____ Aprobado por: _____

Fecha: ____/____/____

Fecha: ____/____/____

Anexo 8. Cronograma de actividades de mantenimiento

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANTA C1 COVENSA LTDA																																														
		CÓDIGO	FMANCOV0125				VERSIÓN	VERFMAN0101				FECHA DE EMISIÓN	12/12/2021																																			
FECHA:	01 DE ENERO				A	31 DE DICIEMBRE				AÑO	2022																																					
MÁQUINA:	Báscula				CÓDIGO:	MACORE0111				PÁGINA:	1 DE 1																																					
Actividades de mantenimiento	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Comprobar el funcionamiento de la libertad de movimiento	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE								
Comprobar acopladores de módulos de la plataforma	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE								
Comprobar los sistemas de puesta tierra y de protección contra rayos	ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME										
Comprobar la caja de conexiones de cables para detectar residuos	ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME										
Comprobar el ajuste adecuado de las conexiones de las cajas	ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME										
Comprobar el estado del sello de la caja de conexiones	ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME			ME	ME										
Comprobar los mensajes de error o registros de datos de la terminal	SM	SM																							SM	SM																						
Comprobar que la terminal este correctamente puesta a tierra	SM	SM																							SM	SM																						
Comprobar los sellos de pesos y medidas correspondientes	SM	SM																							SM	SM																						
Actividades semanales	SE				Actividades mensuales	ME				Actividades trimestrales	TR				Actividades semestrales	SM				Actividades anuales	AN																											
Realizado por:	_____																Aprobado por:	_____																														
Fecha:	_____																Fecha:	_____																														

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANTA C1 COVENSA LTDA																																															
CÓDIGO		FMANCOV0125				VERSIÓN		VERFMAN0101		FECHA DE EMISIÓN		12/12/2021																																					
FECHA:		01 DE ENERO				A		31 DE DICIEMBRE				AÑO		2022																																			
MÁQUINA:		Sistema eléctrico								CÓDIGO:				MACOAE0113				PÁGINA:		1 DE 1																													
Actividades de mantenimiento		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Realizar limpieza de la superficie externa					TR																																												
Comprobar el estado de los cables de alto voltaje					TR																																												
Comprobar el funcionamiento de los breaker					TR																																												
Comprobar el funcionamiento de los relés térmicos					TR																																												
Comprobar el funcionamiento de los timer					TR																																												
Comprobar el funcionamiento de los pulsadores					TR																																												
Comprobar ajuste de las conexiones eléctricas					SM																																												
Realizar limpieza general interna a las conexiones internas					SM																																												
Realizar limpieza general interna a las conexiones externas					SM																																												
Actividades semanales		SE				Actividades mensuales				ME				Actividades trimestrales				TR				Actividades semestrales				SM				Actividades anuales				AN															
Realizado por:		_____																																Aprobado por:		_____													
Fecha:		_____																																Fecha:		_____													

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANTA C1 COVENSA LTDA																																															
CÓDIGO		FMANCOV0125							VERSIÓN		VERFMAN0101							FECHA DE EMISIÓN				12/12/2021																											
FECHA:		01 DE ENERO							A		31 DE DICIEMBRE							AÑO				2022																											
MÁQUINA:		Central eléctrica														CÓDIGO:				MACOAE0114										PÁGINA:				1 DE 2															
Actividades de mantenimiento		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Comprobar el nivel de refrigerante en el radiador		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Comprobar el nivel de aceite		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Comprobar el nivel de combustible en el tanque		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Comprobar nivel en las baterías y remover el sulfato en terminales		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Comprobar que no exista fugas de agua aceite y/o combustible		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Comprobar tornillos flojos, elementos caídos, sucios o faltantes en el motor		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Cambio de filtro de aceite		TR												TR																TR																			
Cambio de filtro de agua		TR												TR																TR																			
Comprobar el estado de batería y chequear reemplazo		TR												TR																TR																			
Comprobar el estado de mangueras de alimentación y retorno		TR												TR																TR																			
Realizar cambio de aceite		TR												TR																TR																			
Actividades semanales	SE	Actividades mensuales	ME	Actividades trimestrales	TR	Actividades semestrales	SM	Actividades anuales	AN																																								
Realizado por: _____					Aprobado por: _____																																												
Fecha: _____					Fecha: _____																																												

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANTA C1 COVENSA LTDA																																															
CÓDIGO		FMANCOV0125				VERSIÓN		VERFMAN0101		FECHA DE EMISIÓN		12/12/2021																																					
FECHA:		01 DE ENERO				A		31 DE DICIEMBRE				AÑO		2022																																			
MÁQUINA:		Central eléctrica						CÓDIGO:		MACOAE0114						PÁGINA:		2 DE 2																															
Actividades de mantenimiento		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Comprobar el estado de mangueras del precalentador			TR																																														
Realizar limpieza de tablero de control			TR																																														
Realizar limpieza de tanque de día			TR																																														
Comprobar el nivel de agua de radiador			TR																																														
Comprobar el nivel de aceite			TR																																														
Comprobar el Nivel de electrolito			TR																																														
Comprobar el nivel de combustible			TR																																														
Realizar el drenado de tanque de combustible			TR																																														
Comprobar el voltaje de batería en reposo			TR																																														

Actividades semanales	SE	Actividades mensuales	ME	Actividades trimestrales	TR	Actividades semestrales	SM	Actividades anuales	AN
-----------------------	-----------	-----------------------	-----------	--------------------------	-----------	-------------------------	-----------	---------------------	-----------

Realizado por: _____	Aprobado por: _____
Fecha: _____	Fecha: _____

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANTA C1 COVENSA LTDA																																															
CÓDIGO		FMANCOV0125				VERSIÓN		VERFMAN0101		FECHA DE EMISIÓN		12/12/2021																																					
FECHA:		01 DE ENERO				A		31 DE DICIEMBRE				AÑO		2022																																			
MÁQUINA:		Banda transportadora N°1								CÓDIGO:				MACOMO0115				PÁGINA:		1 DE 1																													
Actividades de mantenimiento		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Comprobar el nivel de aceite del motor reductor		ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME							
Realizar relleno de lubricante de la caja del reductor		ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME							
Lubricación de la cataerina		ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME							
Engrasar las cumaceras		ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME							
Lubricación de la cadena motriz		ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME							
Cambio de aceite del motor		TR								TR								TR								TR								TR															
Revisar la alineación del motor		TR								TR								TR								TR								TR															
Revisar la la alineación del grupo motoreductor		TR								TR								TR								TR								TR															
Cambiar las chumaceras		SM																SM								SM								SM															
Cambiar los baleros		SM																SM								SM								SM															
Cambiar los rodillos de retorno		SM																SM								SM								SM															

Actividades semanales	SE	Actividades mensuales	ME	Actividades trimestrales	TR	Actividades semestrales	SM	Actividades anuales	AN
-----------------------	-----------	-----------------------	-----------	--------------------------	-----------	-------------------------	-----------	---------------------	-----------

Realizado por: _____	Aprobado por: _____
Fecha: _____	Fecha: _____

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANTA C1 COVENSA LTDA																																															
CÓDIGO		FMANCOV0125				VERSIÓN		VERFMAN0101				FECHA DE EMISIÓN		12/12/2021																																			
FECHA:		01 DE ENERO				A		31 DE DICIEMBRE				AÑO		2022																																			
MÁQUINA:		Cargador frontal								CÓDIGO:				MACOEM0116				PÁGINA:		1 DE 3																													
Actividades de mantenimiento		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Cambio de filtro de aire primario					ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				
Cambio de filtro de aceite					ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				
Cambio de filtro separador de agua					ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				
Cambio de filtro de combustible					ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				
Cambio de aceite motor 15w40					ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				
Se debe llevar a cabo las actividades de mantenimiento a las 250 horas					TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				
Cambio de filtro de transmisión					TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				
Revisión de nivel de aceite de transmisión					TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				
Cambio de filtro de aire secundario					TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				
Cambio de filtro de aire primario					TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				
Cambio de filtro de aceite					TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				TR				
Actividades semanales	SE	Actividades mensuales				ME	Actividades trimestrales				TR	Actividades semestrales				SM	Actividades anuales				AN																												
Realizado por: _____		Aprobado por: _____																																															
Fecha: _____		Fecha: _____																																															

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANTA C1 COVENSA LTDA																																															
CÓDIGO		FMANCOV0125				VERSIÓN		VERFMAN0101		FECHA DE EMISIÓN		12/12/2021																																					
FECHA:		01 DE ENERO				A		31 DE DICIEMBRE				AÑO		2022																																			
MÁQUINA:		Cargador frontal				CÓDIGO:		MACOEM0116				PÁGINA:		2 DE 3																																			
Actividades de mantenimiento		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Cambio de filtro separador de agua					TR												TR																																
Cambio de filtro de combustible					TR												TR																																
Cambio de aceite motor 15w40					TR												TR																																
Se debe llevar a cabo las actividades de mantenimiento a las 250 horas					SM																																												
Cambio de filtro elemento de presión					SM																																												
Cambio del filtro hidráulico					SM																																												
Revisión del aceite hidráulico					SM																																												
Cambio aceite de transmisión					SM																																												
Cambio de filtro transmisión					SM																																												
Se debe llevar a cabo las actividades de mantenimiento a las 250 horas					SM																																												
Cambio de filtro de transmisión					SM																																												

Actividades semanales	SE	Actividades mensuales	ME	Actividades trimestrales	TR	Actividades semestrales	SM	Actividades anuales	AN
-----------------------	-----------	-----------------------	-----------	--------------------------	-----------	-------------------------	-----------	---------------------	-----------

Realizado por: _____	Aprobado por: _____
Fecha: _____	Fecha: _____

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANTA C1 COVENSA LTDA																																															
CÓDIGO		FMANCOV0125				VERSIÓN		VERFMAN0101		FECHA DE EMISIÓN		12/12/2021																																					
FECHA:		01 DE ENERO				A		31 DE DICIEMBRE				AÑO		2022																																			
MÁQUINA:		Hornos de coquización								CÓDIGO:				MACOCO0110				PÁGINA:		1 DE 1																													
Actividades de mantenimiento		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Realizar inspección visual a las paredes externa de los hornos en busca de grietas, fisuras o cualquier anomalía		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Realizar inspección visual a las paredes externa de los ductos extractores de humos		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Realizar inspección visual a los conductos de conexión de humo entre la chimenea		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE				
Realizar limpieza a los componentes mecánicos de los extractores sopladores de humo		ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME			
Comprobar estado y funcionamiento de los elementos de fricción de los extractores sopladores de humo		ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME			
Realizar inspección visual a la superficie interna de los hornos		SM																				SM																											
Actividades semanales	SE	Actividades mensuales				ME	Actividades trimestrales				TR	Actividades semestrales				SM	Actividades anuales				AN																												
Realizado por: _____																														Aprobado por: _____																			
Fecha: _____																														Fecha: _____																			

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANTA C1 COVENSA LTDA																																															
CÓDIGO		FMANCOV0125				VERSIÓN		VERFMAN0101		FECHA DE EMISIÓN		12/12/2021																																					
FECHA:		01 DE ENERO				A		31 DE DICIEMBRE				AÑO		2022																																			
MÁQUINA:		Banda transportadora N°2								CÓDIGO:				MACOMO0117				PÁGINA:		1 DE 1																													
Actividades de mantenimiento		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Comprobar el nivel de aceite del motor reductor		ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME							
Realizar relleno de lubricante de la caja del reductor		ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME							
Lubricación de la cataerina		ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME							
Engrasar las cumaceras		ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME							
Lubricación de la cadena motriz		ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME				ME							
Cambio de aceite del motor		TR								TR								TR								TR								TR															
Revisar la alineación del motor		TR								TR								TR								TR								TR															
Revisar la la alineación del grupo motoreductor		TR								TR								TR								TR								TR															
Cambiar las chumaceras		SM																SM								SM								SM															
Cambiar los baleros		SM																SM								SM								SM															
Cambiar los rodillos de retorno		SM																SM								SM								SM															

Actividades semanales	SE	Actividades mensuales	ME	Actividades trimestrales	TR	Actividades semestrales	SM	Actividades anuales	AN
-----------------------	-----------	-----------------------	-----------	--------------------------	-----------	-------------------------	-----------	---------------------	-----------

Realizado por: _____	Aprobado por: _____
Fecha: _____	Fecha: _____

Anexo 9. Lista de fallas

Lista de fallas bascula

Periodo de enero 2022

N°	Fecha de detención	Motivo de la detención	Horas de la detención
1	Jueves 06 de enero	Falla eléctrica	1
2	Lunes 10 de enero	Falla de balanceo	1,5
3	Jueves 13 de enero	Falla mecánica	1
4	Sábado 15 de enero	Falla de balanceo	0,5
5	Lunes 17 de enero	Falla de balanceo	1
6	Miércoles 19 de enero	Falla mecánica	2
7	Sábado 19 de enero	Falla de balanceo	1,5
8	Viernes 21 de enero	Falla de balanceo	1,5
9	Martes 25 de enero	Falla eléctrica	0,5
10	Miercoles 26 de enero	Falla mecánica	1
11	Miercoles 26 de enero	Falla de balanceo	0,5
12	Viernes 28 de enero	Falla eléctrica	1
13	Lunes 31 de enero	Falla de balanceo	1,5

Total horas de parada por fallas	13
Total horas trabajadas	216

Total horas diarias de trabajo	192
Total horas de descanso (almuerzo)	24

Lista de fallas bascula

Periodo de febrero 2022

N°	Fecha de detención	Motivo de la detención	Horas de la detención
1	<u>Viernes 04 de febrero</u>	<u>Falla de balanceo</u>	<u>1</u>
2	<u>Martes 08 de febrero</u>	<u>Falla eléctrica</u>	<u>1,5</u>
3	<u>Viernes 11 de febrero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>1</u>
4	<u>Viernes 11 de febrero</u>	<u>Falla de balanceo</u>	<u>0,5</u>
5	<u>Lunes 14 de febrero</u>	<u>Falla de balanceo</u>	<u>1</u>
6	<u>Miercoles 16 de febrero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>1,5</u>
7	<u>Viernes 18 de febrero</u>	<u>Falla de balanceo</u>	<u>1</u>
8	<u>Sábado 19 de febrero</u>	<u>Falla de balanceo</u>	<u>1,5</u>
9	<u>Martes 22 de febrero</u>	<u>Falla eléctrica</u>	<u>0,5</u>
10	<u>Miercoles 23 de febrero</u>	<u>Falla de balanceo</u>	<u>1</u>
11	<u>Lunes 28 de febrero</u>	<u>Falla eléctrica</u>	<u>0,5</u>

Total horas de parada por fallas	11
Total horas trabajadas	216

Total horas diarias de trabajo	192
Total horas de descanso (almuerzo)	24

Lista de fallas sistema eléctrico

Periodo de enero 2022

N°	Fecha de detención	Motivo de la detención	Horas de la detención
1	Miercoles 02 de enero	Falla mecánica	2
2	Viernes 04 de enero	Falla eléctrica	2,5
3	Miercoles 09 de enero	Falla mecánica	1
4	Viernes 11 de enero	Falla hidráulica	1
5	Martes 15 de enero	Falla hidráulica	1
6	Miercoles 16 de enero	Falla mecánica	2
7	Sábado 19 de enero	Falla eléctrica	2
8	Lunes 21 de enero	Falla mecánica	1,5
9	Martes 22 de enero	Falla eléctrica	1
10	Miercoles 23 de enero	Falla mecánica	1
11	Viernes 25 de enero	Falla eléctrica	0,5
12	Lunes 28 de enero	Falla mecánica	1

Total horas de parada por fallas	13.5
Total horas trabajadas	216

Total horas diarias de trabajo	192
Total horas de descanso (almuerzo)	24

Lista de fallas banda transportadora N°1

Periodo de enero 2022

N°	Fecha de detención	Motivo de la detención	Horas de la detención
1	Miércoles 02 de enero	Falla mecánica	2
2	Viernes 04 de enero	Falla eléctrica	1,5
3	Miercoles 09 de enero	Falla mecánica	1
4	Viernes 11 de enero	Falla hidráulica	1,5
5	Martes 15 de enero	Falla hidráulica	1
6	Miercoles 16 de enero	Falla mecánica	2
7	Sábado 19 de enero	Falla eléctrica	2
8	Sábado 22 de enero	Falla mecánica	1,5
9	Lunes 24 de enero	Falla mecánica	1,5
10	Martes 25 de enero	Falla eléctrica	2
11	Miercoles 26 de enero	Falla mecánica	1,5
12	Jueves 27 de enero	Falla mecánica	1
13	Jueves 27 de enero	Falla mecánica	1,5
14	Sábado 29 de enero	Falla mecánica	2
15	Lunes 31 de enero	Falla mecánica	2

Total horas de parada por fallas	24
Total horas trabajadas	216

Total horas diarias de trabajo	192
Total horas de descanso (almuerzo)	24

Lista de fallas banda transportadora N°1

Periodo de febrero 2022

N°	Fecha de detención	Motivo de la detención	Horas de la detención
1	Miercoles 02 de febrero	Falla mecánica	2,5
2	Viernes 04 de febrero	Falla eléctrica	1,5
3	Miercoles 09 de febrero	Falla mecánica	1
4	Viernes 11 de febrero	Falla hidráulica	2
5	Martes 15 de febrero	Falla hidráulica	1,5
6	Miercoles 16 de febrero	Falla mecánica	2
7	Sábado 19 de febrero	Falla eléctrica	2
8	Sábado 22 de febrero	Falla mecánica	1,5
9	Lunes 24 de febrero	Falla mecánica	2
10	Martes 25 de febrero	Falla eléctrica	1,5
11	Miercoles 26 de febrero	Falla mecánica	1,5
12	Jueves 27 de febrero	Falla mecánica	2

Total horas de parada por fallas	21
Total horas trabajadas	216

Total horas diarias de trabajo	192
Total horas de descanso (almuerzo)	24

Lista de fallas cargador frontal

Periodo de enero 2022

N°	Fecha de detención	Motivo de la detención	Horas de la detención
1	<u>Lunes 03 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>2</u>
2	<u>Martes 04 de enero</u>	<u>Falla eléctrica</u>	<u>1,5</u>
3	<u>Viernes 07 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>1</u>
4	<u>Martes 11 de enero</u>	<u>Falla hidráulica</u>	<u>2</u>
5	<u>Jueves 13 de enero</u>	<u>Falla hidráulica</u>	<u>1</u>
6	<u>Sábado 15 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>1,5</u>
7	<u>Lunes 17 de enero</u>	<u>Falla eléctrica</u>	<u>1,5</u>
8	<u>Miercoles 19 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>1,5</u>
9	<u>Viernes 21 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>0,5</u>
10	<u>Sábado 22 de enero</u>	<u>Falla eléctrica</u>	<u>1</u>
11	<u>Sábado 22 de enero</u>	<u>Falla mecánica</u>	<u>0,5</u>

Total horas de parada por fallas	14
Total horas trabajadas	216

Total horas diarias de trabajo	192
Total horas de descanso (almuerzo)	24

Lista de fallas hornos de coquización

Periodo de enero 2022

N°	Fecha de detención	Motivo de la detención	Horas de la detención
1	<u>Lunes 03 de enero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>2</u>
2	<u>Martes 04 de enero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>4</u>
3	<u>Viernes 07 de enero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>1</u>
4	<u>Martes 11 de enero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>2</u>
5	<u>Jueves 13 de enero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>2</u>
6	<u>Sábado 15 de enero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>4</u>
7	<u>Lunes 17 de enero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>2</u>
8	<u>Miercoles 19 de enero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>4</u>
9	<u>Viernes 21 de enero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>2</u>
10	<u>Sábado 22 de enero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>2</u>
11	<u>Sábado 22 de enero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>2</u>

Total horas de parada por fallas	27
Total horas trabajadas	216

Total horas diarias de trabajo	192
Total horas de descanso (almuerzo)	24

Lista de fallas hornos de coquización

Periodo de febrero 2022

N°	Fecha de detención	Motivo de la detención	Horas de la detención
1	<u>Miercoles 02 de febrero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>2</u>
2	<u>Viernes 04 de febrero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>2</u>
3	<u>Miercoles 09 de febrero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>1</u>
4	<u>Viernes 11 de febrero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>4</u>
5	<u>Martes 15 de febrero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>1</u>
6	<u>Miercoles 16 de febrero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>2</u>
7	<u>Sábado 19 de febrero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>2</u>
8	<u>Sábado 22 de febrero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>1,5</u>
9	<u>Lunes 24 de febrero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>2</u>
10	<u>Martes 25 de febrero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>4</u>
11	<u>Miercoles 26 de febrero</u>	<u>Deterioro</u>	<u>2</u>

Total horas de parada por fallas	23.5
Total horas trabajadas	216

Total horas diarias de trabajo	192
Total horas de descanso (almuerzo)	24

Lista de fallas banda transportadora N°2

Periodo de enero 2022

N°	Fecha de detención	Motivo de la detención	Horas de la detención
1	Miércoles 02 de enero	Falla mecánica	3
2	Viernes 04 de enero	Falla eléctrica	2
3	Miercoles 09 de enero	Falla mecánica	1,5
4	Viernes 11 de enero	Falla hidráulica	0,5
5	Martes 15 de enero	Falla hidráulica	2
6	Miercoles 16 de enero	Falla mecánica	2
7	Sábado 19 de enero	Falla eléctrica	2
8	Sábado 22 de enero	Falla mecánica	2,5
9	Lunes 24 de enero	Falla mecánica	2
10	Martes 25 de enero	Falla eléctrica	2
11	Miercoles 26 de enero	Falla mecánica	1,5
12	Jueves 27 de enero	Falla mecánica	2
13	Jueves 27 de enero	Falla mecánica	2

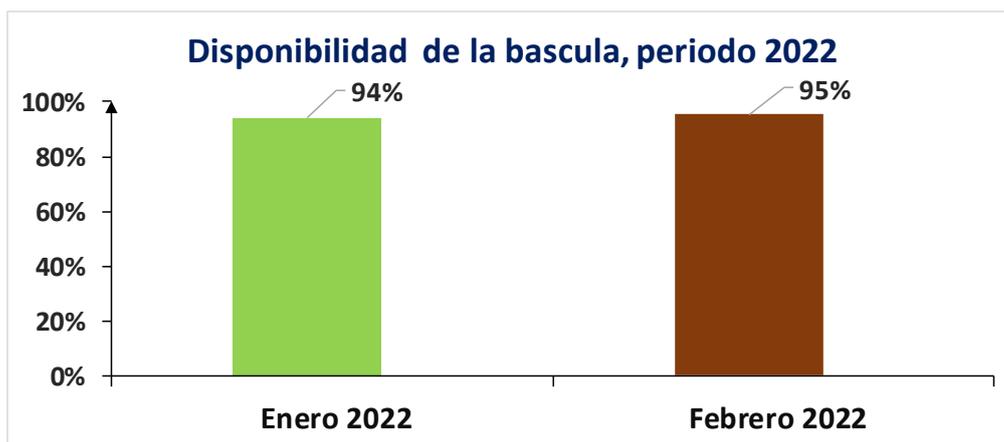
Total horas de parada por fallas	22
Total horas trabajadas	216

Total horas diarias de trabajo	192
Total horas de descanso (almuerzo)	24

Anexo 10. Indicador de disponibilidad

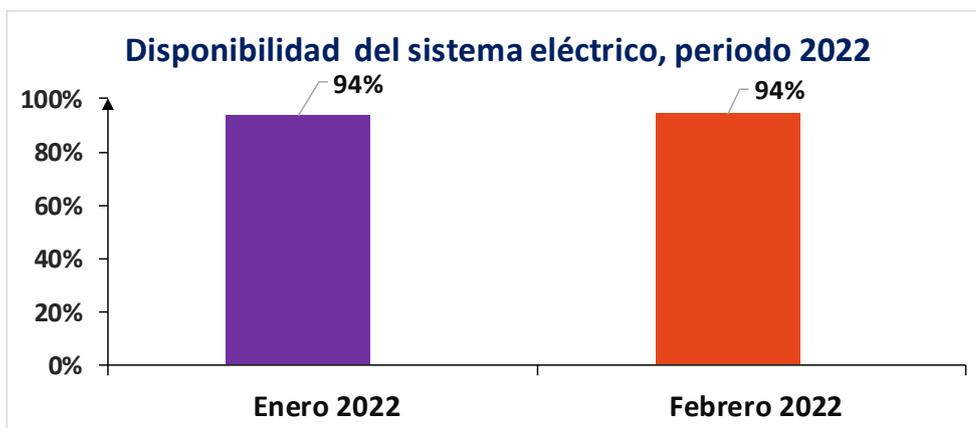
$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad
Enero 2022	94%
Febrero 2022	95%



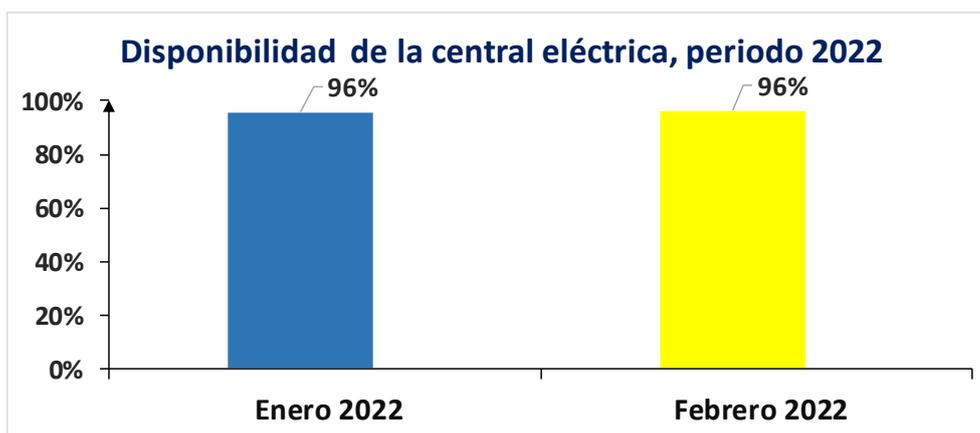
$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad
Enero 2022	94%
Febrero 2022	94%



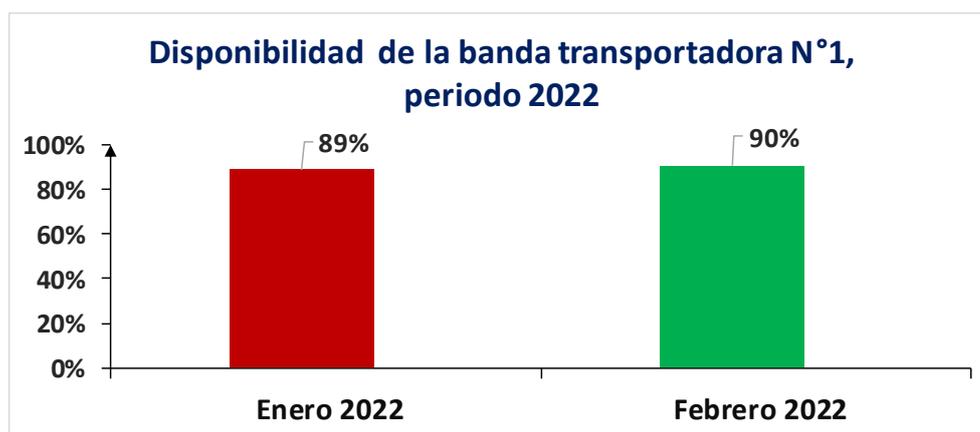
$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad
Enero 2022	96%
Febrero 2022	96%



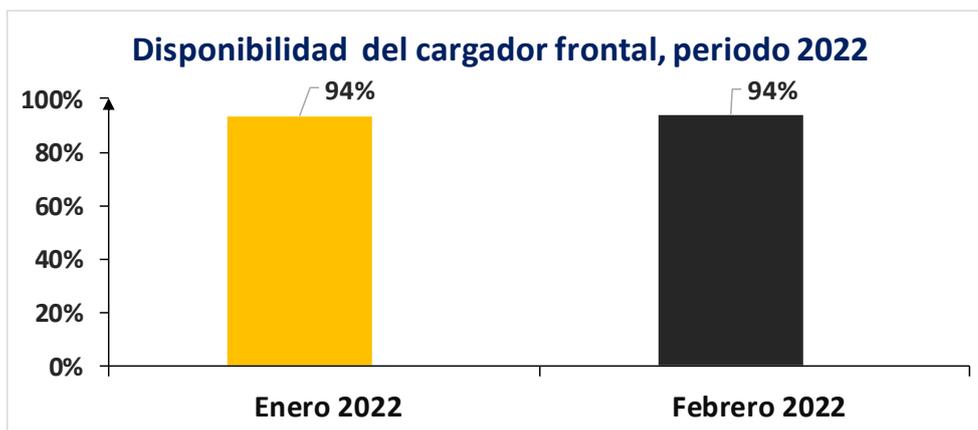
$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad
Enero 2022	89%
Febrero 2022	90%



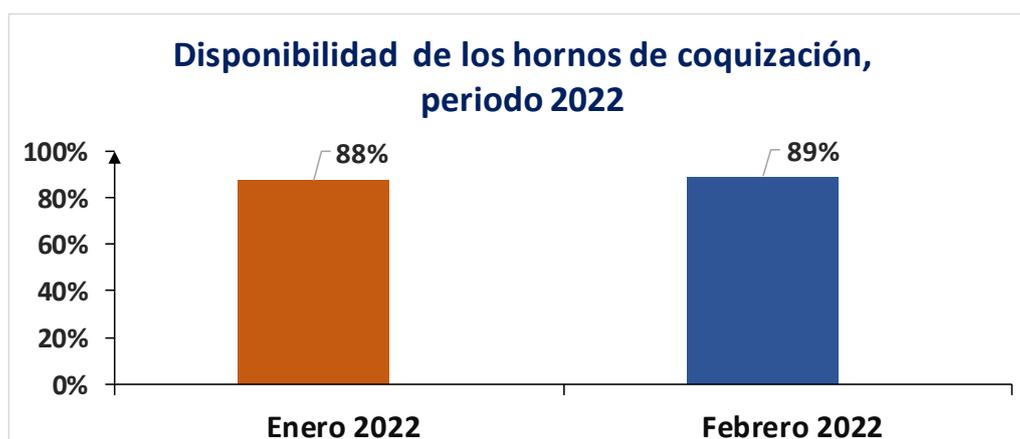
$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad
Enero 2022	94%
Febrero 2022	94%



$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad
Enero 2022	88%
Febrero 2022	89%



$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Total horas trabajadas} - \text{Total horas de parada por falla}}{\text{Total horas trabajadas}}$$

Mes	Disponibilidad
Enero 2022	90%
Febrero 2022	91%

