

Propuesta de un Plan de Mantenimiento Productivo Basado en Confiabilidad para una
Planta Dosificadora de Concreto con Capacidad de 35 m3.

Mauricio Rene Tique Villareal

Nelson Yesid Pérez

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Dirección de Posgrados

Universidad ECCI

Bogotá D.C. Abril, 2021

Propuesta de un Plan de Mantenimiento Productivo Basado en Confiabilidad para una
Planta Dosificadora de Concreto con Capacidad de 35 m3.

Mauricio Rene Tique Villareal

Nelson Yesid Pérez

Asesor

Luis Humberto Mendieta Serna

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Dirección de Posgrados

Universidad ECCI

Bogotá D.C. Abril, 2021

RESUMEN

El presente trabajo tiene como fin desarrollar un plan de mantenimiento basado en TPM como metodología de mantenimiento industrial que permita mejorar la productividad de la planta dosificadora AD 35, con el objetivo de garantizar la disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y el correcto funcionamiento de los equipos que integran la planta, de manera eficaz y segura aportando valor en este equipo de la compañía.

Para el desarrollo del plan de mantenimiento productivo confiable para la planta AD 35 ESP. de la empresa Altron ingeniería, se inició con una búsqueda de información acerca de las características técnicas, de cada uno de los equipos que componen la planta y la información de los mantenimientos que se han realizado en este equipo, aunque debido a que la empresa solo contaba con un plan de mantenimiento estándar el personal que realizaba el mantenimiento es el operador del equipo, únicamente ejecutaba labores de limpieza, el mantenimiento correctivo es solicitado al departamento de servicio técnico y este cambia solo los repuestos que causaron el fallo. Además, se identificó que algunos elementos críticos de la máquina no tenían una hoja de vida con la suficiente información para su cambio y en muchos casos era necesario realizar modificaciones en el equipo para adaptar el nuevo repuesto que en muchos de los casos se ha basado en la experiencia de los trabajadores de más antigüedad para el diagnóstico de los elementos, que en un sistema que permita realizar un análisis más profundo que permita tomar acciones antes de que se presente la falla.

ABSTRACT

The purpose of this work is to develop a maintenance plan based on TPM as an industrial maintenance methodology that allows improving the productivity of the AD 35 dosing plant, with the aim of guaranteeing the availability, reliability, maintainability and correct operation of the equipment that effectively and safely integrates the plant, adding value to this Company team.

The the development of the reliable productive maintenance plan for Alton Engineering Companies' AD 35 ESP plant, began with searching for information about the technical characteristics of each of the equipment that makes up the plant and the information on the maintenance that has been carried out on this equipment, although, since that the company only had a standard maintenance plan, the personnel performing the maintenance is the one that operates the equipment. They only carried out cleaning tasks. Corrective maintenance is requested from the technical service department, which changes only the spare parts that caused the failure. In addition, it was identified that some critical elements of the machine did not have a resume with sufficient information for their change and in many cases it was necessary to make modifications to the equipment to adapt the new spare part, which in many cases has been based on the experience of the most senior workers for the diagnosis of the elements, than in a system that allows a deeper analysis and actions to be taken before the failure occurs.

Tabla de contenido

Índice de Figuras.....	9
Introducción	13
Titulo	15
Objetivo General	16
Objetivos específicos	16
Alcance.....	17
Descripción Del Problema	18
Formulación del Problema	18
Justificación.....	19
Marco Contextual (Estado Del Arte)	21
Marco Normativo	22
Marco Teórico.....	23
RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad).....	23
Conceptos de Aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM.....	23
Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	25
Objetivos del TPM.....	25
Ventajas de implementar TPM	26
Los 8 pilares del TPM	27
Ilustración del Caso de Estudio Cemex en la Implementación de TPM y RCM.....	28

¿Quién es Cemex?	28
Análisis del Caso	32
Beneficios de la implementación.....	38
Descripción del Equipo y Modelo de Mantenimiento	41
Sistema de pesaje y alimentación para agregados.	42
Sistema dosificador de agua	42
Sistema neumático	42
Báscula para cemento	42
Análisis de la Planta Dosificadora AD 35 ESP.....	43
Sistema Electico-Mecánico	44
Marco Metodológico.....	44
Diseño de la Propuesta Metodológica “Mantenimiento Productivo Confiable MPC” .	44
Para la Planta Dosificadora de Concreto AD-35.....	44
Recolección de la Información.....	47
Bases de datos CMMS SAMM	47
Hoja de vida del equipo	47
Manual de mantenimiento	48
Listado de partes	48
Tipo de Investigación	55
Fuentes de Obtención de la Información.....	55

Fuentes de Información Primaria.	55
Estrategia Actual de la Empresa para el Control del Costo de Mantenimiento.	56
Herramientas.....	57
Información Recopilada	58
Análisis de la información.....	58
planeación estratégica.....	58
Propuesta de Solución	60
Fase 1 Auditoría de mantenimiento.....	62
Fase 2 Actualización de hojas de vida del equipo	65
Fase 3 Implementación de tarjetas TPM	68
Fase 4 Análisis de criticidad de la planta AD 35 ESP.....	80
Fase 5 Cronograma de mantenimiento y rutina de actividades	84
Fase 6 Indicadores para la medición de la gestión del mantenimiento	84
Impactos Esperados /Generados	91
Impactos Esperados.....	91
Impactos Alcanzados.....	93
Análisis Financiero	94
Análisis de la Planta Dosificadora AD 35 ESP.....	94
Discriminación de los Costos Iniciales	95
Cálculo del Costo de Ciclo de Vida	98

Presupuesto Anual de Mantenimiento.....	101
Estrategias Actuales de la Empresa para el Control de los Costos de Mantenimiento	104
Estrategias Planteadas para la reducción de Costos de Mantenimiento.....	105
Conclusiones.....	106
Referencias.....	108
Bibliografía.....	112
Anexos.....	114
Anexo I.....	114
Anexo II.....	115

Índice de Figuras

Figura 1	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	25
Figura 2	Ingresos por Ventas de Productores de Cemento Seleccionados en 2019 y 2020.	30
Figura 3	Volumen de ventas de cemento de algunos productores en 2019 y 2020.....	31
Figura 4	Nivel de deuda asumida por Cemex desde 2009.....	32
Figura 5	Inversión Capex Cemex 2015 – 2020	36
Figura 6	Flujo de Efectivo Libre Después de Inversiones en Activo Fijo de Mantenimiento ...	36
Figura 7	Capacidad de Producción de Concreto por Año	37
Figura 8	Componentes báscula para agregados.....	48
Figura 9	Componentes báscula de cemento.....	49
Figura 10	Componentes banda transportadora	50
Figura 11	Componentes sistema neumático	51
Figura 12	Componentes líneas para agua	52
Figura 13	Componentes Sistema Eléctrico-Electrónico	54
Figura 14	Componentes Tornillo Sinfin.....	55
Figura 15	Pilares TPM a implementar en la compañía.....	73
Figura 16	Caja de bloqueo.....	77
Figura 17	Tarjetas TPM que se Aplicarían en la Empresa	77
Figura 18.	Análisis de causa raíz para las plantas de concreto.	80
Figura 19	Matrix de riesgo.....	83
Figura 20	Resultado análisis de riego planta AD 35 ESP.....	83

Figura 21 Reporte de producción diaria	86
Figura 22 Horas de mantenimiento reportadas 2021	88
Figura 23 Índice de horas de mantenimiento reportadas en el año 2021	88

Índice de tablas

Tabla 1	Listado de Partes Báscula de Agregados.....	49
Tabla 2	Listado de Partes Báscula de Cemento	49
Tabla 3	Lista de componentes banda transportadora.....	50
Tabla 4	Listado de partes sistema neumático.....	51
Tabla 5	Lista de partes línea para agua	52
Tabla 6	Lista de partes sistema eléctrico-electrónico	53
Tabla 7	Lista de Materiales Tornillo Sinfin.....	54
Tabla 8	Matriz Dofa, estudio de características internas y externas para la estrategia gerencial.	59
Tabla 9	Cronograma General Rutinas de Mantenimiento	63
Tabla 10	Jerarquía de componentes planta AD 35 ESP.....	66
Tabla 11	Proceso 5´S propuesto.....	69
Tabla 12	Estructura comité 5S.....	70
Tabla 13	Descripción pilares TPM	74
Tabla 16	Criterios de criticidad para realizar evaluación.	81
Tabla 17	Análisis de criticidad en los principales componentes de la planta AD 35 ESP.	82
Tabla 19	Mantenimientos correctivos realizados en una planta AD35 ESP. en el año 2021.	90
Tabla 20	Indicadores de mantenimiento KPI.....	91
Tabla 21	Capex de inversión inicial.....	96
Tabla 22	Costo mantenimiento preventivo planta AD 35 ESP.....	97
Tabla 23	Gastos operativos para mantener la planta AD 35 ESP. funcionando.....	98

Tabla 24	Costo estimado para la operación anual de la planta	99
Tabla 25	Depreciación de activos de acuerdo al artículo 82 de la ley 1819 de 2016	99
Tabla 26	Análisis costo de vida de la planta AD 35 ESP.	100
Tabla 27	Horas de mantenimiento	101
Tabla 28	Porcentaje de no disponibilidad.....	102
Tabla 29	Calculo valor por hora y ejecución de presupuesto	102
Tabla 30	Descripción de los gastos de talento humano.	103
Tabla 31	Descripción de los materiales, insumos y documentación.....	103
Tabla 32	Costo de mantenimiento anual.....	104
Tabla 33	Descripción de actividades de mantenimiento.....	115

Introducción

La presente propuesta refiere a la elaboración de un plan de mantenimiento piloto para un activo de una empresa del sector de la construcción del departamento de alquiler de equipos de maquinaria ubicado en la ciudad de Bogotá; actualmente analizando su historial de fallos se han encontrado algunos problemas por falta seguimiento e implementación de herramientas dentro de la planeación de las actividades del área de mantenimiento que permitan medir la gestión y la toma de decisiones oportunas, la falta de estos controles están por lo general ocasionando pérdidas de producción de concreto por paradas no planificadas y en muchos casos esto ocasiona inconvenientes con el cliente por las pérdidas de producción debido a la falta de confiabilidad de la planta.

Este tipo de activos son utilizados en la construcción y la minería para la producción de concreto en obra o en plantas de suministro de concreto, esta planta tiene una capacidad de 35 m³ para dosificar camiones mixer lo que es una gran ayuda en la producción de concreto a gran escala, ya que mejora los tiempos de producción y se traduce en la reducción de los tiempos de construcción en grandes obras generando una muy buena rentabilidad para sus clientes. Por el tipo de trabajo que estos equipos desarrollan se necesitan rutinas exigentes de mantenimiento de acuerdo con las horas de trabajo y a los lineamientos técnicos establecidos por la compañía y por los fabricantes de sus componentes.

Actualmente muchas de las grandes empresas del país en el sector industrial han tenido que implementar planes y metodologías de mantenimiento para hacer que este tipo de activos sean más eficientes para responder a la demanda del mercado y para esto ha sido importante hacer mejoras en sus respectivos departamentos con el fin de tener una mayor disponibilidad de la

planta de producción manteniendo siempre altos estándares de calidad, productividad, confiabilidad, mantenibilidad y seguridad en el área de trabajo para los operadores y personal de mantenimiento. También es importante resaltar la búsqueda de acciones que permitan la reducción sus impactos con el medio ambiente.

Como se menciona en el resumen de este documento, se basa en una propuesta metodológica para la mejorar el plan de mantenimiento que tiene la empresa actualmente para planta dosificadora; producto del análisis de los de los equipos que la compañía ha fabricados hasta la fecha y el historial de fallas que se han reportado en este modelo de máquina y con la aplicación de las herramientas adquiridas en la especialización de gerencia de mantenimiento de la Universidad ECCI, , además de lo observado en el ejercicio como Ingenieros de Mantenimiento; Se identifico la necesidad de elaborar una metodología para el gerenciamiento del mantenimiento industrial de este tipo de activos, donde se propone este proyecto como punto de partida para luego poder seguir la implementación en los demás activos y equipos fabricados con este tipo de características, cuyos objetivos estén enfocados tanto en los recursos físicos como en los recursos humanos contribuyendo a aumentar la confiabilidad y productividad de la empresa.

Titulo

Propuesta de un Plan de Mantenimiento Productivo Basado en Confiabilidad para una Planta Dosificadora de Concreto con Capacidad de 35 m³.

Objetivo General

Proponer un el plan de mantenimiento productivo basado en la confiabilidad para la planta dosificadora de concreto AD 35 ESP. de la empresa Altron Ingeniería y Montajes S.A.S.

Objetivos específicos

Auditar y diseñar una propuesta metodológica para la gestión del mantenimiento industrial denominada “Mantenimiento Productivo Confiable” MPC para la planta de dosificación de concreto AD 35 ESP.

Elaborar una propuesta para optimizar el plan de mantenimiento por medio un análisis de criticidad para tener una mejor eficiencia y disponibilidad del equipo.

Documentar los procesos, procedimientos y formatos que se necesiten en la empresa, en la división de alquiler de equipo, para la implementación del programa de mantenimiento basado en TPM y RCM.

Alcance

La presente investigación será realizada en la compañía ALTRON INGENIERIA Y MONTAJES S.A.S cuya actividad principal es la fabricación para venta y renta de plantas dosificadoras y mezcladoras de concreto principalmente, utilizando los fundamentos y metodologías, para poder ofrecer soluciones orientadas al mantenimiento de la planta AD 35 ESP y tener una alternativa de mejoramiento en los procesos de mantenimiento, como un punto de inicio y alternativa de aplicación para otros equipos según los recursos disponibles de la compañía.

Descripción Del Problema

El motivo por el cual se escoge este equipo es porque en el área de alquiler solo está programado un trabajo rutinario de limpieza del equipo como mantenimiento preventivo y normalmente lo ponen a trabajar constantemente hasta que el equipo falla y presenta una parada por correctivo, este departamento no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo confiable lo que hace que la cantidad de fallos que se presentan sean de forma consecutiva e impredecible, causando muchas intervenciones en mantenimiento, en estas muchas veces sea determinado realizar cambios que resultan ser muy costosos y se ha terminado en incumplimientos con el cliente por paradas de producción demasiado prolongadas o desperdicios en material que se deben reprocesar.

También cabe resaltar que después de estar en operación una planta de concreto por 5 años de forma continua se lleva a las instalaciones de la compañía y se realiza un mantenimiento overhaul, donde se realiza una inversión que resulta bastante costosa, porque se cambian componentes que a un sirven, pero no hay forma de determinar hasta donde llegaría su vida útil, por tal motivo se realiza el cambio para garantizar que la máquina no vaya a tener una falla al iniciar de nuevo su operación, además elementos como el motorreductor de la banda no están debidamente referenciados, por lo que es importante fijarse en ciertos detalles y datos que el sistema de administración de mantenimiento nos puede ofrecer, como el historial de intervenciones, la cantidad de paros que tiene el equipo, el tiempo que se puede tardar en solucionarse una avería, el costo de mantenimiento de cada fallo, entre otros.

Formulación del Problema

¿Cómo mejorar el plan de mantenimiento establecido para la planta de concreto AD 35 de la empresa Altron Ingeniería para mejorar su confiabilidad y productividad?

Justificación

El presente documento se centró en profundizar en el plan de mantenimiento e investigación de los equipos que conforman la planta AD 35. ya que esta es un activo fabricado por la misma empresa Altron Ingeniería y representa una fuente de ingresos importante para la generación de ingresos en la compañía debido a su gran capacidad de producción estimada en 35 m³/h, y en este momento se encuentra operando con unos de los clientes de la empresa.

El equipo AD 35 ESP. fue manufacturado en el año 2017, en principio se fabricó con una alta eficiencia en su momento, tuvo una inversión inicial y tiempo de adaptación del equipo a los parámetros establecidos por la empresa, luego de superar esta fase, el equipo trabajo un tiempo en una forma muy confiable, pero a medida que pasa el tiempo muchos de sus componentes empiezan a presentar falla, que generan costos, pero de fácil reparación y puesta en marcha, el análisis lo realizamos teniendo en cuenta que este es un equipo de alta eficiencia por lo que una parada no programada puede ocasionar una gran pérdida de producción que se traduce en dinero por tal razón es de importancia su intervención oportuna, así como repuestos, mantenimiento, desperdicio de material son motivo de atención además en el último año se realizó un mantenimiento overhaul y el costo fue bastante alto ya que se cambiaron componentes que aun servían sin estimar su tiempo de vida como motores, chumaceras, celdas de carga entre otros, esto hizo que se incrementara el costo de inversión para repotenciar el equipo y es necesario establecer cuanto seria la vida útil para recuperar la inversión, además de determinar en qué momento se debe depreciar para no generar pérdidas para la compañía, por eso se realiza una investigación a fondo de este equipo en el último año para estimar cuanto más podrá trabajar generando rentabilidad.

El motivo por tal se escoge este equipo como punto de partida para realizar un análisis más profundo en los equipos de las empresa y de sus clientes con el objetivo de reducir los paros por intervenciones de mantenimiento correctivo, muchos recambios y desperdicios de material para la producción de concreto, por lo que es importante fijarse en ciertos detalles y datos que del sistema de administración de mantenimiento, el historial de intervenciones, la cantidad de paradas que ha tenido el equipo, especificaciones técnicas de los componentes y el tiempo que se puede tardar en solucionarse, el costo de mantenimiento de cada fallo, entre otros, con el fin de mejorar la confiabilidad del equipo.

Marco Contextual (Estado Del Arte)

La empresa a la cual se realiza el plan de mantenimiento del activo el cual estamos analizando en este documento es ALTRON INGENIERÍA Y MONTAJES S.A.S, es una empresa de origen colombiano, creada en la ciudad de Bogotá, el 12 de marzo de 2003, como respuesta a las necesidades del mercado detectadas en ese entonces por los socios gestores, desde ese entonces y hasta el 30 de marzo de 2007 se dedica a brindar soporte técnico, ensamble de equipos para producción de concreto y entrega de los mismos, a partir del mes de abril del año 2007 la compañía cambio de sede e infraestructura y se dedicó además de lo anterior a fabricar en su totalidad los equipos lanzando al mercado la marca ALTRON INGENIERÍA. Desde hace 18 años está en el negocio y gracias a su visión y expiación, hoy en día exporta a países como Venezuela, Perú, Bolivia Ecuador, panamá, Chile y República Dominicana principalmente, además es una de las empresas fabricantes de plantas de concreto más importantes del país.

La actividad principal de la empresa es la fabricación para venta y la renta de máquinas dosificadoras y mezcladoras de concreto, bajo estándares de internacionales de calidad, para este proceso de manufactura intervienen tanto el recurso humano como los equipos necesarios para el proceso como sistema de neumático, sistema eléctrico, motores, sistema automático, importados, línea de agua, banda y mecanizados principalmente. Para contextualizar es un proceso de producción en términos generales sencillo, que consiste en dosificar camiones mixer con materiales para elaborar concreto generalmente para luego ser trasladado a obra, esto se lleva a cabo bajo estándares de calidad para la fabricación de concreto y cantidades de dosificación establecidos por el cliente, todo lo anterior debe ir en base a las normas vigentes es decir que se

deben cumplir con las normas técnicas colombianas NTC para la fabricación de concreto, además de buenas prácticas de manufactura basados en normatividad ISO 45001 de 2018 la cual tiene como alcance diseño, fabricación, comercialización y prestación de servicios técnicos para la dosificación y mezcla de materiales de construcción y minería.

Marco Normativo

Para la realización de la propuesta se tendrá en cuenta la norma ISO 14224 de 2016 Norma internacional que determina las bases para el levantamiento o toma de datos de mantenimiento y confiabilidad durante el ciclo de vida de los equipos en todas las facilidades y operaciones de la industria petrolera, petroquímica y del gas natural, así como las recomendaciones de la norma Norsok Z008 de 2017, para el análisis de criticidad de los componentes de la planta dosificadora AD 35. Permitiendo cuantificar la confiabilidad del equipo y de comparar con otros equipos de características similares.

Marco Teórico

RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad).

La metodología RCM surge como un modelo de adaptación a la industria por medio del contexto aeronáutico durante la década de 1960. Sin embargo, sus primeros datos oficiales datan de un documento publicado en el año 1978 por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (Pistarelli, 2010).

Para que el impacto del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad sea evidente, se debe salir de la mentalidad tradicional que se enfoca en que el mejor modo de mejorar la planta y su disponibilidad a nivel de equipos es realizar mantenimientos de forma rutinaria, proponiendo que la acción preventiva debe consistir en una reparación del equipo o cambio de componentes a intervalos fijos (Hung, 2009).

Conceptos de Aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM

Para realizar el plan de mejoramiento de mantenimiento basado en confiabilidad en la compañía de Altron Ingeniería, se tomará como referencia los lineamientos descritos por la teoría mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés), la cual cuenta con reconocimiento internacional para la elaboración de planes de mantenimiento: Esta metodología incluye todo tipo de estrategias de mantenimiento preventivo, predictivo, identificación de fallas potenciales y fallas funcionales entre otras. Además de la identificación y clasificación de los equipos críticos para llevar a cabo la operación.

Esta metodología fue desarrollada inicialmente por la industria comercial de aviación de los Estados Unidos para mejorar la seguridad y confiabilidad de sus equipos, fue definida por los

empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en 1978 y ha sido utilizada para determinar estrategias de mantenimiento de activos físicos en casi todas las áreas de trabajo en los países industrializados del mundo” (Campos Lopez, Toletino Eslava, Toledo Velazquez, & Toledo Eslava , 2019)

El RCM es una técnica de organización de las actividades y de la gestión del mantenimiento para desarrollar programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos (Mora Gutierrez, 2009). Con el RCM se puede asegurar un programa efectivo de mantenimiento centrado en la confiabilidad original inherente al equipo se mantenga (Moubray, 1997). John Moubray lo definió como un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional.

En la actualidad, el RCM es utilizado con frecuencia no solo para identificar tareas de mantenimiento, también se utiliza como marco de referencia para analizar el riesgo en equipos (T. Selvik, 2011) como lo expresa el autor el alcance es un poco limitado si no realizamos un análisis de los posibles riesgos que tienen los equipos en su operación, estos pueden ser por diversos factores como la seguridad, medio ambiente y financieros entre otros, donde estos pueden estar ocultos en una falla potencial o funcional, por alguno de los interesados internos o externos como es el caso de la seguridad y medio ambiente como ejemplo, por lo que es importante cuantificar su impacto con respecto a la organización y por esta razón hoy día se necesita extender la metodología RCM complementarse con una metodología de mantenimiento centrado en riesgo (RBM) esto con el fin de establecer estrategias de mitigación de los posibles riesgos que se puedan presentar dentro de la operación.

Figura 1*Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*

Fuente: Presentación “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad” (Vanegas, 2016)

Mantenimiento Productivo Total (TPM)**Objetivos del TPM**

El concepto de TPM tiene 5 principales propósitos los cuales son:

- Incrementar el rendimiento de los equipos
- Desarrollar Un plan de mantenimiento el cual se despliegue durante la vida útil de los equipos
- Involucrar a todos los departamentos desde el equipo de planeación pasando por el equipo de diseño de la compañía logrando la ejecución del TPM
- Motivar el desarrollo del TPM a través la interacción de los grupos de trabajo en diferentes actividades

- Incluir los más altos cargos en el desarrollo del TPM desde los gerentes hasta los operarios.

Ventajas de implementar TPM

El TPM enfoca sus objetivos hacia la mejora de la eficiencia de los equipos y las operaciones mediante la reducción de fallas, no conformidades, tiempos de cambio, y se relaciona, de igual forma, con actividades de orden y limpieza. Actividades en las que se involucra al personal de producción, con el propósito de aumentar las probabilidades de mantenimiento del entorno limpio y ordenado, como requisitos previos de la eficiencia del sistema. (PPCabrerera, 2019) Además el autor nos presenta las siguientes ventajas del TPM:

Mejoramiento de la calidad: Los equipos en buen estado producen menos unidades no conformes.

Mejoramiento de la productividad: Aumento del tiempo disponible de operación.

Flujos de producción continuos: El balance y la continuidad del sistema no solo benefician a la organización en función a la disponibilidad del tiempo, sino también reduce la incertidumbre de la planeación.

Aprovechamiento del capital humano.

Reducción de gastos de mantenimiento correctivo: Las averías son menores, así mismo se reduce el rubro de compras urgentes.

Reducción de costos operativos.

Tenemos que considerar que todos equipos son susceptibles a un desgaste natural, y a un desgaste en la operación resultado del trabajo que realiza. Por esta razón las actividades del TPM

se enfocar en identificar, reducir o eliminar los factores de desgaste, aumentando el cuidado sobre la planta y las instalaciones donde esté operando.

Los 8 pilares del TPM

Los 8 pilares de TPM son la base fundamental de esta metodología, cada uno de ellos nos dice una ruta a seguir para lograr los objetivos de eliminar o reducir las pérdidas: como son Paradas programadas, Ajustes de la producción, Fallos de los equipos, Fallos de los procesos, Pérdidas de producción normales, Pérdidas de producción anormales, Defectos de calidad y Reprocesamiento. Por ello para decidir con que pilares empezar, lo primero que el departamento de costos de la planta debe analizar que perdidas se tienen, con ello nos darán la guía para definir con cuales y cuantos pilares debemos empezar. (Institute, 2020)

- 1) Mejoras Enfocadas (Kobetsu Kaizen)
- 2) Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen)
- 3) Mantenimiento planificado
- 4) Mantenimiento de Calidad (Hinshitsu Hozen)
- 5) Prevención del mantenimiento
- 6) Formación y Adiestramiento
- 7) Gestión de Seguridad y Entorno

El TPM no es una metodología para solucionar problemas básicos, no solo lo puede hacer el área de mantenimiento, sino que necesita la participación de toda el área de operaciones. Por lo menos debiéramos haber llegado a implementar en forma total el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF). Muchas organizaciones intentan implementarlo y fracasan porque no se han dado cuenta de que debemos empezar con un determinado nivel, otras organizaciones intentan implementarlo solo en mantenimiento y es imposible de hacerlo. Como toda metodología aplicada siempre podrá tener sus caídas, por lo que el control y la motivación de parte de toda la alta dirección deben ser activos en cada Pilar del TPM.

Ilustración del Caso de Estudio Cemex en la Implementación de TPM y RCM

Este caso de estudio tiene como fin estudiar cómo ha sido el éxito, las ventajas y beneficios que ha tenido Cemex al desarrollar un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para ofrecer un mejor valor a sus clientes y tener una mejor rentabilidad de su negocio, cabe recordar que el manteniendo basado en confiabilidad o RCM (Reliability Centred Maintenance) y TPM (Total Productive Maintenance), son metodologías para elaborar planes de mantenimiento en cualquier industria, donde se parte de la primicia de realizar un profundo análisis de la instalación, teniendo en cuenta que estas metodologías son altamente reconocidas a nivel internacional porque se enfocan en buscar estrategias de mantenimiento preventivo o predictivo por medio del análisis profundo de las posibles fallas potenciales y funcionales, con el objetivo de tener cero averías, reducir los tiempos muertos, cero defectos en lo componentes de equipo y reducción de pérdidas o capacidad productiva debido al estado del equipo, ahora bien, Cemex ha decidido integrar estas técnicas dentro de sus herramientas de gestión para reducir sus costos variables logrando una muy buena implementación en las TI (Tecnología de la Información) que le ha servicio para mantener una ventaja competitiva frente a otros empresas de talla mundial, además de mejorar sus procesos productivos y administrativos con eficiencia, eficacia e innovación.

¿Quién es Cemex?

Cemex es una empresa multinacional de origen mexicano fundada por Lorenzo Zambrano Gutiérrez en 1906 en la ciudad de Monterrey con la apertura de la planta de Cementos Hidalgo. Durante sus primeros años, se enfrenta con diversos problemas dada la situación política que vivía México en su momento a principios siglo XX, esto hizo que funcionara por

muchos años como una planta regional e incluso llegó a cerrar su planta en 1912 durante un lapso de tiempo debido a la Revolución Mexicana esto se produjo por la escasez de mano de obra, falta de energía eléctrica y vías de comunicación.

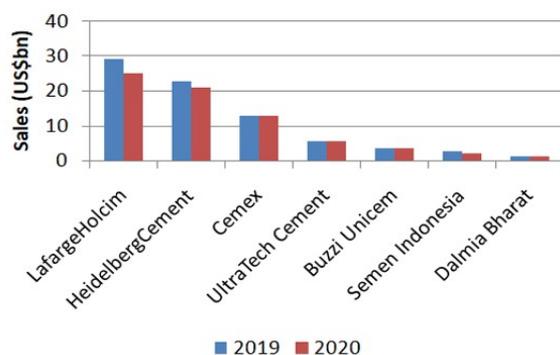
Después de volver a abrir sus puertas Cemex inaugura la “planta de Cementos Portland Monterrey a principios de los años 20, con una capacidad anual de 20,000 toneladas, lo que le permite abastecer la demanda de cemento del noroeste de la República de México” (Wikipedia, 2022). Con este primer horno de tipo largo de un solo paso y proceso seco que para su época es la tecnología más moderna del país, la empresa se coloca a la vanguardia de la competencia. 10 años más tarde en 1930, “Cementos Portland Monterrey instala su segundo horno e incrementa su capacidad en un 100%” (Wikipedia, 2022). Y en 1931 Cementos Hidalgo y Cementos Portland Monterrey se fusionan para formar Cementos Mexicanos S.A. El nuevo consorcio comienza la década de los 40 con una producción de 92,000 toneladas al año, y llega hasta las 124,000 toneladas anuales a finales de 1948, esto representa casi cuatro veces más la capacidad de la compañía en sus inicios en 1906 y para el año de 1974 sus plantas cuentan con hornos con recalentadores de cuatro etapas y en el año de 1976 decide ingresar a cotizar sus acciones en la bolsa mexicana e inicia su expansión del mercado por las regiones del sur y noreste de México como se relata la página de la compañía.

Actualmente CEMEX, se consolida como una empresa multinacional dedicada a la industria de la construcción, que ofrece productos como cemento, concreto y agregados entre otros productos, y presta su servicio a clientes y comunidades en más de 50 países en el mundo. En la lista Forbes Global 2000 (Forbes, 2021) Cemex llegó ocupar el puesto 243 entre las 2000 compañías más grandes del mundo hoy día, Cemex fue clasificada en el puesto 1178 entre las empresas más grande del mundo, con ventas anuales de casi “13.000 millones de dólares y el

tercer lugar mundial en ventas de cemento con una capacidad de producción anual de 92 millones de toneladas” (Wikipedia, 2022). cabe resaltar que esta medición se actualizó por última vez el 3 de marzo de 2021 y refleja una reducción en los productores de cemento en el 2020 como lo podemos observar en la gráfica 1, debido a la pandemia vivida por el Covid debido al estancamiento en la industria de la construcción que origino la disminución en la demanda de materiales.

Figura 2

Ingresos por Ventas de Productores de Cemento Seleccionados en 2019 y 2020.



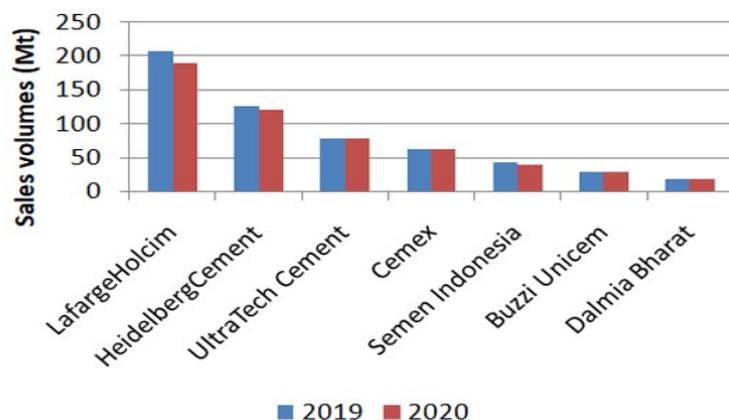
Nota: Cifras calculadas para productores indios. Fuente: Informes de la Empresa Global Cement. (Perrilli, 2021)

También es importante apreciar que en volúmenes de venta de cemento Cemex en el año 2020 donde ocupa el cuarto puesto a nivel mundial de acuerdo a Figura 2, que nos muestra un volumen de ventas 60 Mt aproximadamente, esto muestra que Cemex pudo mantener sus ventas en el 2020 con respecto al 2019 al igual que su competidor más cercano UltraTecn Cement que tuvo un volumen de ventas de aproximadamente 75 Mt, mientras HeidelbergCement y LafargeHolcim lideres mundiales en la producción de cemento con ventas de 125 Mt y 180 Mt aproximadamente tuvieron una reducción del 6% en sus volúmenes de ventas debido a que

tuvieron que hacer una desinversión de sus activos debido a la pandemia del Covid, pero actualmente se recuperan rápidamente.

Figura 3

Volumen de ventas de cemento de algunos productores en 2019 y 2020.



Nota: Cifras calculadas para productores Indios. Fuente: Informes de la Empresa Global Cement. (Perrilli, 2021)

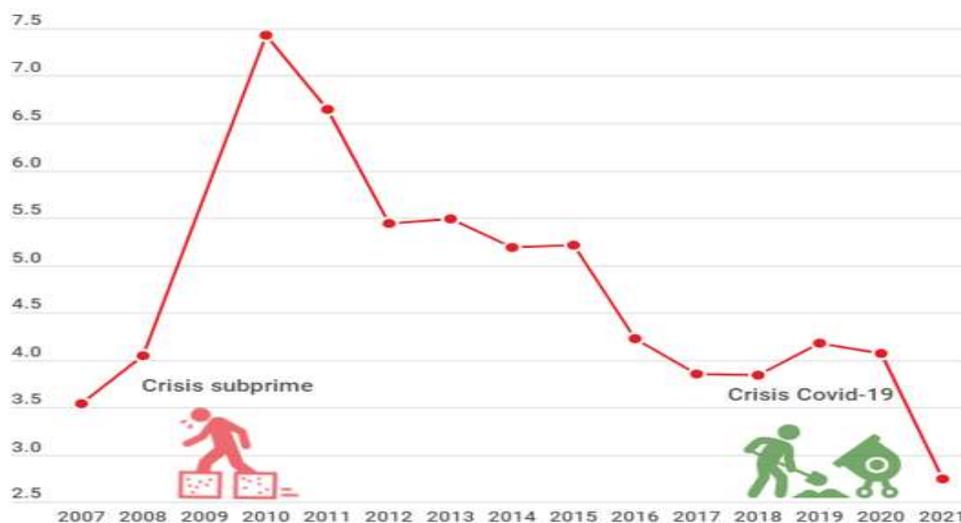
Es la principal empresa productora de concreto premezclado, con una capacidad de producción de aproximadamente 92 millones de toneladas anuales, atendiendo así los mercados de América, Europa, Asia, África y Medio Oriente.

Sin embargo, aún no ha podido recuperar su grado de inversión por parte de S&P y Fitch Ratings, crisis ocasionada desde el 2009 por la crisis hipotecaria que vivió Estados Unidos que afectó fuertemente a la industria de la construcción y a pesar de la más reciente crisis ocasionada por el Covid 19, donde Cemex mantiene sus expectativas de recuperar su grado de inversión para 2023, esto a pesar de que la pandemia ha resultado la prueba de fuego para Cemex en este objetivo, el negocio de la cementera ha demostrado resistencia debido a la optimización de sus recursos con lo que ha podido reducir sus niveles de endeudamiento como se puede apreciar en la Figura 4. Donde se puede apreciar cómo ha sido el comportamiento de la deuda en miles de

millones de dólares hasta el año 2021 donde se observa a Cemex cerca de cumplir su meta, claro esto significó un sacrificio grande tras la venta de muchas de sus activos.

Figura 4

Nivel de deuda asumida por Cemex desde 2009.



Fuente: Informes de la Empresa Global Cement. (Perrilli, 2021)

CEMEX opera actualmente en cuatro continentes, con 64 plantas de cemento, 1348 instalaciones de concreto premezclado, 246 canteras, 269 centros de distribución y 68 terminales marinas.⁵ Cerca de una cuarta parte de las ventas de la compañía vienen de sus operaciones en México, un tercio de sus plantas en EE.UU, un 30% de Europa, Medio Oriente y Asia, y el resto de sus plantas alrededor del mundo.⁶ Las oficinas centrales se encuentran en San Pedro Garza García, dentro de la Zona Metropolitana de Monterrey, en el noreste de México (Cardenas, 2012).

Análisis del Caso

En este caso de estudio de análisis la viabilidad de la implementación de una metodología RCM y TPM en la industria cementera tomando como modelo la empresa Cemex la cual es una

compañía multinacional pionera con gran reconocimiento mundial entre las tres compañías más importantes del mundo del cemento. En esta se examinó cual ha sido su impacto en el área financiera, de mantenimiento, en la producción y seguridad de la compañía principalmente, para esto se investigó como ha sido el desarrollo de esta implementación en la compañía desde el año 2016 hasta el 2021.

Algunas de las causas que llevaron a Cemex a implementar esta metodología de mantenimiento RCM, fueron debido a que en muchas de las labores de mantenimiento no garantizaban la disponibilidad del equipo lo que se reflejaba en el incremento de intervenciones correctivas en los indicadores de mantenimiento y eso repercutía en los indicadores de productividad de las plantas, con la aplicación de esta metodología básicamente lo que se hace es realizar un análisis de criticidad en cada uno de sus activos, por ejemplo en las plantas dosificadoras de concreto se mide el grado de criticidad de cada uno de sus equipos o sistemas de acuerdo al impacto que pueda tener con relación al negocio, estos se deben evaluar desde varios puntos de vista como son la criticidad en el funcionamiento, la calidad, el medio ambiente, seguridad, frecuencia de falla, impacto causado en la producción, tiempo de reparación o cualquier otro impacto se sea necesario considerar en el momento del estudio como lo menciona Cemex en su informe integrado (Reporte Cemex, 2016).

También es importante tener en cuenta que el 27 de julio de 2012, CEMEX firmó un acuerdo estratégico por 10 años con International Business Machines Corporation (“IBM”) mediante el cual IBM provee servicios, entre otros, de procesamiento de datos en finanzas, contabilidad y recursos humanos; así como servicios de infraestructura de Tecnología de Información (“TI”), soporte y mantenimiento de aplicaciones de TI en los países donde opera

CEMEX. (Reporte Cemex, 2020). Con esta plataforma tecnología Cemex pudo extender su plan de mantenimiento de forma global con centro de operaciones en Monterrey México.

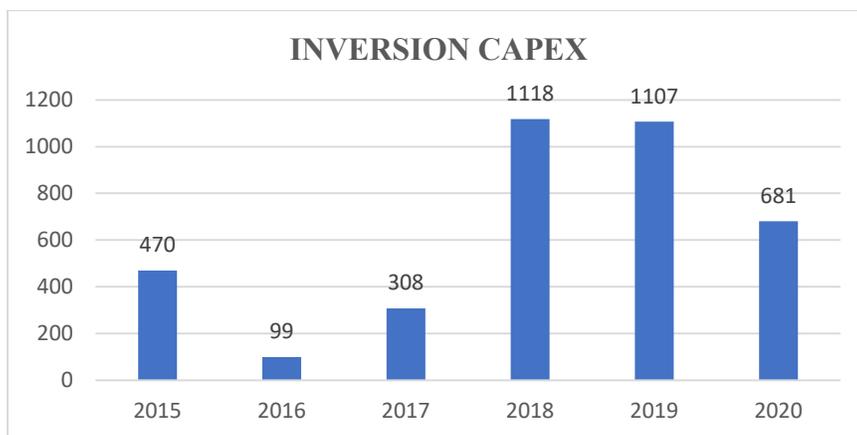
Después inicia una estrategia basada en planes de capacitación a nivel global en mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) por sus siglas en inglés, en el cual se realizó un modelo de planeación y ejecución por interrupción que obtuvo un resultado muy positivo para la compañía logrando una reducción de cuatro días en el promedio global y un ahorro de 11 millones de dólares en costos variables. También se hizo una definición más detallada de los procesos iniciales y de los procedimientos estándar para mantenimiento, calidad y administración de las plantas. Esto dio como resultado una experiencia tanto dentro como fuera de la compañía de sus estándares organizacionales en los que se tuvo como resultado oportunidades de ahorro en número de empleados y en mantenimiento por 17.4 millones de dólares, avanzando en estándares para el mantenimiento más especializados para identificar fallas potenciales en los equipos de la compañía los cuales se vieron reflejados en los indicadores de productividad en un ahorro de 12 millones de dólares en colaboración de los talleres de recuperación de costos.

Al tener un resultado muy positivo en 2016, Cemex lanza para el 2018 la estrategia “Construyendo un Cemex más fuerte” (Reporte Cemex, 2018). En este año Cemex lanza una estrategia para mejorar el desempeño operativo y racionalizar los gastos por ende busca mejorar la eficiencia en sus plantas de cemento a través de nuevos modelos operativos que permitan aumentar el desempeño del personal basándonos en la reducción de costos de mantenimiento y la prestación de servicio prestados a terceros. Para cumplir este objetivo Cemex trabajo en la innovación y eficiencia de las planta cementeras convirtiéndose en la primera de la industria cementera en operar las planta de manera remota, desde la cede de Monterrey México con un innovador sistema de monitoreo y control remoto, operado desde el centro de control del

cemento (C3) el cual opera en tiempo real los 365 días del año las 24 plantas de cemento, 25 hornos y 86 molinos en Cemex México, así como también una planta en Colombia y otra en Estados Unidos.

El C3 permite el aprovechamiento a nivel global de las operaciones debido a que ayuda a unificar todos los sistemas de control de las plantas de concreto, lo que permite tomar decisiones en tiempo real lo cual maximiza la eficiencia de la operación y genera una mejor sinergia con otros recursos. Este sistema de monitoreo ininterrumpido provee información de cada etapa del proceso de producción y sobre el rendimiento del equipo en las plantas de cemento o concreto esto le permite tomar decisiones de forma inmediata de una forma coordinadas con el equipo de operaciones que se encuentra localmente, con esto mitigan las desviaciones de se puedan presentar en los indicadores de seguridad, indicadores ambientales, de eficiencia y calidad del producto. Ya se ha empezado a ver los resultados en mantenimiento, seguridad y calidad del producto con el sistema del C3, En temas de seguridad se redujo en 50% el número de incidentes durante la operación, en mantenimiento se redujo la inactividad de la máquina y en medio ambiente se tiene un mejor control de emisiones por ejemplo de los camiones Mixer, en resumen, se mejoró la confiabilidad de la operación.

Esta serie de estrategias ha permitido a Cemex tener un mejor apalancamiento en su Capex de inversión en los últimos años como lo podemos apreciar en la figura 6 donde observamos el comportamiento de inversión que ha tenido Cemex desde el año 2015 hasta el año 2020, Teniendo en cuenta la reducción significativa de la deuda perpetua como se aprecia en la figura 5, lo que le ha permitido tener una expansión mucho más confiable en el mercado con decisiones más acertadas, sin incurrir en sobrecostos dato obtenido de los informes financieros de Cemex hasta el año 2020.

Figura 5*Inversión Capex Cemex 2015 – 2020*

Nota: Las cifras están dadas en millones de dólares. Fuente: Informes financieros de Cemex de 2015 a 2020.

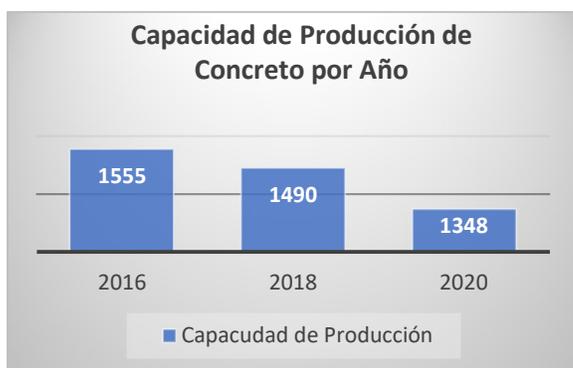
Igualmente es importante en el análisis tener en cuenta la reducción de los gastos por cambios en el capital de trabajo, impuestos entre otros gastos netos obtenidos de activos no operativos y/o obsoletos y o sustancialmente depreciados como los podemos observar en la figura 7. Donde este flujo de efectivo disminuye con el tiempo y a su vez la compañía mejora su capacidad de inversión en mantenimiento.

Figura 6*Flujo de Efectivo Libre Después de Inversiones en Activo Fijo de Mantenimiento*

Nota: Las cifras estan dadas en millones de dólares. Fuente: Informes financieros de Cemex de 2015 a 2020.

Figura 7

Capacidad de Producción de Concreto por Año



Nota: Capacidad de producción de concreto (millones de toneladas por año). Fuente: Informes financieros de Cemex de 2016 a 2020.

Otro aspecto a tener en cuenta en el presente análisis fue que nuestro caso de investigación está enfocado en el mantenimiento de plantas de concreto de la compañía Cemex hay que tener en cuenta que los informes de la compañía están emitidos de una forma global e incluyen Hornos, plantas de cemento, plantas de Concreto, plantas de aditivos y agregados es importante resaltar como lo muestra la figura 8. Donde vemos la capacidad que tienen las plantas hasta el año 2020 para producción concreto en millones de toneladas a pesar de tener una pequeña reducción de esta capacidad ocasionada principalmente por el deterioro y la venta de activos originada por la pandemia. Estas plantas representan la producción de segundo producto más vendido por la compañía en el mundo y unos de los más consumidos en la actualidad en Colombia en los diversos proyectos de infraestructura que están empujando la reactivación económica del país después de la pandemia.

También es importante resaltar la importancia la innovación de su plataforma tecnología (IT), aunque siempre habrán variantes externas que podrán afectar la operación o resultado de las empresas que pueden ser ocasionados por factores externos, que pueden ser de origen social dependiendo la situación que se viva en cada país, otros se darán por la operación ya que esta es susceptible a diversos riesgos, como puede ser la caída en el precio como sucedió en la dificultad que tuvo que afrontar Cemex en la crisis económica de Estados Unidos y España, donde es estratégico contar con herramientas como RCM para lograr una buena optimización de los recursos y en la toma estratégica de decisiones.

Beneficios de la implementación

Cemex reestructuro en el año 2016 de una forma detallada de los procesos iniciales y de los procedimientos estándar para mantenimiento, calidad y administración de las plantas dándoles un enfoque y una visión hacia la confiabilidad donde se tuvo un resultado tanto interno, como externo de la compañía por parte de sus interesados traducido en un ahorro en número de empleados y una reducción en costos en mantenimiento de 17.4 millones de dólares.

También es importante resaltar que el avance en los estándares para el mantenimiento más especializado para la identificación de fallas potenciales en los equipos de la compañía los cuales se vieron reflejados en los indicadores de productividad en un ahorro de 12 millones de dólares en colaboración de los talleres de recuperación de costos.

La compañía diseño y ejecuto un plan de mantenimiento por interrupción basado en confiabilidad con el cual logro una reducción de cuatro días en promedio global que representaron un ahorro de 11 millones de dólares en sus gastos variables.

Dentro de sus estrategias se ha estructurado un plan de capacitación a nivel global en mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), con el fin de mejorar el desempeño del personal de mantenimiento con una participación inicial de 2000 personas en todo el mundo.

Como resultado del trabajo hecho por Cemex en la innovación y eficiencia de las plantas cementeras ha hecho que se convierta en la primera industria cementera en operar sus plantas de manera remota desde su centro de control en Monterrey México, este innovador sistema lo denominaron C3 y permite operar en tiempo real los 365 días del año las 24 plantas de cemento, 25 hornos y 86 molinos en Cemex México, así como también una planta en Colombia y otra en Estados Unidos. Esto contribuyó a la toma de decisiones a nivel global de una forma más efectiva ya que realiza un constante monitoreo que suministra información de cada planta de cemento, concreto, hornos y aditivos que tiene la compañía conectada a la plataforma permitiendo identificar, clasificar y definir la criticidad de sus recursos, lo cual ha tenido un resultado inicial de reducción en el número de incidentes del 50% de acuerdo a los indicadores de seguridad, en mantenimiento represento tener más disponibilidad de las máquinas y en los indicadores de medioambiente se redujeron las emisiones al tener un mejor control de las emisiones al medio ambiente como son las producidas por los camiones mixer.

Cemex reestructuro en el año 2016 de una forma detallada de los procesos iniciales y de los procedimientos estándar para mantenimiento, calidad y administración de las plantas dándoles un enfoque y una visión hacia la confiabilidad donde se tuvo un resultado tanto interno, como externo de la compañía por parte de sus interesados traducido en un ahorro en número de empleados y una reducción en costos en mantenimiento de 17.4 millones de dólares.

También es importante resaltar que el avance en los estándares para el mantenimiento más especializado para la identificación de fallas potenciales en los equipos de la compañía los

cuales se vieron reflejados en los indicadores de productividad en un ahorro de 12 millones de dólares en colaboración de los talleres de recuperación de costos.

La compañía diseño y ejecuto un plan de mantenimiento por interrupción basado en confiabilidad con el cual logro una reducción de cuatro días en promedio global que representaron un ahorro de 11 millones de dólares en sus gastos variables.

Dentro de sus estrategias se ha estructurado un plan de capacitación a nivel global en mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), con el fin de mejorar el desempeño del personal de mantenimiento con una participación inicial de 2000 personas en todo el mundo.

Como resultado del trabajo hecho por Cemex en la innovación y eficiencia de las plantas cementeras ha hecho que se convierta en la primera industria cementera en operar sus plantas de manera remota desde su centro de control en Monterrey México, este innovador sistema lo denominaron C3 y permite operar en tiempo real real los 365 días del año las 24 plantas de cemento, 25 hornos y 86 molinos en Cemex México, así como también una planta en Colombia y otra en Estados unidos. Esto contribuyo a la toma de decisiones a nivel global de una forma más efectiva ya que realiza un constante monitoreo que suministra información de cada planta de cemento, concreto, hornos y aditivos que tiene la compañía conectada a la plataforma permitiendo identificar, clasificar y definir la criticidad de sus recursos, lo cual ha tenido un resultado inicial de reducción en el número de incidentes del 50% de acuerdo a los indicadores de seguridad, en mantenimiento represento tener más disponibilidad de las máquinas y en los indicadores de medioambiente se redujeron la emisiones al tener un mejor control de las emisiones al medio ambiente como son las producidas por los camiones mixer.

Descripción del Equipo y Modelo de Mantenimiento

La planta AD 35 en la actualidad se utiliza para el dosificado de concreto, servicio que presta la compañía Altron Ingeniería S.A.S a sus clientes y este equipo lleva trabajando en distintos proyectos un tiempo de 4 años de trabajo y la cual tiene un tiempo de vida útil estimada desde su fabricación de 10 años, este equipo tiene una serie de componentes que tienen una vida útil menor como es el caso de la banda y rodillos que en promedio tienen 6 a 8 años desde su fecha de fabricación, algunos componentes de poseen más de 12 años en casos especiales, son componentes de fabricación china, brasilera, italiana y americana principalmente. Ha tenido un uso normal de un turno trabajado en 6 días de la semana con un promedio de 5 horas diarias con modelo de mantenimiento TPM, donde se realiza un proceso de mantenimiento autónomo por parte del operador de la máquina quien es el responsable del equipo. Esta planta tiene un sistema de mantenimiento preventivo programado de forma mensual donde se realiza una inspección visual y determinación de posibles fallas para mejorar la efectividad del equipo que en la actualidad no cuenta con un cronograma y ni actividades programadas en el transcurso del año.

También se cuenta con componentes críticos los cuales cuentan con repuestos originales de fábrica dispuestos en el almacén o con nuestros proveedores para ser utilizados y dispuestos para una avería o para ser cambiados si se considera que pueden fallar, también se cuenta con personal calificado para realizar las intervenciones pertinentes de la planta que la empresa dispuso en total de 1 técnico mecánico o soldador y 1 técnico eléctrico o eléctrico mecánico para la intervención del equipo en mantenimiento, y un coordinador de mantenimiento a la cabeza del grupo.

A continuación, se describen los principales sistemas que conforman la planta de dosificado:

Sistema de pesaje y alimentación para agregados.

La planta dosificadora para la producción de concreto tiene tolvas básculas de agregados con capacidades requeridas según modelos de fabricación, soportadas por celdas de cargas tipo barra para el control del peso de las materias primas en las básculas. La alimentación de las básculas de agregados es realizada por medio de cargadores del cliente y la dosificación para la mezcla se hace por medio de compuertas regulables y de accionamiento neumático. Además, para la dosificación del material se utilizan moto vibradores según modelo de fabricación de la planta. (Altron Ingenieria S.A.S, 2021)

Sistema dosificador de agua

El agua es impulsada por una motobomba que actúa como dosificadora del fluido y a la vez es ayudada en el transporte por una tubería galvanizada, en la cual se encuentra instalado un sensor de flujo que cual permite controlar el caudal de agua deseado, según la formulación y requerimientos técnicos del equipo. (Altron Ingenieria S.A.S, 2021)

Sistema neumático

Lleva un compresor para el suministro del fluido de aire necesario para el abastecimiento de todo el sistema neumático, el cual se distribuye por medio de una línea neumática (manguera en poliuretano) acompañado de una unidad de mantenimiento que proporciona información técnica del flujo neumático en el equipo. (Altron Ingenieria S.A.S, 2021)

Báscula para cemento

Tiene una capacidad de 2 m². Tiene dos (2) bocas de 8” para llegada del material a través del transportador sinfín, para su alimentación y es soportada sobre 3 celdas de carga tipo barra para controlar el peso del cemento durante el proceso, para después ser descargado por medio de una válvula tipo mariposa con accionamiento neumático y liberado por medio del chute de cargue el

cual está conectado directamente a la entrada de la olla del camión mixer del cliente. (Altron Ingeniería S.A.S, 2021)

Análisis de la Planta Dosificadora AD 35 ESP.

Como anteriormente se mencionó el presente documento se centró la investigación de costos una la planta AD 35 ESP. ya que esta es un activo fabricado por la misma empresa Altron Ingeniería y representa un porcentaje de la generación de ingresos de la compañía debido a su capacidad de producción estimada en 35 m³/h, la cual en este momento se encuentra operando en la ciudad de Cali.

El motivo por el cual se escoge este equipo como prototipo para la elaboración del plan de mantenimiento es por la cantidad de fallos que ha venido presentando de forma consecutiva causando muchas intervenciones en mantenimiento, muchos recambios y desperdicios en material, por lo que es importante fijarse en ciertos detalles y en los datos que la administración de mantenimiento puede ofrecer, como lo son el historial de intervenciones, la cantidad de paros que tiene el equipo y el tiempo que se puede tardar en solucionarse, el costo de mantenimiento de cada fallo, entre otros.

El equipo fue manufacturado en el año 2016, en principio se fabricó con una alta eficiencia en su momento, y como se explica en la curva de la bañera, tuvo una inversión y un tiempo de adaptación a los formatos que se trabajan en la empresa, luego de superar esta fase, el equipo trabajo un tiempo muy estable, con algunas fallas que generaron costos, pero de fácil reparación y puesta en marcha, el análisis lo realizamos teniendo en cuenta que este es un equipo de alta eficiencia por lo que una parada no programada puede ocasionar una gran pérdida de producción que se traduce en dinero por tal razón es de importancia su intervención oportuna, así como

repuestos, mantenimiento, desperdicio de material son motivo de atención, es por eso que se realiza una investigación a fondo de este equipo en el último año.

Sistema Electrico-Mecánico

Este sistema provee un tablero eléctrico de potencia y de control para el comando general de los mecanismos de la planta dosificadora para producción de concreto. Además de contar con un sistema electrónico por medio de dispositivos para el control del sistema de pesaje e indicadores digitales que garantizan una dosificación controlada y precisa de los materiales; todo lo anterior bajo normas internacionales de calidad y seguridad industrial. (Altron Ingenieria S.A.S, 2021).

Marco Metodológico

Diseño de la Propuesta Metodológica “Mantenimiento Productivo Confiable MPC”

Para la Planta Dosificadora de Concreto AD-35

El desarrollo de este capítulo pretende diseñar la estructura metodológica del programa “Mantenimiento Productivo Confiable” MPC (Olarde, 2021), para la planta dosificadora de concreto AD 35 de la empresa Alton Ingeniería, esta herramienta es aplicable a cualquier departamento de mantenimiento industrial de cualquier empresa. En el análisis de este capítulo se pretende dar una solución integral a los objetivos específicos planteados en el desarrollo del proyecto y es la estructura principal de este documento, así pues, este segmento aborda el desarrollo teórico metodológico y plantea la forma de implementación práctica en cada una de sus fases para llevar a cabo el mantenimiento de la planta de dosificadora de concreto; para ello en este capítulo describirá el paso a paso metodológico del Mantenimiento Productivo Confiable MPC con su propuesta de implementación práctica.

Para el desarrollo de esta estructura metodológica se integraran diversos factores relacionados en el marco teórico del presente trabajo, teniendo como eje central el análisis de los programas de mantenimiento implementados en diferentes empresas del sector de la producción de cemento con trayectoria tanto nacional e internacional donde se aplican metodologías de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM y mantenimiento productivo total TPM, de igual modo integra diferentes herramientas de gerenciales adquiridas durante la especialización en gerencia de mantenimiento de la Universidad ECCI y a nivel práctico aportando nuestra experiencia en el ejercicio como Ingenieros de Mantenimiento.

El desarrollo de esta metodología denominada “Mantenimiento Productivo Confiable” MPC busca ser una alternativa práctica para los gerentes de mantenimiento de cualquier empresa industrial y genera un paso a paso que permitirá aplicar un programa de mantenimiento preventivo que integra elementos gerenciales y técnicos enfocados en dar una nueva perspectiva holística de la gerencia del mantenimiento industrial. (Olarde, 2021). De acuerdo a lo anterior se establece un criterio en base a la metodología orientado al contexto operacional propio del activo de la compañía al cual se le va a realizar el programa de mantenimiento MPC, de igual modo se realizó dentro del entorno del sector un estudio de caso donde se realizó un análisis de una de las principales empresas que producen concreto en Colombia como lo es Cemex donde se observó cómo ha mejorado su competitividad empresarial con la ayuda de herramientas como son el RCM y el TPM donde se investigó desde una prospectiva definiendo las capacidades de la empresa y las estrategias que generaron ventajas competitivas dentro de la organización en Colombia y a nivel mundial.

Esta metodología de Mantenimiento Productivo Confiable MPC la vamos a centrar en realizar un monitoreo constante dentro de la organización y externamente con el objetivo de

buscar herramientas o tecnologías que permitan poder tomar decisiones frente a los riesgos que se puedan presentar y poder anticiparse a los cambios constantes que se presenten frente a la competencia o mejoras que puedan generar valor. Para llevar a cabo este proceso es importante realizar una auditoria donde se pueda recopilar la mayor cantidad de información que permita establecer el estado actual del equipo y de los procesos que se realizan actualmente, también es importante realizar un análisis de criticidad, análisis de modo y efectos de falla de los componentes para establecer rutinas de mantenimiento que permitan mejorar la confiabilidad del equipo, también se establecerá como estrategia el mantenimiento autónomo con la integración de la parte operativa dentro de las rutinas de mantenimiento por medio de un control que permita hacer seguimiento al cumplimiento de la actividades y sugerencias de mejora además de establecer espacios para la capacitación, formación en mantenimiento autónomo.

Con la aplicación de la metodología de Mantenimiento Productivo Confiable MPC, se pretende establecer herramientas estadísticas que puedan ayudar a la gerencia de mantenimiento en la toma de decisiones y la búsqueda de acciones de mejora continua que permitan reducir las fallas en el equipo, así como sus costos de mantenibilidad e incrementando su productividad y confiabilidad durante su ciclo de vida.

Por último, se cierra el ciclo metodológico MPC haciendo hincapié en la mejora continua de los procesos para establecer un estándar teniendo como base de fundamento el reconocimiento de fallas y el establecimiento de planes de mejoramiento continuos y prácticos que se pueden replicar a las demás máquinas de la compañía. De igual manera poder identificar los beneficios económicos que pueden obtenerse luego de su completa implementación.

Recolección de la Información

Esta información se obtiene mediante el contacto directo con la compañía Altron Ingeniería en el área de servicio técnico y producción, fue recolectada de las bases de datos del software SAMM, la hoja de vida del equipo, manual de mantenimiento, listado de partes, formatos de calidad y manuales de puesta en funcionamiento.

Bases de datos CMMS SAMM

Actualmente la compañía se propone migrar toda la información de mantenimiento a su base de datos la cual administra por medio del software SAMM, que adquirió desde el año 2016 para administrar producción y el mantenimiento, revisando la información que se encuentra actualmente en el software se encontró que en la parte de mantenimiento falta mucho desarrollo para la administración de las plantas de la compañía por esta razón solo se pudo recopilar del software información como el costo de su fabricación, el costo de cada uno de sus componentes en el momento que se ensambla, y el módulo de mantenimiento que en este momento se encuentra en construcción pero aún falta por definir como debe ser el desarrollo para poder gestionar el mantenimiento de las plantas y por tal razón el objetivo de este documento es proponer un plan de mantenimiento que se puede administrar por medio de este software además de recopilar la información suficiente para poder establecer indicadores de gestión que permitan tomar decisiones más acertadas en estos activos de la empresa inicialmente.

Hoja de vida del equipo

La hoja de vida del equipo actualmente se lleva en una carpeta o dossier de fabricación del equipo donde se guarda un formato de pruebas en el que se consigna toda la información de los componentes del equipo esta información es muy básica y muestra referencias de los componentes del equipo y datos iniciales de prueba de los componentes principales como lo son

motorreductores, motobombas, cuenta litros y celdas de carga. Para la correcta toma de decisiones a futuro es importante recopilar la información a medida que se realizan los mantenimientos correctivos, y preventivos debido a que es importante crear un historial del equipo, que permita tabular datos, para poder detectar posibles mejoras en los procesos de mantenimiento o situaciones de remplazo de piezas, por lo que es importante realizar un rediseño de hoja de vida que permita la gestión de esta información para posteriormente subirla a un software de mantenimiento establecido por la compañía.

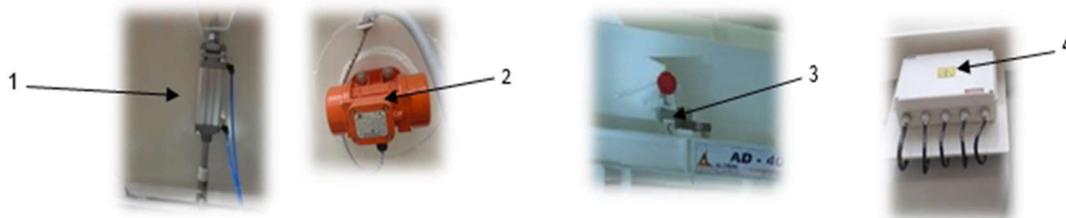
Manual de mantenimiento

En el manual de mantenimiento de la planta AD 35 ESP podemos ver la información de los componentes del equipo las posibles fallas que se pueden presentar en este modelo de planta, algunas soluciones generales y frecuencias de mantenimiento sugeridas, sin embargo, este plan de mantenimiento no está basado en el desgaste que va teniendo el equipo a medida que pasa el tiempo, tampoco se tienen en cuenta fallas que se van potencializando con el mismo por lo que hace complejo predecir qué tipo de fallas puede presentar el equipo en el momento de estar en operación.

Listado de partes

Figura 8

Componentes báscula para agregados



Fuente: Manual de mantenimiento Altron Ingeniería.

Tabla 1

Listado de Partes Báscula de Agregados.

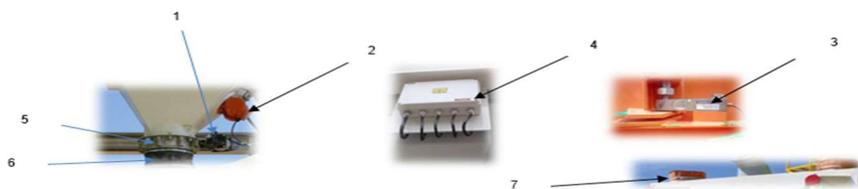
	REFERENCIA	NOMBRE DE COMPONENTE	CANT.
COMPONENTES BÁSCULA DE AGREGADOS	1) 80X100 AIRTAC	CILINDRO NEUMATICO 80 X 100 AIRTAC	2
	2) MVE 200/3 200	VIBRADOR MVE 440/2 200 WAM	1
	3) 9123-A5-10K-20P1R	CELDA DE CARGA TIPO BARRA REVERE	4
	4) CS 4 C INOX.	CAJA SUMATORIA ACERO INOXIDABLE 4 CELDAS	1

Nota: Los datos fueron tomados del Manual de mantenimiento Altron Ingeniería. Fuente:

(Altron Ingeniería S.A.S, 2021)

Figura 9

Componentes báscula de cemento



Fuente: Manual de mantenimiento Altron Ingeniería.

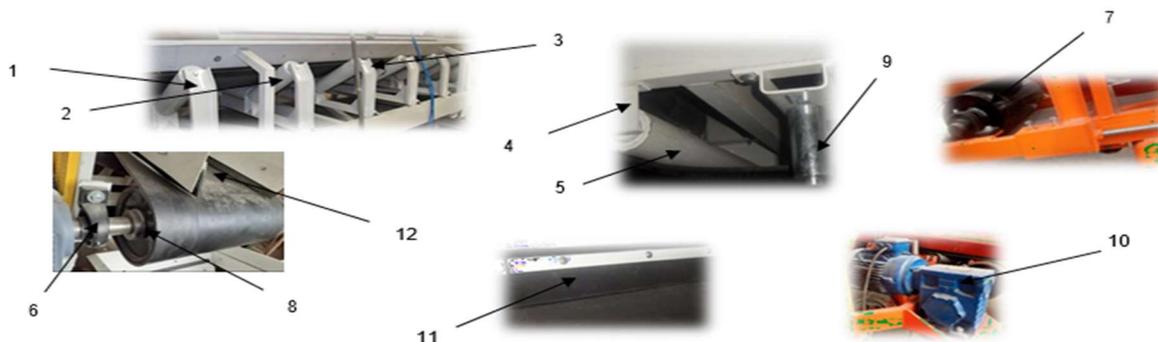
Tabla 2

Listado de Partes Báscula de Cemento

	Referencia	Nombre de componente	Cant.
COMPONENTES BÁSCULA PARA CEMENTO	1) CP. 101	ACTUADOR NEUMATICO VALVULA MARIPOSA WAM	1
	2) MVE 200/3 200	VIBRADOR MVE 440/2 200 WAM	1
	3) 2.5K- 20P1R	CELDA DE CARGA BARRA DE 2.5K	3
	4) CELDAS ACERO INOX.	CAJA SUMATORIA ACERO INOXIDABLE 4 CELDAS	1
	5) V1FS-200	VÁLVULA MARIPOSA 8", 1 BRIDA, CUERPO EN ALUMINIO WAM	1
	6) MANGA DE 8" X 1,50 MST	MANGA ACOPLA TUBO DE 8"X1.50M	0.5
	7) TAPA PLASTICA DE 8 "	TAPA PLÁSTICA PARA DESCARGUE DE SINFINES DE 8"	2

Nota: Los datos fueron tomados del Manual de mantenimiento Altron Ingeniería. Fuente:

(Altron Ingeniería S.A.S, 2021)

Figura 10*Componentes banda transportadora*

Fuente: Manual de mantenimiento Altron Ingeniería. (Altron Ingeniería S.A.S, 2021)

Tabla 3*Lista de componentes banda transportadora*

	Referencia	Nombre de componente	Cant.
Componentes Banda Transportadora	1) ALMEC-TRANS-19	ARTESA 24" A 20° (RODILLO CEMA B) BANDA INCLINADA	2
	2) ROD CAR 24"	RODILLO CARGA (241 MM Ø 4") B 24"	54
	3) ALMEC-TRANS-18	ARTESA 24" A 35°	16
	4) RETORNO 24"	ESTACIONES DE RETORNO DE 24"	12
	5) RETORNO 24"	RODILLOS DE RETORNO 24"	6
	6) P-SKF-SY 50 mm	CHUMACERA PEDESTAL 50 MM	4
	7) TAMBOR COLA 24"	TAMBOR DE COLA PARA BANDA 24"	1
	8) TAMBOR DE CABEZA 24"	TAMBOR DE CABEZA PARA BANDA 24"	1
	9) ALMEC-18	RODILLOS ALINEADORES	4
	10) BANDA INCLINADA CM110 10 HP	MOTORREDUCTOR SINFIN CORONA 10 HP R/L 10.1 175 RPM	1
	11) RASPADOR 4" X 3/8"	RASPADORES EN CAUCHO 4"X3/8"(XMTS)	10
	12) BANDA TRANSPORTADORA LISA 24"	BANDA TRANSPORTADORA LISA 24"X 2 LONAS ICOBANDAS	21.5

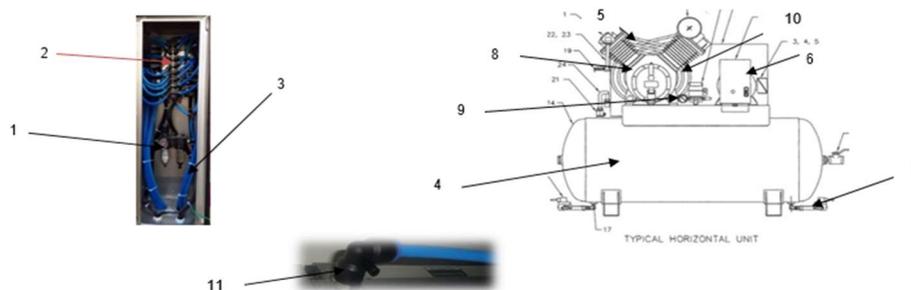
Nota: Los datos fueron tomados del Manual de mantenimiento Altron Ingeniería. Fuente:

(Altron Ingeniería S.A.S, 2021)

Cantidades aproximadas en estaciones de carga, rodillos de carga, estaciones de retorno y rodillos de retorno dependiendo de la inclinación de la banda transportadora, del tipo de carga a transportar y la longitud de la misma para este caso se utiliza una banda de 24" con una inclinación de 24° y una longitud de aproximada de 10.5 mts.

Figura 11

Componentes sistema neumático



Fuente: Manual de mantenimiento Altron Ingeniería. (Altron Ingeniería S.A.S, 2021)

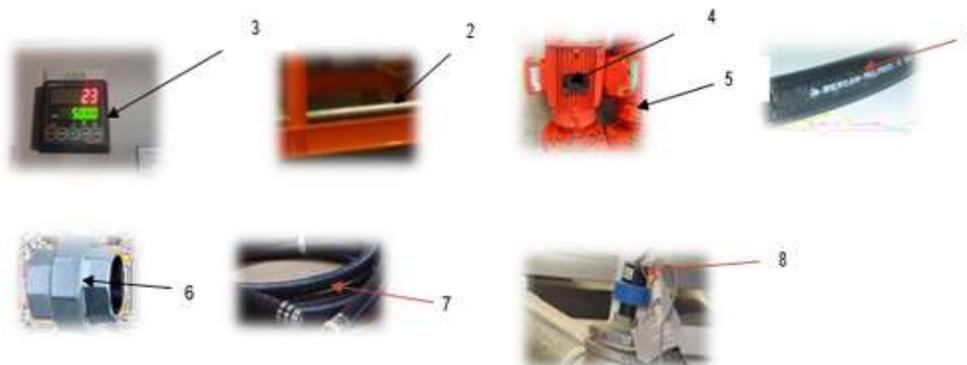
Tabla 4

Listado de partes sistema neumático

	Referencia	Nombre de componente	Cant.
Componentes Sistema Neumático	1) UNIDAD M. 3/8" AIRTAC M2032	Unidad de Mantenimiento 3/8" Airtac	1
	2) 4V31010A	Válvula Solenoide 5/2 3/8" Airtac	3
	3) SM -3	Manguera Poliuretano 10" mm aire azul	85
	4) AC30E - 50 GL H	Compresor Atlas Copco de 3hp	1
	5) CORRE PARA COMPRESOR 3 HP	Correa para Compresor	1
	6) PRESOSTATO PARACOMPRESOR 3 HP	Presostato Atlas Copco	1
	7) VALVULA DE DRENJE	Válvula para Salida y Drenaje	1
	8) AC30E - 50 GL H	Cabezote para Compresor de 3 hp	1
	9) MAN 2.5" CV 1/4" INOX 0/200 PSI	Manómetro Bour Man 2.5" cv 1/4" Inox	1
	10) MOTOR COMPRESOR 3 HP	Motor Compresor	1
	11) QSL-1/2-10 TEE 3/8" D-3/81-1/2A	Racores Rectos y Codos	25

Nota: Los datos fueron tomados del Manual de mantenimiento Altron Ingeniería. Fuente:

(Altron Ingeniería S.A.S, 2021)

Figura 12*Componentes líneas para agua*

Fuente: Manual de mantenimiento Altron Ingeniería. (Altron Ingeniería S.A.S, 2021)

Tabla 5*Lista de partes línea para agua*

	REFERENCIA	NOMBRE DE COMPONENTE	CANT.
COMPONENTES SISTEMA HIDRÁULICO	1) MANGUERA DUNLOOP 1"	MANGUERA DUNLOOP 1"	10
	2) TUBERIA GALVANIZADA 2"	TUBERÍA DOSIFICACIÓN DE 2"	Según longitud de La tubería
	3) AUTONIC CT6S-1P 48X48	VISUALIZADOR-CONTROL DE AGUA	1
	4) 15A-1.5 TW	MOTOBOMBA 1,5 HP IHM DE 1 /2" X 1 ½"	1
	5) GS 50-3TW	MOTOBOMBA 3.0 HP IHM 2X2"	1
	6) UNIVERSAL 2"	UNIVERSAL GALVANIZADA DE 2"	1
	7) SUCCION 2"	MANGUERA EN CAUCHO TIPO SUCCIÓN DE 2"	2
	8) 3-2536-PO	SENSOR DE FLUJO PARA ERF3-2536	1

Nota: Los datos fueron tomados del Manual de mantenimiento Altron Ingeniería. Fuente:

(Altron Ingeniería S.A.S, 2021)

Tabla 6*Lista de partes sistema eléctrico-electrónico*

Referencia	Descripción	Cant
1) COD. 12923168 CSW-CK3F45 WH	Selector de Muletilla 3 Posiciones 22 MM	N/A
2) S7-1200 1214C AC/DC RLY	PLC S7-1200 1214C AC	1
3) MODULO + 16DI 24V - 16DQ RLY SM1223	MODULO + 16DI 24V -	1
4) PC INTEL CORE I7/2TB/ 6 PUERTOS.	Computador INTEL COREI3 6Puertos Seriales	1
5) 12923176	Pulsador Negro 22MM 1NAWEG	6
6) COD. 12923170 CSW-CK2F45-10000000-3VF	Selector 2 Posiciones 22MM 2P1NA WEG	13
7) COD. 12174912 BC10F-CSW	Bloque Contacto No 1	2
8) COD. 12174913 BC01F-CSW	Bloque Contacto No 1	2
9) 12487308	Mini contactor Auxiliar CWCAO CWCA0-22-00 Bobina	1
10) 11339647 125 AMP	Interruptor Caja Moldeada 125AMP	1
11) COD. 10076399 INTERRUPTOR TERMOMGNT2P 6 AMP WEG	Interruptor Termomgnt 2P 6AMP WEG	2
12) COD. 10076407 INTERRUPTOR TERMOMGNT2P 10 AMP WEG	Interruptor Termomgnt 2P 10AMP WEG	2
13) 500 VA 220/220-110V	Transformador Monofásico 500 VA 220/220- 110 V	1
14) 1 KVA 440V-220V-110V	Transformador 1 KVA	N/A
15) 1083 1000X800X300 1P	Cofre Intemperie 1083 COFRE INTERPERIE	1
16) 900 X 300 X 640	Consola de Mando	1
17) BARRA BARRAJE NEUTRO 120 AMP	Barra Barraje Neutro 120 AMP	2
18) COD. 10289061 PF4-BTW	Tope Final REF. PF4-	4
19) COD. 12824904 PBW1Y-GS01 P222	Estación de Mando -	1
20) COD. 12922954 CSW-BESG-01000000-3VF COD. 12922954	Pulsador Rojo Hongo	2
21) MULTITOMA 6 S	Multitoma Rectangular	1
22) TOMA LEVINTON CON TAPA	Toma Levinton 110 VA	1
23) CWCO 7 AMP	Mini contactor Tripolar CWCO7 AMP	3
24) CONTACTOR AC3 9 AMP 3HP/6HP A220V/440V	Contactador AC3 9 AMP 3HP/6HP A220V/440V Bobina 220V WEG	1
25) SPB-060 -24	Fuente de Poder 24 V	1
26) RELEVO DE ESTADO SOLIDO 24V DC CON LEDREF 1122770	Relevo de Estado Sol	19
27) INOX- FOX III RS232	Visualizador de Peso INOX FOX III RS232	2
28) . MPW40-3 25-32 AMP WEG	Guardamotor REF. MPW40-3 25-32 AMP WEG	3
29) MPW40-3-U016 10-16 AMP	Guardamotor REF MPW40-3-U016 10-16	1
30) MPW40-3 6.3-10 AMP WEG	Guardamotor REF. MPW40-3 6.3- 10 AMP	1

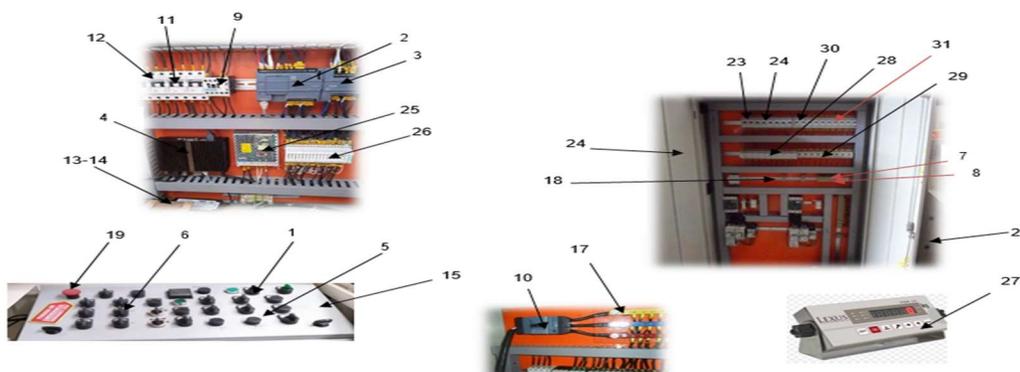
Referencia	Descripción	Cant
	WEG	.
31) AC3 32 AMP 12.5HP/20HP A 220V/440V	Contactador AC3 32 AMP 12.5HP/20HP A 220V/440V BOBINA 220V WEG	3

Nota: Los datos fueron tomados del Manual de mantenimiento Altron Ingeniería. Fuente:

(Altron Ingeniería S.A.S, 2021)

Figura 13

Componentes Sistema Eléctrico-Electrónico



Fuente: Manual de mantenimiento Altron Ingeniería. (Altron Ingeniería S.A.S, 2021)

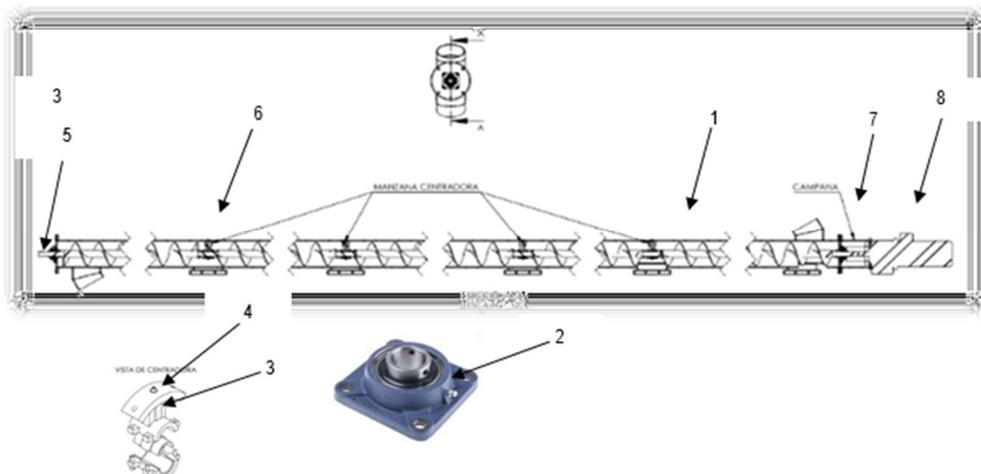
Tabla 7

Lista de Materiales Tornillo Sinfín

	Referencia	Nombre de componente	Cantidad
Tornillos Sinfines	1) ALMA DE SINFÍN DE 8Ø	Alma de Sinfín de 8 Ø en Tubería SCH 40 y Aspa en Lámina HR DE 1/8"	3
	2) F-SKF-FY 1 1/2"	Chumacera Flanche SK FY 1 1/2"	2
	3) ATT 8 5/8"- 02C	Manzana Centradora ND 8"	2
	4) TOR. LUBRI. MANZ.CENT	Tornillo Lubricación Manzana Centradora Sinfín DE 8"	2
	5) ATT 8 5/8"- 01C	Eje Punta de 8"	2
	6) ATT 8 5/8"- 02A	Eje Manzana Centradora DE 8"	2
	7) ATT 8 5/8"- 03	Campana para Sinfín ATT 5/8" -03	1
	8) KAD 88 K4(132)	MOTORREDUCTOR CONICO HELICOIDAL DE 10 HP R/L 6.21	1

Nota: Los datos fueron tomados del Manual de mantenimiento Altron Ingeniería. Fuente:

(Altron Ingeniería S.A.S, 2021)

Figura 14*Componentes Tornillo Sinfin*

Fuente: Manual de mantenimiento Altron Ingeniería (Altron Ingenieria S.A.S, 2021)

Tipo de Investigación

Revisando los tipos de investigación vistos se establece que la investigación está encaminada más por el de tipo Estudio de Caso ya que se trata de un análisis en donde se evidencian hechos reales en las plantas de producción de cemento y concreto de la compañía Cemex, Este caso de estudio tiene como fin estudiar cómo ha sido el éxito implementar las metodologías de análisis centrado en la confiabilidad RCM y mantenimiento productivo total TPM en sus plantas además una de las ventajas y beneficios que ha tenido Cemex al desarrollar un plan de mantenimiento basado en confiabilidad ha sido ofrecer un mejor valor a sus clientes y colaboradores además de obtener una mejor rentabilidad en su negocio.

Fuentes de Obtención de la Información

Fuentes de Información Primaria. El área de Mantenimiento es la fuente primaria más importante donde se evidencian las entradas y de salidas de como fluye el proceso actualmente para la planta dosificadora AD 35 ESP Partiendo de esta idea se revisan que metodologías se

adapta mejor al proceso con el fin de reducir los tiempos muertos o tiempos no productivos.

Fuentes de Información Secundaria: Manuales de Equipos para la comprensión del funcionamiento de este tipo de plantas: La identificación del tipo de máquina, con sus funciones principales y secundarias, logra dar una visión Técnica sobre el equipo productivo con el que cuenta la empresa Altron Ingeniería tener esto, facilita la mantenibilidad de los equipos para que el proceso sea continuo y eficaz. Fallas históricas de un activo Fijo (Tipo de Parada, Tiempo de falla). Con las fallas más representativas revisar el tema de los planes de producción para determinar el costo de la mano de obra, el costo de cuanto duro la máquina encendida.

Estrategia Actual de la Empresa para el Control del Costo de Mantenimiento.

La empresa Altron ingeniería hoy día para tener un control de los costos utiliza un software llamado SAMM en el cual asigna una orden de producción OTP para cada máquina que fabrica sea para la venta o para el alquiler y el esta se cargan todos los costos relacionados con la fabricación de este activo, si se asigna para alquiler se abre una OTA (Orden de trabajo alquiler) en esta se cargan todos los costos relacionados con la operación de este activo como son mano de obra, insumos, repuestos y servicios. Para realizar el mantenimiento de este activo se abre una OTS (Orden de trabajo de servicio) en esta se cargan todos los costos relacionados con el mantenimiento de este activo, estos pueden ser mano de obra, servicios de transporte, servicios de montacargas, repuestos, insumos, viáticos entre otros.

Los costos administrativos se distribuyen en todas las ordenes abiertas dependiendo del área que se necesite para la ejecución de la orden de trabajo en el caso de los equipos en planta. Para el caso de los equipos en alquiler o mantenimiento de otros clientes se les asigna un porcentaje de los costos indirectos de acuerdo con la gestión que sea necesario hacer y son asignados en los centros de costos y se reportan en las OTA y las OTS según sea el caso.

También se está involucrando al personal operativo de las plantas en las capacitaciones de mantenimiento con el objetivo de crear conciencia en la ejecución de actividades de limpieza y lubricación de estas, ya que en muchos de los proyectos se ha evidenciado falta de limpieza y lubricación de los equipos, lo que hace que se incremente el costo de mantenimiento y aumenta el deterioro del equipo.

Herramientas

Se realizara un estudio de criticidad y análisis RCM en los sistemas principales de la planta con el objetivo de valorar la vida útil de elementos como motores, bombas, rodillos, tambores, banda, válvulas, chumaceras, entre otros, ya que cuando la máquina llega a la planta después de un periodo largo de tiempo se le hace un mantenimiento cero horas (overhaul) y en este en muchos de los casos se desechan o se sustituyen varios de estos componentes por elementos nuevos y los viejos se guardan en almacén hasta que se les da un destino final.

Con base en lo anterior se puede estimar una mayor duración de los equipos reduciendo el costo de repuestos ya que se cambiarían en el momento justo y al hacer un mejor seguimiento se puede reducir las paradas por mantenimiento correctivo, debido que de tendría una mejor predicción en las fallas.

También se implementarán las tarjetas de TPM para establecer una cuales son las fallas más frecuentes de la planta, encontrar acciones de mejora y mejorar las condiciones de seguridad de la planta.

Información Recopilada

Análisis de la información

Con la información recopilada se realizará un análisis de la planta para establecer un orden de prioridades dentro del plan de mantenimiento y establecer que stop de inventarios necesarios para garantizar que el equipo tenga todo en el momento de una parada por mantenimiento. También se realiza un análisis de criticidad basado en riesgo para establecer cuáles son los componentes más críticos de la máquina, cuáles son las frecuencias de falla, importancia de los componentes con relación a la productividad, seguridad, mantenibilidad, calidad y medio ambiente. Síntomas de las fallas potenciales que permitan medir los tiempos más convenientes para realizar las paradas para mantenimiento preventivo, así como optimizar el mayor tiempo posible antes de cada intervención por medio de un adecuado mantenimiento por parte del operador de la planta.

planeación estratégica

Con la metodología MPC se busca generar diferentes herramientas que permitan identificar características primordiales para la gestión de la gerencia de mantenimiento enfocada a la optimización de los recursos asignados para la administración de los activos propios de la empresa realizando un análisis de las partes interesadas o Stakeholders, la debilidades y fortalezas de la organización en el alquiler de sus equipos teniendo en cuenta las estrategias necesarias de estructuración de una matriz DOFA además del análisis de los aspectos externos que pueden afectar la organización mediante un estudio PESTEL. La gestión del relacionamiento con los grupos de interés (Stakeholders) es un análisis para identificar riesgos y oportunidades en función de las características de las relaciones de la empresa y su contexto. La influencia de los factores en el portafolio organizacional se ve directamente relacionado con los riesgos a nivel

estratégico, táctico y operativo. Los grupos de interés abarcan muchos actores y para poder identificar los stakeholders se suelen usar practicas sencillas como por ejemplo entrevistas y paneles grupales, una de las formas que más se utilizada es la matriz de stakeholders. El análisis DOFA, permite el estudio de características internas y externas de una empresa generando estrategias de gerencia que permitan direccionar los recursos empresariales a la mejora continua de los aspectos internos y la prevención y mitigación de aspectos externos que puedan afectar la empresa, de igual manera es este cuarto paso se realizan un análisis específico de los factores externos de la empresa mediante un estudio PESTEL. En conclusión, como propuesta de estrategia nos basamos en la matriz de la tabla 8 donde se realizó un análisis utilizando estas dos herramientas para establecer la metodología MPC se estructuran tres herramientas básicas de planeación estratégica como son la matriz de interesados o Stakeholders, análisis y estrategias.

Tabla 8

Matriz Dofa, estudio de características internas y externas para la estrategia gerencial.

Matriz Dofa Planta AD 35 Esp.	
D ebilidades (-)	A menazas (-)
1 No se tienen metodologías que se adapten mejor al proceso con el fin de reducir los tiempos Muertos o Tiempos No Productivos de los equipos.	1 Actualmente la máquina no tiene una metodología establecida para gestionar su mantenibilidad.
2 Falta de control, seguimiento y planeación de las actividades del área de mantenimiento, ocasionando pérdidas de producción por paradas no planificadas	2 Constante mente se evidencia falta de limpieza de la máquina por parte del operador.
3 Por el tipo de trabajo que este equipo desarrolla se necesitan rutinas exigentes de mantenimiento de acuerdo con las horas de trabajo y los lineamientos técnicos establecidos por la compañía y por los fabricantes de sus componentes	3 Alza de precios en la importación de repuestos y materiales para la fabricación de equipos

4	La empresa solo cuenta con un plan de mantenimiento estándar para todos sus equipos	4	El sobre costo en la producción es un riesgo latente además de la inconformidad de los clientes en el momento en que no se cumplan sus expectativas
Fortalezas (+)		Oportunidades (+)	
1	Los componentes son de muy buena calidad, algunos importados y revisados exhaustivamente para generar un beneficio tanto a los clientes como a la empresa misma.	1	Promover el buen uso de la maquinaria de alquiler y herramientas
2	Es una empresa especializada en servicios, soluciones industriales, técnicas y constructivas con 10 años de experiencia	2	Promover las capacitaciones al personal para minimizar el mantenimiento correctivo
3	La planta de dosificadora de concreto cumple con los principios y normas ecológicas en todos los procesos.	3	Establecer tareas concretas y certeras para lograr obtener unas rutinas con frecuencias ajustadas o cercanas a las fallas
4	La planta es un equipo que están a la vanguardia de la tecnología mundial con ingeniería y control en la mayoría de sus procesos.	4	Buscar la forma de prevenir las fallas a través de la causa raíz y su posible solución

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de Solución

En esta propuesta de solución se pretende integrar diversos factores que tienen como eje central el análisis de diferentes planes de mantenimiento implementados por varias empresas del sector de la producción de cemento y concreto de gran importancia a nivel nacional e internacional, donde aplican una metodología basada en el mantenimiento centrado en confiabilidad RCM y mantenimiento productivo total TPM dentro de sus plataformas de gestión (TI) con algunas herramientas gerenciales vistas durante la especialización de gerencia de mantenimiento.

En esta solución se propondrá un desarrollo del proyecto en 6 fases, la primera será la ejecución de una auditoría de mantenimiento con la que se pretende recopilar la mayor cantidad

posible de información, conocer el estado actual del equipo y los procesos de mantenimiento, y cuál es el plan de mantenimiento que se ejecuta actualmente para este equipo. Para posteriormente continuar con una segunda fase donde se realiza la actualización la hoja de vida del equipo y recomendaciones de los fabricantes de sus componentes para luego realizar en una tercera fase la implementación de las tarjetas TPM las cuales serán implementadas por medio de un aplicación que permita su diligenciamiento desde el celular y la información se guardara en la base de datos del software de la compañía SAMM y con la ayuda de la metodología 5's se gestionara su implementación luego, posteriormente en una cuarta fase se realizara un análisis de criticidad para establecer cuáles son sus componentes más críticos, en los cuales se enfocará el análisis RCM para establecer rutinas de mantenimiento por medio de las información recolectada por medio de las tarjetas TPM con la visión de conocer la frecuencia de fallas y fallas potenciales en los componentes de la planta, también identificar acciones de mejora, síntomas que se presenten durante la operación y tener una mayor participación del operador de la planta dentro del mantenimiento de la máquina.

En la quinta fase se establecerá un cronograma de mantenimiento preventivo más estratégico para la organización, así como las rutinas de mantenimiento de operario y stop de repuestos necesarios para reducir los tiempos de parada no planeados.

Por último, en la sexta fase se establecerán indicadores gerenciales y de segundo y tercer nivel para medir el tiempo de las paradas no programadas o tiempo de no operación, tiempo medio entre fallas, costo mensual de mantenibilidad, disponibilidad de la planta, eficiencia con el objetivo de planear y mantener el control del plan de mantenimiento teniendo un criterio de evaluación del estado de la planta que permita tomar decisiones más acertadas que generen rentabilidad.

Fase 1 Auditoría de mantenimiento.

Con la auditoría de mantenimiento se determina e identifica el estado actual de la máquina y cuál ha sido su gestión del mantenimiento que en la actualidad la organización tiene estipulado para la mantenibilidad del equipo, además de establecer que tan efectivo es actualmente. Esto se establecerá por medio de un diagnóstico claro donde se detalle el estado del equipo y se describa los elementos internos y externos que intervienen en el mantenimiento del mismo por medio de un planteamiento metodológico que permita evaluar y analizar el impacto de cada uno de ellos dentro del funcionamiento de la máquina.

Este paso busca tener información del estado actual de la planeación de estratégica del proceso de mantenimiento, planeación y programación del mantenimiento, ejecución del mantenimiento, Análisis de los Sistemas de Información de Mantenimiento, Gestión de mantenimiento, mantenimiento preventivo y lubricación Efectiva, instalaciones físicas, estado del equipo, confiabilidad y disponibilidad.

En el estado actual del equipo se encontró que la documentación del equipo se almacena en una carpeta o dossier donde podemos encontrar información como la hoja de vida del equipo en el formato de entrega de equipo en planta, además de información como pruebas iniciales de funcionamiento de la planta en vacío, referencias y catálogo de componentes, manual general de mantenimiento preventivo, mediciones iniciales en motorreductores, bombas, celdas de carga entre otros.

También se encontró que los reportes de falla de llenan en el formato de reporte de servicio técnico el cual se archiva en una carpeta de reportes de todos los equipos de la compañía y equipos de los clientes, donde no se tiene un control de frecuencia de fallas, análisis de criticidad de los componentes ni análisis de las posibles fallas potenciales que puedan estar

ocultas en el transcurrir del tiempo. En general no se tiene ninguna herramienta gerencial que permita medir o tomar decisiones para una mejor administración del activo.

En la actualidad la empresa se encuentra en el proceso de implementar un plan de mantenimiento confiable que se pueda gestionar desde su plataforma SAMM para para esto necesita tener un modelo estructurado para poder iniciar la implementación.

En el manual de mantenimiento se establece un plan preventivo programado en periodos como se observa en la tabla 8 Cronograma general rutinas de mantenimiento preventivo. En esta tabla podemos ver una serie de rutinas sugeridas por los fabricantes de los componentes, las cuales no se están llevando a cabo por medio de un seguimiento confiable y no se están teniendo en cuenta los tiempos de operación, ni las paradas para establecer las fechas de frecuencia, además no se ha hecho un estudio de criticidad para establecer cuáles son los componentes o equipos que necesitan mayor atención para poder establecer un plan de mantenimiento más efectivo y tener los repuestos necesarios en el momento requerido.

Tabla 9

Cronograma General Rutinas de Mantenimiento

CRONOGRAMA GENERAL RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
PARTE	FRECUENCIA DIAS	RUTINAS A REALIZAR	FECHA ESTIMADA
MOTOBOMBAS	DIARIAMENTE	-Revisión del rotor -Revisión del nivel de aceite -Revisión de voltaje y amperaje. -Revisión de las unidades de acople flexible	DIARIAMENTE
	MENSUALMENTE	-Efectué cambio de aceite del Carter -Revise la tensión de las correas -Revise y ajuste la tornillería	

CRONOGRAMA GENERAL RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

PARTE	FRECUENCIA DIAS	RUTINAS A REALIZAR	FECHA ESTIMADA
COMPRESOR	DIARIAMENTE	-Revisión de aceite -Limpieza elemento filtrante -Retiro de agua acumulada en el tanque -Revisiones de fugas en las uniones -Revisión válvula de seguridad	
	MENSUALMENTE	-Verifique los soportes de tubería -Desenrosque el tapón de purga (3/4 NPT)	
MOTOREDUCTOR	SEMANALMENTE	-Revisar la superficie -Revisar temperaturas límites que estén entre 15°C a 40°C -Lubricar los rodamientos. -Revisar ruidos extraños en los rodamientos -Revisar vibraciones	
	MENSUALMENTE	-Revisar conexiones eléctricas. -Tomar voltaje y amperaje. -Revisar rodamientos y cambiar si es necesario. -Revisar sellos. -Revisar embobinado. -Revisar y engrasar los sellos. -Limpieza interna de los motores	CADA 2 MESES
UNIDAD DE MANTENIMIENTO NEUMATICO	DIARIAMENTE	-Examinar el nivel del agua condensada. -Verificar regulador de presión -Verificar el nivel de aceite en la mirilla	DIARIAMENTE
SISTEMA ELÉCTRICO ELECTRICOMECANICO	DIARIAMENTE	-Realizar limpieza superficial	
	MENSUALMENTE	-Revisar cables de alto voltaje -Revisar breackers, hacer cambios si es necesario -Revisión de conectores -Realizar revisión térmica del sistema Revisión de pulsadores.	
	ANUAL	-Realizar una revisión general de todo el sistema eléctrico.	

CRONOGRAMA GENERAL RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
PARTE	FRECUENCIA DIAS	RUTINAS A REALIZAR	FECHA ESTIMADA
MOTOVIBRADORES	DIARIAMENTE	-Verificar que la temperatura del moto-vibrador no supere los 40° C. -Verificar la corriente absorbida. -No arrancar el moto-vibrador sin las tapas de protección de las masas y la tapa de la caja de bornes. Después de un breve período de funcionamiento, volver a controlar el apriete de los elementos de fijación del moto-vibrador en la estructura. -Limpiar y remover partículas externas en el vibrador.	DIARIAMENTE
	MENSUALMENTE	-Revisar la placa de identificación y cambiar si es necesario. -Revisar las conexiones eléctricas y cambiar si es necesario. -Revisar la fijación de los tornillos y apriete si es necesario. -Compruebe el estado del cable de seguridad. -Verificar la continuidad de la instalación de polo a tierra.	
CILINDROS NEUMÁTICOS E HIDRÁULICOS	DIARIAMENTE	-Verificar fugas internas. -Verificar fugas externas -Verificación visual del estado del vástago (rayas, poros, golpes, corrosión o flexión). - Verificar fisuras en el diámetro exterior de la camisa, soldaduras, tapas frontal y posterior -Verificar ruidos	DIARIAMENTE

Fuente: Manual de Procedimientos de Funcionamiento y Mantenimiento (Altron Ingeniería S.A.S, 2021)

Fase 2 Actualización de hojas de vida del equipo

Teniendo ya la información necesaria del equipo se procederá a diseñar una hoja de vida del equipo que permita tener a la mano toda la información necesaria de los componentes del equipo como son referencias o número de parte, fecha de inicio de funcionamiento, histórico de

mantenimiento, ciclo de vida en sus componentes críticos de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes y tiempo de operación. En la actualidad la hoja de vida solo cuenta con información de especificación de referencias de los equipos instalados y datos de pruebas iniciales de funcionamiento en vacío.

Para establecer el grado de importancia se realizó un análisis jerárquico de sus componentes como lo podemos ver en la figura Tabla 10 donde se puede observar cómo están organizados cada una de los componentes principales de la máquina por conjuntos y de acuerdo a su importancia, esto con el fin de establecer que componentes lleva la máquina y poder establecer que repuestos están instalados, analizar cuáles son los componentes más críticos y evaluar su grado de riesgo en momento de una falla.

Tabla 10

Jerarquía de componentes planta AD 35 ESP.

LISTA DE COMPONENTES PLANTA AD 35 ESP.					
Conjunto	Código	Descripción	Cant.	Referencia	Marca
AD 35	AD 35 - BA	BACULA DE AGREGADOS	1	BACULA DE AGREGADOS AD 35 ESP.	ALTRON
AD 35 - BA	AD 35 - BA-CN	CILINDRO NEUMATICO 80 X 100 AIRTAC	2	80X100 AIRTAC	AIRTAC
AD 35 - BA	AD 35 - BA-V200	VIBRADOR MVE 440/2 200	1	MVE 200/3 200	WAM
AD 35 - BA	AD 35 - BA-CCTB10	CELDA DE CARGA TIPO BARRA	4	9123-A5-10K-20P1R	REVERE
AD 35 - BA	AD 35 - BA- CS4	CAJA SUMATORIA ACERO INOXIDABLE 4 CELDAS	1	CS 4 C INOX	LEXUS
AD 35	AD 35 - BC	BASCULA DE CEMENTO	1	BASCULA DE CEMENTO AD 35. ESP	ALTRON
AD 25 - BC	AD 35 - BC-ANVW1	ACTUADOR NEUMATICO VALVULA MARIPOSA	1	CP. 101	WAM
AD 25 - BC	AD 35 - BC-V200	VIBRADOR MVE 440/2 200	1	MVE 200/3 200	WAM
AD 25 - BC	AD 35 - BC-CCTB2.5	CELDA DE CARGA BARRA DE 2.5K	3	2.5K- 20P1R	REVERE
AD 25 - BC	AD 35 - BC- CS4	CAJA SUMATORIA ACERO INOXIDABLE 4 CELDAS	1	CS 4 C INOX	LEXUS
AD 25 - BC	AD 35 - BC-VM8W	VÁLVULA MARIPOSA 8", 1 BRIDA, CUERPO EN ALUMINIO	1	V1FS-200	WAM
AD 25 - BC	AD 35 - BC-VM8W-MA8	MANGA ACOPLA TUBO DE 8"X1.50M	1	MANGA DE 8" X 1,50 MST	GENERICO
AD 35	AD 35 - BD	BANDA DE 24"	1	BANDA DE 24" AD 35 ESP.	ALTRON
AD 35 - BD	AD 35 - BD-AT20-24	ARTESA 24" A 20° (RODILLO CEMA B)	2	ALMEC-TRANS-19	JEYCAR
AD 35 - BD	AD 35 - BD-AT20-24-R24	RODILLO CEMA B - 24"	3	RODILLO CARGA (241 MM Ø 4") B 24"	ALTRON

LISTA DE COMPONENTES PLANTA AD 35 ESP.

Conjunto	Código	Descripción	Cant.	Referencia	Marca
AD 35 - BD	AD 35 - BD-AT35-24	ARTESA 24" A 35° (RODILLO CEMA B)	16	ALMEC-TRANS-18	JEYCAR
AD 35 - BD	AD 35 - BD-AT35-24-R24	RODILLO CEMA B - 24"	54	RODILLO CARGA (241 MM Ø 4") B 24"	ALTRON
AD 35 - BD	AD 35 - BD-SRR24	SOPORTE RODILLO DE RETORNO 24"	12	SOPRIET RETORNO 24"	JEYCAR
AD 35 - BD	AD 35 - BD-SRR24-RR24	RODILLO DE RETORNO B 24"	6	RODILLO RETORNO (822 mm Ø 3.1/2") B 24"	ALTRON
AD 35 - BD	AD 35 - BD-CP50	CHUMACERA PEDESTAL 50 MM	4	P-SKF-SY 50 mm	SKF
AD 35 - BD	AD 35 - BD-TCO24	TAMBOR DE COLA PARA BANDA 24"	1	TAMBOR COLA 24"	JEYCAR
AD 35 - BD	AD 35 - BD-TCA24	TAMBOR DE CABEZA PARA BANDA 24"	1	TAMBOR CABEZA 24"	JEYCAR
AD 35 - BD	AD 35 - BD-RA	RODILLOS ALINEADORES	4	ALMEC-18	JEYCAR
AD 35 - BD	AD 35 - BD-MSC10	MOTORREDUCTOR SINFIN CORONA 10 HP R/L 10.1 175 RPM	1	SB05-112-11-W4131-B3	RAMFE
AD 35 - BD	AD 35 - BD-RC4	RASPADOR EN CAUCHO 4"X3/8" X MTS	10	RASPADOR 4" X 3/8"	ICOLBAND AS
AD 35 - BD	AD 35 - BD-BTL24	BANDA TRANSPORTADORA LISA 24"	21,5	BANDA LISA 24"X 2 LONAS	ICOLBAND AS
AD 35	AD 35 - SN35	SISTEMA NEUMATICO AD 35	1	SISTEMA NEUMATICO AD 35 ESP.	ALTRON
AD 35 - SN	AD 35 - SN-UM1	UNIDAD DE MANTENIMIENTO 3/8"	1	UNIDAD M. 3/8" C M2032	AIRTAC
AD 35 - SN	AD 35 - SN-VS1	VALVULA SOLENOIDE 5/2 3/8"	3	4V31010A	AIRTAC
AD 35 - SN	AD 35 - SN-VS1-MP10	MANGUERA POLYURETANO 10" mm AIRE AZUL	85	SM -3	
AD 35 - SN	AD 35 - SN-C301	COMPRESOR DE 3HP	1	AC30E - 50 GL H	ATLAS COPCO
AD 35 - SN	AD 35 - SN-C301-CC31	CORREA PARA COMPRESOR	1	CORREA COMPRESOR 3 HP	ATLAS COPCO
AD 35 - SN	AD 35 - SN-C301-CC32	CABEZOTE PARA COMPRESOR DE 3HP CON POLEA EN HIERRO	1	AC30E - 50 GL H	ATLAS COPCO
AD 35 - SN	AD 35 - SN-C301-P1	PRESOSTATO	1	PRESOSTATO 3HP	ATLAS COPCO
AD 35 - SN	AD 35 - SN-C301-VD	VÁLVULA PARA SALIDA Y DRENAJE	1	VALVULA DE DRENE	ATLAS COPCO
AD 35 - SN	AD 35 - SN-C301-M1	MANOMETRO	1	MAN 2.5" CV 1/4" INOX 0/200 PSI	BOUR MAN
AD 35 - SN	AD 35 - SN-C301-MC3	MOTOR COMPRESOR 3 HP	1	MOTOR COMPRESOR 3 HP	ATLAS COPCO
AD 35 - SN	AD 35 - SN-VS1-RRC	RACORES RECTOS Y CODOS	25	QSL-1/2-10 TEE 3/8" D-3/81-1/2A	FESTO
AD 35 - SH	AD 35 - SH-MD	MANGUERA DUNLOOP 1"	10	MANGUERA DUNLOOP 1"	
AD 35 - SH	AD 35 - SH-MT3-TD2	TUBERÍA DOSIFICACIÓN DE 2"	8	TUBERIA GALVANIZADA 2"	
AD 35 - SH	AD 35 - SH-VCA	VISUALIZADOR-CONTROL DE AGUA	1	CT6S-1P 48X48	AUTONIC
AD 35 - SH	AD 35 - SH-MT1.5	MOTOBOMBA 1,5 HP IHM DE 1 1/2" X 1 1/2"	1	15A-1.5 TW	IHM
AD 35 - SH	AD 35 - SH-MT3	MOTOBOMBA 3.0 HP IHM 2X2"	1	GS 50-3TW	IHM
AD 35 - SH	AD 35 - SH-MT3-UG2	UNIVERSAL GALVANIZADA DE 2"	1	UNIVERSAL 2"	UNIVERSAL
AD 35 - SH	AD 35 - SH-MT3-MCS2	MANGUERA EN CAUCHO TIPO SUCCIÓN DE 2"	2	SUCCION 2"	UNIVERSAL
AD 35 - SH	AD 35 - SH-SF	SENSOR DE FLUJO PARA ERF3-2536	1	3-2536-PO	
AD 35	AD 35 - SE	SISTEMA ELECTRICO	1	SISTEMA ELECTRICO AD 35 ESP.	ALTRON
AD 35 - SE	AD 35 - SE-CM	CONSOLA DE MANDO	1	900 X 300 X 640	ALTRON
AD 35 - SE	AD 35 - SE-CM-PC	COMPUTADOR INTEL COREI3 6 PUERTOS SERIALES	1	PC INTEL CORE I7/2TB/ 6 PUERTOS.	INTEL

LISTA DE COMPONENTES PLANTA AD 35 ESP.					
Conjunto	Código	Descripción	Cant.	Referencia	Marca
AD 35 - SE	AD 35 - SE-CM-S2P	SELECTOR 2 POSICIONES 22MM 2P 1NA	13	COD. 12923170 CSW-CK2F45-10000000-3VF	WEG
AD 35 - SE	AD 35 - SE-CM-EM	ESTACION DE MANDO	1	COD. 12824904 PBW1Y-GS01 P222	
AD 35 - SE	AD 35 - SE-CM-PRH	PULSADOR ROJO HONGO	2	COD. 12922954 CSW-BESG-01000000-3VF COD. 12922954	
AD 35 - SE	AD 35 - SE-CM-VP	VISUALIZADOR DE PESO	2	INOX- FOX III RS232	TRUMAX
AD 35 - SE	AD 35 - SE-TF	TABLERO DE FUERZA	1		ALTRON
AD 35 - SE	AD 35 - SE-TF-MR	MULTITOMA RECTANGULA	1	MULTITOMA 6 S	
AD 35 - SE	AD 35 - SE-TF-TL	TOMA LEVINTON 110 VA	1	TOMA LEVINTON CON TAPA	LEVINTON
AD 35 - SE	AD 35 - SE-TF-MTC	MINICONTACTOR TRIPOLAR CWCO 7 AMP	3	CWCO 7 AMP	WEG
AD 35 - SE	AD 35 - SE-TF-CAC3-9	CONTACTOR AC3 9 AMP	1	CONTACTOR AC3 9 AMP 3HP/6HP A 220V/440V	WEG
AD 25 - SE	AD 35 - SE-TF-GM25-32	GUARDAMOTOR 25-32	3	REF. MPW40-3 25-32 AMP	WEG
AD 25 - SE	AD 35 - SE-TF-GM10-16	GUARDAMOTOR 10-16	1	REF MPW40-3-U016 10-16 AMP	WEG
AD 25 - SE	AD 35 - SE-TF-GM6.3-10	GUARDAMOTOR 6.3-10	1	REF. MPW40-3 6.3- 10 AMP	WEG
AD 25 - SE	AD 35 - SE-TF-CAC3-32	CONTACTOR AC3 32 AMP	1	12.5HP/20HP A 220V/440V BOBINA 220V	WEG
AD 25 - SE	AD 35 - SE-PLC	TABLERO DE CONTROL	1	TABLERO CONTROL AD 35	ALTRON
AD 25 - SE	AD 35 - SE-PLCS7	PLC S7-1200 1214C AC	1	S7-1200 1214C AC/DC RLY	SIEMENS
AD 25 - SE	AD 35 - SE-PLC-M	MODULO + 16DI 24V -	1	MODULO + 16DI 24V - 16DQ RLY SM1223	SIEMENS
AD 25 - SE	AD 35 - SE-PLC-FP	FUENTE DE PODER 24 V	1	SPB-060 -24	MEAN WELL
AD 25 - SE	AD 35 - SE-PLC-RES	RELEVO DE ESTADO SOLIDO	19	24V DC CON LED REF 1122770	FOTEK
AD 25 - SE	AD 35 - SE-PLC-IT2P6	INTERRUPTOR TERMOMGNT 2P 6 AMP	2	COD. 10076399 INTERRUPTOR TERMOMGNT 2P 6 AMP	WEG
AD 25 - SE	AD 35 - SE-PLC-IT2P10	INTERRUPTOR TERMOMGNT 2P 10 AMP	2	COD. 10076407 INTERRUPTOR TERMOMGNT 2P 10 AMP	WEG

Fuente: Elaboración propia.

Fase 3 Implementación de tarjetas TPM

Desarrollo

La metodología de mantenimiento a implementar se basará en el mantenimiento productivo total (TPM) esta filosofía integra en su totalidad a toda la compañía con el compromiso de la alta gerencia la cual tiene el deber de mantener el propósito, suministrar los recursos necesarios, y ser parte activa en la integración de este sistema con el apoyo del departamento de SST. Como paso principal para poder convencer a la alta gerencia de adoptar el

TPM como metodología sería inicialmente la implementación de las premisas: 4-Seiketsu (estandarizar, mantener el estado de los objetos que ya han sido organizados, clasificados, y limpiados), 5-Shitsuke (autodisciplina, mantener el hábito de cumplir con las 4S anteriores, establecer un control permanente en el desempeño de cada tarea). El proceso propuesto por la metodología y los objetivos a alcanzar se muestran en la tabla 11.

Tabla 11

Proceso 5'S propuesto

PROCESO 5S			
DESCRIPCION		CONCEPTO	OBJETIVO PARTICULAR
JAPONES	ESPAÑOL		
Seiri	Clasificar	Eliminar lo innecesario	Eliminar de las cabinas de control elementos innecesarios como maletas o herramientas
Seiton	Organizar	Cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa	Fabricar un armario portátil para los operarios
Seisou	Limpiar	Mantener todo limpio	Se debe realizar una limpieza de todo el equipo después de terminar la producción
Seiketsu	Estandarizar	Organizados, clasificados y limpiados	Deben estar señalizado correctamente las áreas de operación de planta. Recolección de basuras. Elementos de protección. Áreas de acceso restringido.
Shitsuke	Autodisciplina	Mantener el hábito de establecer un control permanente en el desempeño de cada tarea	Establecer una rutina de mantenimiento diaria antes y después de iniciar la operación.

Fuente: Elaboración propia

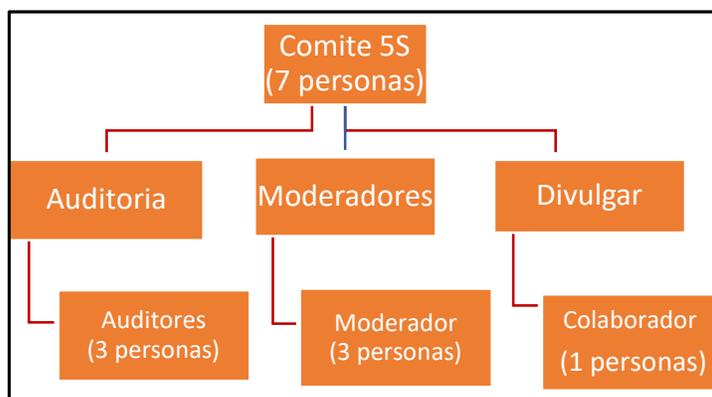
Esta metodología es fácil de entender sin necesidad que se tengan conocimientos previos. Para que se tenga un correcto resultado al adoptar esta metodología se conformara un comité cuyos integrantes sea personal activo en la compañía desde la alta gerencia pasando por los

mandos medios y con participación de los operarios así logramos abarcar todas las áreas y así desarrollar la política de trabajo propuesto se muestra áreas que conformaran el comité:

- Gerencia
- Director de alquileres
- Coordinador de alquileres
- Coordinador SST.
- Coordinador de servicio técnico
- Coordinador Ensamble
- Operario de plantas

Tabla 12

Estructura comité 5S



Fuente: Elaboración propia

Lo propuesto sería que este comité se reúna con una periodicidad mensual, en estas reuniones se realizara un resumen de avances y reportes a la gerencia de las acciones de mejora, fallas detectadas en la máquina con su respectiva frecuencia, además de identificación riesgos y

sus posibles consecuencias, para cumplir con este objetivo se solicita a la gerencia los siguientes recursos:

- Una sala de reuniones.
- Equipo de cómputo y herramientas administrativas.
- Material temático para capacitaciones, cursos y talleres.
- Presupuesto y demás gastos que se necesiten.

En la descripción de la estructura del comité de 5S como se muestra en la figura 12, se debe conformar con un representante a la cabeza de una de las áreas en la compañía que conforman el equipo, después en el organigrama se divide entre auditoria, moderadores o capacitadores y por último el grupo de divulgadores, cada grupo se encuentra conformado por personal de mandos medio y operativo que laboran en la misma compañía que aparte de pertenecer al comité cumplen funciones en las diferentes áreas de trabajo, lo ideal es que este personal que tenga cierta influencia sobre el personal que está a su mando.

En el grupo de auditoria seria aquel encargado de estructurar la auditoria del 5S, que tengan objetividad e imparcialidad al momento que desarrollen su función, que deberá estar conformado por la parte de SST de la compañía en cabeza del encargado de esta área y en conjunto con el coordinador encargado de las plantas de alquiler.

AUDITORIA 5'S: Para cumplir con esta auditoria se recomendará realizar una sectorización de la compañía para así aplicar en cada área la metodología de acuerdo con su área de trabajo, se definen responsables por área, se programarán auditorias cada mes para que así cada coordinador de área haga su verificación de acuerdo con la metodología 5S. Para este fin también se realizará capacitación a cada auditor en cuanto a objetividad estableciendo criterios y

que todos manejen el mismo concepto a auditar, finalmente al realizar estas auditorías arrojará unos hallazgos en los cuales de acuerdo con el criterio y objetividad de cada auditor se diligenciará un formato en el cual se puede dar una puntuación para poder cuantificar estos resultados.

En el grupo de moderadores o capacitadores son los encargados de dictar charlas, talleres y capacitaciones encaminadas a cumplir con los objetivos particulares de la compañía, estas capacitaciones deben estar encaminadas a involucrar de manera participativa a todos los asistentes, cuyo objetivo de las capacitaciones es crear hábito, competencias y encaminar a cada trabajador en pro de la mejora continua para lograr enfatizar en cómo hacerlo, querer hacerlo y lo más importante saber qué hacer.

El grupo de divulgación será el encargado de transmitir en todos los niveles de la compañía los resultados de estas reuniones del comité, se publicaran en la cartelera que la compañía ha establecido para realizar anuncios de los resultados de las auditorías, indicadores de desempeño del programa, los planes de acción y adicionalmente artículos relacionados con temas de calidad orientados a las 5'S, Kaizen y TPM, para hacer más amena la atención de todos los empleados de la compañía se compartirá noticias culturales, humor, deportes.

Paso de metodología 5'S a TPM.

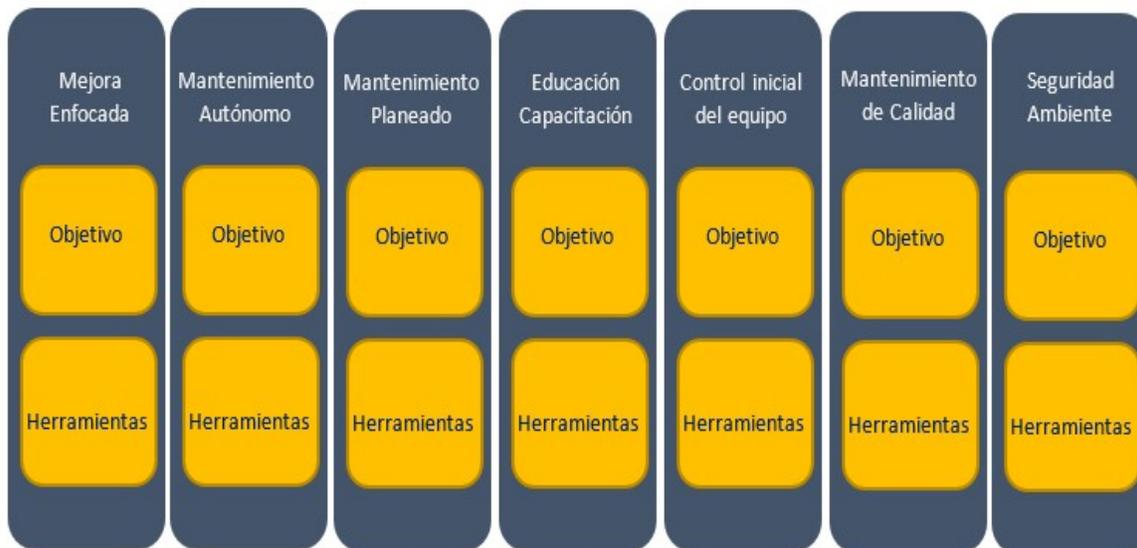
Se pretende consolidar la metodología 5'S e iniciar a migrar toda esta organización hacia el programa TPM y que la misma estructuración de la metodología 5S pase al TPM, para este objetivo se tienen proyectados como pilares de la compañía:

Mejora Enfocada.

1. Mantenimiento Autónomo.
2. Mantenimiento planeado.
3. Educación Capacitación.
4. Control inicial del Equipo.
5. Mantenimiento de calidad.
6. Mejora enfocada
7. Seguridad. Ambiente

Figura 15

Pilares TPM a implementar en la compañía



Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

Descripción pilares TPM

Pilar	Objetivo	Herramienta
<p style="text-align: center;">1 Mejoramiento Enfocado</p>	<p>-Realizar reuniones mensuales donde se revisaran los avances de indicador Índice Plan de Sugerencias de mejoramiento en las paradas por mantenimiento) - Brinda a los colaboradores que pasen un ahorro o promuevan y velen por el plan de sugerencias en la sección de concretos, pagar un indeterminado porcentaje acordado con el líder) - Mejorar la eficiencia global de los concretos y mezclas de material) - Disminuir el tiempo de paros en las bandas transportadoras (agregados) que se genere en cada uno de los mejoramientos y realizar el seguimiento a los equipos de mejoramiento (Resultado de la Evaluación de cada uno de los equipos) en los proyectos TPM. - Analizar casos de mejoramiento (casos 5S, casos de seguridad y casos de medio ambiente, donde a principio de cada año los analistas de cada área lo que hacen es asignarle unos proyectos de mejora a los concretos primarios donde los equipos de mejoramiento tienen que cumplir con unas metas.</p>	<p>Conformado por el jefe de planta (líder), un analista de ingeniería los cuales serán los encargados de recoger información de la planta para volverla indicadores, un analista de mejoramiento para la eliminación de pérdidas de producción por paros en las bandas transportadoras de agregados y una persona del área de costos. Un plan maestro liderado por el líder, plan de sugerencias, casos de mejoramiento, casos de las 5S, casos de seguridad y casos de medio ambiente.</p>
<p style="text-align: center;">2 Mantenimiento Enfocado</p>	<p>Realizar reuniones mensuales. - Este pilar es de vital importancia ya que es el encargado de seleccionar los equipos piloto revisar las inconformidades que tienen los equipos y de velar por el avance de cada uno, a su vez presenta una buena transferencia de conocimiento entre operarios y técnicos ya que el mantenimiento es de todos los operarios, componentes y proactivos. - Selección de equipo piloto, garantizar el cumplimiento de cada paso de mantenimiento autónomo, facilita la transferencia de conocimiento entre operarios y técnicos, la idea es disminuir los costos, tiempos de mantenimiento y aumentar la confiabilidad de las plantas de concreto, eliminar las fuentes de contaminación y realizar la limpieza de áreas de difícil acceso donde quedan residuos de los concretos.</p>	<p>Confirmado por el jefe de producción (líder), un facilitador TPM (rol que apoya a mantenimiento autónomo realizar seguimiento al avance de los otros pilares) y un planeador selección de equipos de personal internos y externos para las mejoras y una evaluación de las condiciones básicas en la sección de mezclado de agregados.</p>

Pilar	Objetivo	Herramienta
<p align="center">3</p> <p>Mantenimiento Planeado</p>	<p>Disminuir los costos de mantenimiento y aumentar la confiabilidad de los equipos de transporte y mezcla de agregados para el concreto.- Disminuir el tiempo de parada de mantenimiento mensual en las plantas mezcladoras.- la buena implementación de mantenimiento autónomo, elevando la confiabilidad y eficiencia de los equipos además de eliminar las fuentes de contaminación o averías.-Diagnostico de puesta a punto de los estándares de lubricación la revisión del preventivo y la transferencia de habilidades lo componen tres ingenieros de mantenimiento y el jefe de producción entrada a las áreas de difícil acceso en paralelo esta todo el tema de seguridad.</p>	<p>Son miembros el jefe de mantenimiento (líder) un planeador de mantenimiento y un analista de mantenimiento, también se incluye un técnico de mantenimiento plan maestro líder tarjetas diligenciadas por el operario y técnico de mantenimiento autónomo para el progreso del TPM</p>
<p align="center">4</p> <p>Educación Capacitación</p>	<p>Realizar comités y reuniones mensuales de seguimiento del pilar 4 además se debe establecer las matrices de habilidades y el plan de entrenamiento del personal de la sección de plantas mezcladoras de agregados y garantizar transferencia de conocimiento de los operarios líderes a personal operativo de la sección de mezcla en especial. - Principal objetivo es lograr un académico TPM en la planta.</p>	<p>Los integrantes de este pilar son: El encargado de gestión humana de las capacitaciones de la planta (líder), 3 supervisores de cada departamento de la sección de las plantas mezcladoras, una persona de ventas y soluciones efectivas. Se sugiere hacer un acompañamiento constante por parte de gestión humana, plan maestro líder.</p>
<p align="center">5</p> <p>Control Inicial del Equipo</p>	<p>Realizar una reunión cada 15 días para poner en contexto a todos los involucrados de operar el equipo. - Cumplir con los, mantenimientos necesarios recomendados por el fabricante. - Capacitación a los operadores en cuanto al uso y cuidado óptimo. - Mejora continua durante el uso para preservar el ciclo de vida del equipo.</p>	<p>Mediante el personal idóneo como jefe de planta, jefe de operación, operario de planta, mezcladora, auxiliares de dosificación de materia, al seguimiento del cumplimiento de los parámetros del plan maestro, manejo de instrucciones y limpieza.</p>
<p align="center">6</p> <p>Mantenimiento de Calidad</p>	<p>Garantizar el cumplimiento de lo exigido por el TPM, velar por proyectos para la reducción de paros en los equipos por mal uso. - Desarrollar un indicador de calidad en cuanto a pérdidas de producción por mal manejo. - Garantizar que el producto final sea óptimo con un amplio seguimiento del correcto funcionamiento y limpieza por material transportado, mezclado y retirado de los dosificadores.</p>	<p>Compuesto por el coordinador del sistema de HSE(líder), 1 auxiliar de auditoría, 1 persona de mantenimiento que se encarga de hacer todas las pruebas para los equipos nuevos o ensayos, 1 ingeniero de calidad.</p>

Pilar	Objetivo	Herramienta
<p style="text-align: center;">7</p> <p>Seguridad y Medio Ambiente</p>	<p>En este pilar se trabaja inicialmente en las mezcladoras de agregados (condición o estado, guardas y dispositivos de seguridad), luego se trabaja en el entorno (la planta) y luego con las personas (comportamiento), con campañas de comportamiento, auditores de comportamiento, una fortaleza es la brigada de seguridad que este muy comprometida y actúe también como auditores de comportamiento, donde siempre hay un brigadista usualmente debe estar haciendo auditorias de comportamiento. Se sugiere verificar posibles riesgos por condición que estén en el panorama de riesgos.</p>	<p>Pertenece el coordinador HSE (líder), 1 auxiliar de medio ambiente, 2 personas fijas de la ARL, 1 medico de salud ocupacional. Plan maestro panorama de riesgos líder.</p>

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento de bloqueo se realizará en el momento de realizar una inspección o mantenimiento donde se tenga que tener acceso a al equipo. En este caso se utiliza un sistema de caja de llave cautiva como se aprecia en la figura 16. El funcionamiento de este sistema consiste en almacenar en el interior de la caja las llaves de los candados que se utilizaron para asegurar el bloqueo de la fuente de energía y los demás trabajadores instalan su candado y etiqueta en las rendijas ubicadas en el exterior de la caja cautiva. De esta manera se garantiza no tener acceso a la llave del candado que está asegurando el dispositivo de bloqueo si por lo menos un trabajador tiene un candado puesto en la caja de llave cautiva el equipo queda bloqueado y no podrá arrancar hasta que se restiren la totalidad de los candados.

Este procedimiento se utilizará para garantizar la seguridad de los trabajadores evitando un accidente que ponga en riesgo la operación de la planta y de debe realizar cada vez que se realice mantenimiento autónomo o algún tipo de intervención de mantenimiento sobre las partes móviles del equipo.

Figura 16

Caja de bloqueo



Fuente: (Robonergy, 2022)

Figura 17

Tarjetas TPM que se Aplicarían en la Empresa

ALTRON INGENIERIA		MANTENIMIENTO	
TARJETA N°			
EQUIPO			
CONJUNTO DEL EQUIPO			
FALLO DETECTADO			
FUGA			
DESGASTE			
FALO ELECTRICO			
FALLO MECANICO			
OTRO			
DESCRIPCION DE LA FALLA			
PRIORIDAD			
ALTA			
MEDIA	X		
BAJA			
REPUESTO UTILIZADO			
REPORTADO POR			
ATENDIDO POR			
ABSERVACIÓN			
REPUESTO CAMBIADO			
FECHA INICIO			
FECHA CIERRE			

ALTRON INGENIERIA		SEGURIDAD O MEDIO AMBIENTE	
TARJETA N°			
EQUIPO			
CONJUNTO DEL EQUIPO			
RIESGO DE SEGURIDAD			
AGUA			
ACEITE			
POLVO			
RIEGO DE CORTE			
RIESGO DE TRAPAMIENTO			
RIESGO DE QUEMADURA			
OTRO			
DESCRIPCION DEL RIESGO			
REPORTADO POR			
ATENDIDO POR			
ABSERVACIÓN			
SE REALIZO LIMPIEZA DEL CHARCO.			
FECHA INICIO			
FECHA CIERRE			

ALTRON INGENIERIA		MANTENIMIENTO OPERACIÓN	
TARJETA N°			
EQUIPO			
CONJUNTO DEL EQUIPO			
TIPO DE DETECCION			
FALLAS MENORES	X		
DIFICIL ACCESO			
ELEMENTOS INNECESARIOS			
FUENTE DE CONTAMINACION			
PARTE INSEGURA			
OTROS			
OPERADOR			
NOMBRE	NELSON PEREZ		
CODIGO	114234		
DESCRIPCION DE LA ANOMALIA DE LA OPERACIÓN			
DONDE:			
ACTIVIDAD A REALIZAR			
REPUESTO			
ABSERVACIÓN			
NO HA LLEGADO LA GRASA			
FECHA INICIO			
FECHA CIERRE			

Fuente: Elaboración propia

Detección de la Anomalía o falla en el Equipo:

La persona que detecte la anomalía debe ingresar a la aplicación y seleccionar una tarjeta TPM que requiere según sea el tipo de anomalía detectada (seguridad y medio ambiente, operaciones o mantenimiento).

Esta tarjeta se desarrollará por medio en la plataforma SAMM de la compañía y permitirá almacenar la información para su respectiva gestión, la persona que detectó la anomalía debe llenar los datos de los recuadros de “hallazgo detectado”, donde se diligencia la fecha, lugar específico donde se detecta la anomalía, el nombre de la persona que realiza la detección y el equipo de trabajo al cual pertenece esa persona. Adicionalmente se debe diligenciar el recuadro “descripción de la falla”, plasmando el problema o la condición que se detectó e indicar cuál es el área encargada de brindarle solución a la anomalía o falla encontrada en el recuadro dispuesto en la tarjeta, para que sea analizada, el responsable del cierre una vez constaté que la solución fue efectiva proceda a cerrar firmando la tarjeta en el lugar indicado.

Ubicación de la Tarjeta TPM:

Las tarjetas se podan abrir por medio de un link de la aplicación SAMM y este permitirá su diligenciamiento y almacenamiento en la plataforma, está debe quedar dentro de los hijos asignados en cada documento padre o OTP (Orden de trabajo producción) en este se almacena toda la información del equipo desde su fabricación hasta que termina su vida útil. Esta tarjeta deberá aparecer en la hoja de vida del equipo. Donde se dará una ubicación en la que visualmente sea fácil de encontrarla para los líderes que evaluarán la anomalía y se podrá imprimir en PDF para aquellas interesadas en enterarse de lo que fue reportado.

Aceptación de Responsabilidad de Cierre:

El líder inmediato se encarga de buscar al líder del área responsable de la solución de la anomalía o falla y desplazarse junto con él o ella hasta el lugar específico con el fin de que se evalúe si está bien direccionada la tarjeta, de ser así, se llena el recuadro de “revisión del líder responsable”

En lo posible en ese momento diligenciar los recuadros de “plan de mitigación” y “acción de cierre” por parte del líder responsable, de lo contrario se le explicaran las razones al líder inmediato de la persona que detectó la novedad.

Consecutivo de Tarjetas TPM:

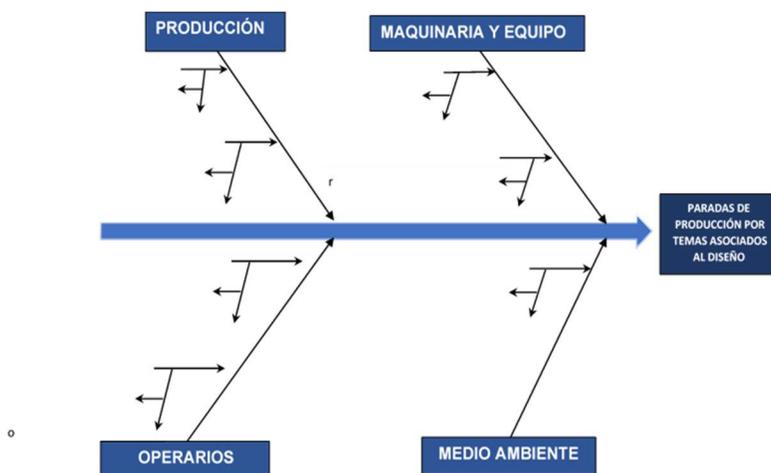
Cuando estén diligenciados todos los recuadros de la tarjeta, se asigna un consecutivo en el momento que se guarda en el sistema para que las personas encargadas puedan realizar la verificación en la base de datos de CMMS única para toda la empresa, generándole un código de consecutivo, en ese momento se define e informa cual es la fecha de cierre de la anomalía a las personas encargadas de realizar el cierre.

Solución de la Anomalía y Cierre de la Tarjeta:

Realizan las acciones necesarias por el equipo del área responsable para la solución de la anomalía, para esto se debe realizar un análisis de resultados donde se establecerá un indicador de disponibilidad de la planta en el momento de operación y para medirlo se tendrá en cuenta el tiempo de no operación registrado en las tarjetas TPM, además se realizará un análisis de causa raíz como el de la figura 18 donde se evaluará la pasible causa y se establecerá su mejor solución ante las fallas, anomalías u oportunidades de mejora que se detecten en el equipo.

Figura 18.

Análisis de causa raíz para las plantas de concreto.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 18 se puede establecer si la falla u oportunidad de mejora se da por el proceso, por el operario, por algún defecto de la máquina, mejora que se deba realizar en el diseño, también se tiene que evaluar si este tiene algún impacto en el medio ambiente y si detecta alguna falla de seguridad que aumente el riesgo de accidente. Si se da el caso que sean varios factores que influyan al mismo tiempo lo importante es encontrar la causa raíz. Una vez se ha confirmado la solución del problema se procede con el cierre y el CMMS les reportara a todas las personas implicadas se le ha dado una solución a la anomalía o falla reportada.

Fase 4 Análisis de criticidad de la planta AD 35 ESP.

En esta fase se establecerán cuáles son los componentes más críticos del equipo por medio de la evaluación de cada uno de los niveles de sus componentes y grado de importancia para el funcionamiento de la planta, esto se evaluará de acuerdo a lo establecido en la norma

ISO 14224 de 2016 que “determina las bases para el levantamiento o toma de datos de mantenimiento y confiabilidad durante el ciclo de vida de los equipos en todas las facilidades y operaciones de la industria petrolera como punto de referencia. Permitiendo cuantificar la confiabilidad de equipos y de compararla con la de otras características similares” (ISO 14224:2016).

Tabla 14

Criterios de criticidad para realizar evaluación.

Frecuencia		Costo de Mantenimiento	
Parámetro mayor a 4 fallas/año	4	Mayor o igual a U\$ 20,000	2
Promedio de 2-3 fallas/año	3	Inferior a U\$ 20,000	1
Buena 1-2 fallas/año	2	Impacto HSE	
Excelente menos de 1 falla/año	1	Afecta la seguridad de las personas tanto externa como interna	8
Impacto Operacional			
Parada inmediata de toda la facilidad	10	Afecta al Medio Ambiente Produciendo daños reversibles	6
Parada de la facilidad que tiene recuperación en otras facilidades	6		
Impacto en niveles de producción y calidad	4	Afecta las instalaciones causando daños severos.	4
Recuperación en costos operacionales adicionales asociados a la disponibilidad	2		
No genera impactos significativos	1	Provoca daños menores (accidentes e incidentes) a personal propio.	2
Flexibilidad Operacional			
No existe opción de producción y no existe función de repuesto	4	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	1
Hay opción de repuesto compartido	2	No provoca ningún tipo de daño a las personas, al medio ambiente o las instalaciones	0
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: (Norsok Standard Z-008, 2017)

Este análisis de criticidad se desarrolló teniendo en cuenta la experiencia en estos equipos, datos de falla reportados en este modelo, así como nivel de importancia en sus componentes principales con respecto a criterios establecidos de impacto operacional, flexibilidad operacional costo de mantenibilidad e impacto en seguridad como lo podemos observar en la tabla 16, los cuales se evaluaron de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia por la consecuencia en la tabla 17, siguiendo los lineamientos recomendados con relación a los datos obtenidos en la industria petrolera y recomendados en la norma Norsok Standar Z-008 (Análisis de criticidad con fines de mantenimiento) contemplados en la tabla 16.

Tabla 15

Análisis de criticidad en los principales componentes de la planta AD 35 ESP.

Máquina AD 35 Esp.	Evaluación de Criticidad F X C							
	F	C	IO	FL	CO	HSE	Riesgo	Clase
Sensor cuenta litros	3	44	10	4	2	2	132,0	C
Celdas de carga o pesaje	2	43	10	4	2	1	86,0	C
Motorreductor banda	2	46	10	4	2	4	92,0	C
Tornillo sinfín 1	4	15	6	2	1	2	60,0	SC
Tornillo sinfín 2	4	15	6	2	1	2	60,0	SC
Tablero de control	1	43	10	4	2	1	43,0	SC
Compresor de aire	2	23	10	2	1	2	46,0	NC
Banda transportadora	2	12	4	2	2	2	24,0	NC
Bomba dosificadora	2	15	6	2	1	2	30,0	NC
Estructura	1	9	2	2	1	4	9,0	NC
Cilindro neumático compuerta	1	13	10	1	1	2	13,0	NC
Electroválvula cilindro neumático	1	22	10	2	2	0	22,0	NC
Bomba de lavado	2	5	1	2	1	2	10,0	NC
Tablero de fuerza	1	20	10	1	2	8	20,0	NC
Computador	1	26	6	4	2	0	26,0	NC

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los resultados de la tabla 17 podemos realizar una clasificación de riesgo de acuerdo a su criticidad teniendo como referencia la tabla 19 donde se cuantifica el riesgo evaluando por medio de la referencia de falla contra la consecuencia para establecer qué nivel de riesgo tienen los componentes analizados de la planta AD 35 ESP. Donde tenemos como resultado de su clasificación en la figura 20.

Figura 19

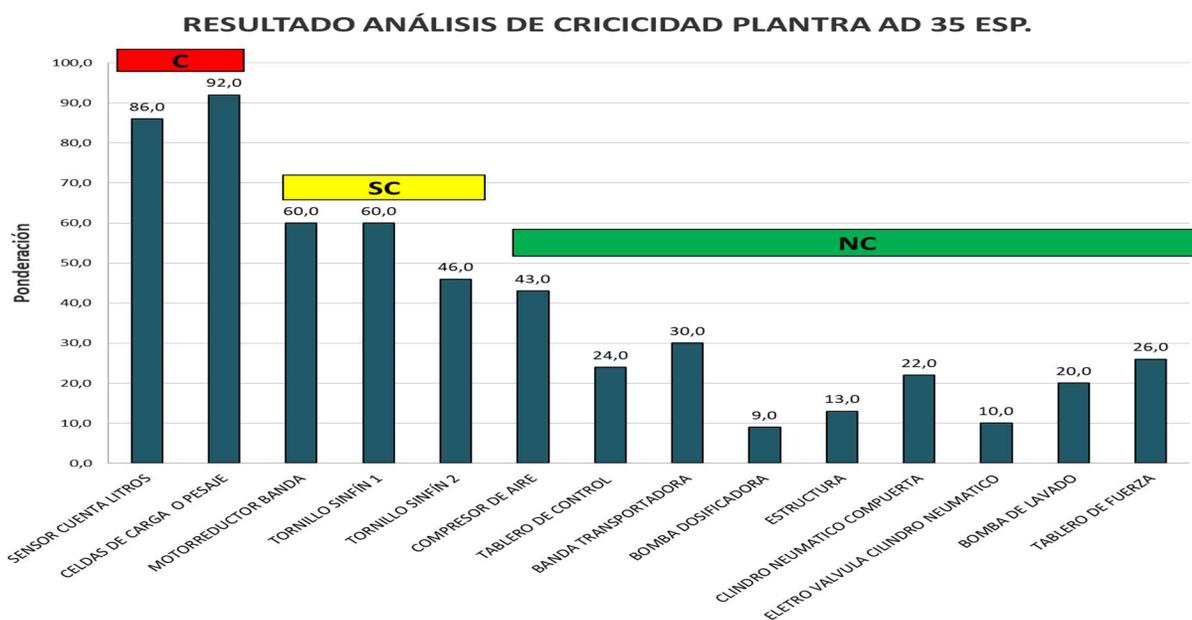
Matrix de riesgo

Matrix Riesgo		CONSECUENCIA				
		10	20	30	40	50
FRECUENCIA DE FALLA	4	40	80	120	160	200
	3	30	60	90	120	150
	2	20	40	60	80	100
	1	10	20	30	40	50

Fuente: (Norsok Standard Z-008, 2017)

Figura 20

Resultado análisis de riesgo planta AD 35 ESP.



Fuente: Elaboración propia

Fase 5 Cronograma de mantenimiento y rutina de actividades

Una vez conocido los componentes críticos del equipo y teniendo en cuenta las recomendaciones de los fabricantes se establecerán los tiempos de paradas preventivas que necesitará el equipo en un periodo de un año inicialmente en estos se ejecutaran las actividades de mantenimiento que se hallan considerado para garantizar la confiabilidad del equipo, como son la verificación de horas de operación de los componentes del equipo y la verificación física de los mismos, actividades de lubricación, de mejora entre otros.

Este cronograma comprende el plan de mantenimiento donde se deben ejecutar las actividades y se puede apreciar en el apéndice 1 donde se describen las fechas en las que se tienen que realizar los respectivos mantenimientos en cada uno de los equipos de la planta de concreto.

Fase 6 Indicadores para la medición de la gestión del mantenimiento

En esta última fase se han establecido como indicadores KPI (Key Performance Indicator) para medir su desempeño que va a tener la planta durante toda su vida útil y poder determinar en qué momento sería más conveniente realizar su reemplazo. Además, estos indicadores servirán como plantilla para monitorear los demás equipos de la compañía y de sus clientes.

Ecuación 1: Ecuación Retorno del Activo

$$ROA = \text{Retorno del activo} = \frac{\text{Utilidad}}{\text{Valor de activo}}$$

Ecuación 2: Ecuación Retorno de la Inversión

$$ROI = \text{Retorno de la inversion} = \frac{\text{Utilidad}}{\text{Inversión}}$$

Indicadores de cliente externo en mantenimiento:

Ecuación 3: Ecuación Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{Horas\ posibles - Horas\ en\ mantenimiento}{Horas\ posibles}$$

Ecuación 4: Ecuación de Confiabilidad

$$Confiabilidad = e^{-\lambda * t}$$

Para calcular la disponibilidad en este caso se determinó de la cantidad de horas reportadas desde el software de la planta en la opción reporte de producción diario exportando a archivo plano de los meses de marzo y abril como se muestra en la figura 20, por temas de confidencialidad de la información solo se muestra una parte a manera de ejemplo, con este se determinó el tiempo que trabajo la planta real disponible teniendo en cuenta que la planta lleva 2 meses funcionando después de que se realizó un mantenimiento overhaul donde se reemplazó la totalidad de componentes críticos de la planta como motorreductor, celdas de carga, cilindros neumáticos y sensor de flujo. Además, en las pruebas de campo mostro un buen funcionamiento dando la capacidad total a la cual fue diseñada.

Con base a la información anterior se calcula una disponibilidad máxima teniendo en cuenta que la planta se programa 1 hora diaria para su respectivo mantenimiento diario y teniendo en cuenta las pérdidas de tiempo estimadas por el proceso de cargue de mixer ajenos al funcionamiento de la planta como por ejemplo el tiempo que demora el camión en posicionarse para iniciar el proceso de llenado y, por último, por el tiempo programado para realizar labores de mantenimiento. Los datos anteriores se deben ajustar a medida que se alimenta la base de datos de reporte diario para tener un tiempo mucho más preciso a medida que se realiza la implementación.

Figura 21

Reporte de producción diaria

REPORTE DE PRODUCCIÓN DE PLANTA													
Fechas desde: 01/02/22 hasta: 26/05/22													
Fecha	Hora	Remisión	Nombre Formula	Cliente	Obra	Metros Cubicos (m3)	Teórico AG1 (kg)	Real AG1 (kg)	%Error AG1	Teórico AG2 (kg)	Real AG2 (kg)	%Error AG2	
08/03/2022	8:58	55204	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	5	4704	4709	0,11	4572	4665	2,03	
	9:32	55205	28 MPA 4000 PSI	ALTRON	ALTRON	4	3335	3303	-0,96	3781	3781	0	
	10:19	55206	31.5 MPA 4500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	5916	5830	-1,45	6190	6466	4,46	
	11:24	55207	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6584	6515	-1,05	6400	6653	3,95	
	12:08	55208	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6584	6585	0,02	6400	6355	-0,7	
	12:53	55209	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6584	6498	-1,31	6400	6663	4,11	
	13:48	55210	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6584	6580	-0,06	6400	6706	4,78	
10/03/2022	6:48	55211	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	0	6584	20	-99,7	6400	15	-99,8	
	7:09	55212	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6584	6570	-0,21	6400	6196	-3,19	
	8:31	55213	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6584	6522	-0,94	6400	6167	-3,64	
	9:20	55214	31.5 MPA 4500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	5916	5861	-0,93	6190	5982	-3,36	
	10:09	55702	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6584	6442	-2,16	6400	6191	-3,27	
	10:24	55704	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6584	6549	-0,53	6400	6215	-2,89	
	13:16	55705	28 MPA 4000 PSI	ALTRON	ALTRON	4	3335	3257	-2,34	3781	3702	-2,09	
	13:32	55706	28 MPA 4000 PSI	ALTRON	ALTRON	3	2502	2487	-0,6	2835	2742	-3,28	
	11/03/2022	7:14	55707	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6584	6437	-2,23	6400	6157	-3,8
		7:28	55708	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6584	6482	-1,55	6400	6185	-3,36
7:34		55709	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	0,5	475	463	-2,53	457	392	-14,2	
8:22		55710	31.5 MPA 4500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	5916	5853	-1,06	6190	5997	-3,12	
8:36		55711	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6584	6499	-1,29	6400	6135	-4,14	
8:44		55712	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	0,5	470	499	6,17	457	367	-19,7	
9:21		55713	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6712	6546	-2,47	6400	6191	-3,27	
9:52		55714	28 MPA 4000 PSI	ALTRON	ALTRON	5	4170	4107	-1,51	4726	4515	-4,46	
9:58		55715	28 MPA 4000 PSI	ALTRON	ALTRON	0,5	417	421	0,96	473	413	-12,7	
10:38		55714	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6648	6505	-2,15	6400	6148	-3,94	
11:27		55715	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6648	6434	-3,22	6400	6230	-2,66	
12:26	55716	17.5 2500 PSI	ALTRON	ALTRON	7	6584	6422	-2,46	6400	6192	-3,25		

Fuente: Reporte de producción diario planta AD 35ESP. Propiedad de Altron Ingeniería.

Ecuación 5: Ecuación de Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas posibles} - \text{Horas stand by} - \text{Horas en manteniminetto}}{\text{Horas posibles}}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{7200 \text{ h} * \text{año} - 940.8 \text{ h} * \text{año} - 144 \text{ h} * \text{año}}{7200 \text{ h} * \text{año}} = 84.9\%$$

Como punto de partida se establecerá una meta del 84.9% y se deberá actualizar a medida que se alimenta la base de datos del equipo para realizar una medición más exacta.

La eficiencia se obtiene del promedio de la cantidad de metros cúbicos producidos por la planta dosificadora de cemento y los metros cúbicos teóricos estimados en el diseño, como punto de partida inicial se dejará el promedio de los últimos 2 meses de trabajo de la planta el cual está

en 34.3 m³/h, con un porcentaje de calidad del 97% determinado del porcentaje de error reportado por el software de la planta entre bache y bache de un 3%.

Ecuación 6: Ecuación de Eficiencia

$$Eficiencia = \frac{\text{metros cúbicos reales}}{\text{metros cúbicos teóricos}} = \frac{34.3 \text{ m}^3}{35 \text{ m}^3} = 98\%$$

Ecuación 7: Eficiencia Global del Equipo OEE

$$Eficiencia \text{ Global del Equipo OEE} = Disponibilidad * eficiencia * Calidad(\%)$$

$$Eficiencia \text{ Global del Equipo OEE} = 84.9\% * 98\% * 97\% = 81\%$$

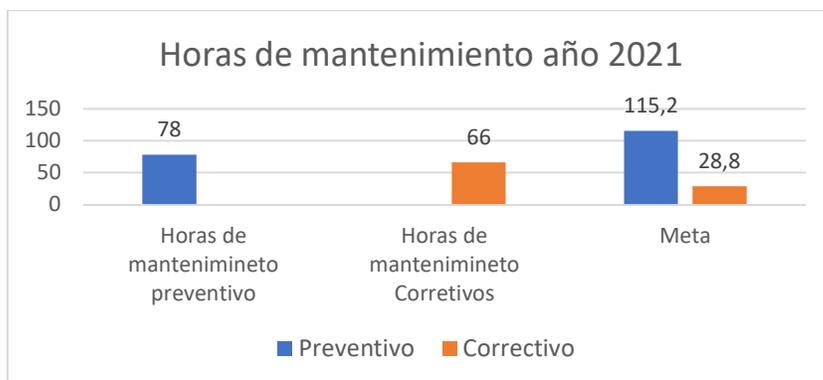
Se espera tener una eficiencia global del 82% cuando la planta este en óptimas condiciones de trabajo y se deberá actualizar a medida que se alimenta la base de datos del equipo para realizar una medición más justa de la disponibilidad, eficiencia y calidad.

Indicadores de proceso interno:

$$\text{Solicitud de servicio} = \# \text{ de solicitudes de servicio preventivo}$$

$$\# \text{ de solicitudes de servicio correctivo}$$

Con estos datos se pretende determinar el índice de mantenimientos correctivos y preventivos que se realizan al año, con el objetivo de analizar qué tan efectivo está siendo nuestro plan de mantenimiento y para esto se estimara una estadística según información obtenida de los mantenimientos realizados en el año 2021 reportados por el área de servicio técnico antes de realizarse el ultimo mantenimiento overhaul hecho en enero de 2022.

Figura 22*Horas de mantenimiento reportadas 2021**Fuente: Elaboración propia***Ecuación 8:** Índice de mantenimiento preventivo:

$$IMP = \frac{\# \text{horas de mantto Programado}}{\# \text{ horas totales mantto}} = \frac{78 \text{ horas anuales}}{144 \text{ horas anuales}} = 53\%$$

Ecuación 9: Índice de mantenimiento correctivo.

$$IMP = \frac{\# \text{horas de mantto Correctivo}}{\# \text{ horas totales mantto}} = \frac{66 \text{ horas anuales}}{144 \text{ horas anuales}} = 47\%$$

Figura 23*Índice de horas de mantenimiento reportadas en el año 2021**Fuente: Elaboración propia*

En la figura 18 podemos apreciar en actualmente el índice de mantenimiento preventivo está en el 53% y la meta establecida en este análisis es del 80% por lo que es importante ajustar el plan de mantenimiento con actividades más efectivas y paradas más estratégicas que permitan reducir el tiempo de paradas por correctivo y así reducir los costos operacionales por paradas no programadas.

El tiempo medio entre fallas MTBF, este nos permite calcular el tiempo que la planta puede funcionar sin presentar falla y se calcula inicialmente por medio de los reportes de fallas obtenidas en el año 2021, los cuales son utilizados para el análisis de criticidad en la tabla 17. Esta planta tiene un total de 13 fallas reportadas en el año 2021 con un tiempo promedio de paradas por falla de 0.6 horas/día por mes y un acumulado de 66 horas de mantenimiento correctivo en el año.

Ecuación 10: Tiempo medio entre fallas MTBF

$$MTBF = \frac{\text{tiempo total disponible} - \text{tiempo de inactividad}}{\# \text{ fallas dia}} = \frac{480 - 0.6}{0.43} = 4.55 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

Ecuación 11: Rata Constante de Falla

$$\text{Rata de falla } \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{4.55} = 0.22$$

Ecuación 12: Tiempo Medio de Reparación

$$MTTR = \frac{\sum \text{duración paradas}}{\# \text{ paradas}} = \frac{0.6}{0.96} = 3.6 \text{ horas/día}$$

Teniendo en cuenta el tiempo disponible y el estimado de fallas de la planta en buenas condiciones se espera tener una meta del 88% de disponibilidad técnica de la planta, para esto es importante llevar el control de los tiempos de parada por fallas por correctivo y el número de fallas que se presenten.

Tabla 16

Mantenimientos correctivos realizados en una planta AD35 ESP. en el año 2021.

HORAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO						
Horas No disp./mes	# Paradas	Mes	Horas disp./mes	MTBF horas/mes	λ	MRRT horas/mes
12	2	2	24	6	0,167	6
8	2	4	24	8	0,125	4
3	1	5	24	21	0,048	3
15	3	7	24	3	0,333	5
6	2	9	24	9	0,111	3
22	3	11	24	0,67	1,500	7,3
66	13			Total		

Fuente: Elaboración propia

Ecuación 13: Disponibilidad Técnica

$$\text{Disponibilidad tec.} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Sin embargo, sabemos que la confiabilidad es la capacidad que se tiene para hacer frente a las fallas y se determina su confiabilidad dependiendo del tiempo que se da entre una falla y otra es decir entre mayor sea ese tiempo mayor es la confiabilidad en nuestro caso solo tendríamos una confiabilidad realizaremos el ejercicio como modelo de aplicación con la información obtenida en la tabla 19 donde en un tiempo de un año ocurrieron 13 fallas con sus respectivos tiempos de paradas por falla y reparación.

Ecuación 14: Probabilidad de sobrevivencia en un periodo determinado

$$\text{Confiabilidad} = e^{-\lambda t}$$

Tabla 17

Indicadores de mantenimiento KPI

INDICADOR	Intervalo de ocurrencia en meses					
	2	4	5	7	9	11
Disponibilidad técnica	50,0%	66,7%	88,9%	82,8%	75,0%	8,3%
Confiabilidad	92,0%	96,9%	99,1%	95,4%	98,8%	87,3%
Mantenibilidad	71,7%	36,8%	18,9%	24,7%	5,0%	22,3%

Fuente: Elaboración propia

Aunque los resultados muestran que la planta cuando se llevó a la empresa para realizar un mantenimiento general de sus componentes se cambiaron muchos repuestos de forma prematura ya que todavía tenían vida útil debido a que no se realizó un análisis confiable y esto representa un sobre costo en el mantenimiento de la planta afectando su rentabilidad.

Impactos Esperados /Generados

Impactos Esperados

Cada Técnico de mantenimiento deberá tener el respectivo entrenamiento de la estrategia y en el uso de las herramientas matriz de criticidad y análisis RCA que le permita obtener acceso de forma sistemática al conocimiento y que le proporcione una visión de los problemas presentados en planta dosificadora planta AD 35 ESP y las posibles soluciones.

También se quiere involucrar al personal operativo de la planta AD 35 ESP en las capacitaciones

de mantenimiento con el objetivo de crear conciencia en la ejecución de actividades de limpieza y lubricación de estas, ya que conocen muy bien el proceso y es quien determina que el proceso de implementación se haga con efectividad sobre la planta. La matriz de Criticidad es una Excelente Herramienta para determinar qué tan críticas son las partes del equipo y determinar su vida útil para evitar que se detenga la producción por fallas inesperadas. Es necesario que el área de producción conozca la estrategia de Mantenimiento Implementada, debido a que es un trabajo en equipo para mitigar los tiempos muertos y poder entregar plantas de alta producción a los clientes

En el momento que se logre la implementación de esta propuesta se espera conocer el costo de lo que cuesta la mantenibilidad del equipo mensualmente así se podrá establecer hasta cuando el equipo es productivo para la compañía y en qué momento la empresa debe sustituirlo, además se reducirán los tiempos de paradas no programadas ya que se tendrá un mejor control sobre los componentes más críticos del equipo y con su constante monitoreo se podrán tomar mejores decisiones en cuanto a las paradas que el equipo debe realizar para su mantenimiento, con esto se reducirán las fallas por mantenimiento correctivo porque no se dejaran ir hasta que esté presente fallas funcionales, esto representa una reducción en costo de mantenibilidad que se verá reflejado en su respectivo indicador.

Además, se tendrá realizar un plan más estratégico en el stop de repuestos ya que se podrá planear mejor la compra de estos sin tener que incurrir en tenerlos demasiado tiempo almacenados o no tenerlos disponibles en el momento de se necesiten, esto le permitirá a la compañía a tener un mejor flujo de capital al reducir compras innecesarias.

Impactos Alcanzados

No se ha entregado la propuesta en su totalidad se han hecho propuestas preliminares a la gerencia y a la dirección del mantenimiento con lo que ya se logró la aprobación de la implementación de las tarjetas TPM por medio de la aplicación app, la cual se deberá diligenciar por medio del celular de los colaboradores interesados, en este momento está en proceso de desarrollo, también se logró la aprobación para realizar las actualizaciones necesarios para hacer el desarrollo del módulo de mantenimiento del software SAMM.

También es de resaltar el interés del área de alquiler al facilitar la información disponible de uno de sus equipos para utilizarlo como objeto de estudio para analizar y definir los parámetros necesarios para su gestión y modelo de prototipo para luego hacer la implementación a los demás equipos de la compañía.

Análisis Financiero

Análisis de la Planta Dosificadora AD 35 ESP.

Como anteriormente se mencionó en el presente documento parte de la investigación se centró en la parte de costos de una planta AD 35 ESP. que ya lleva trabajando para la empresa un tiempo de 4 años y es un activo fabricado por la misma empresa, como forma de inversión y actualmente representa un porcentaje de la generación de ingresos de la compañía debido a su capacidad de producción estimada en 35 m³/h, la cual está sujeta a las condiciones del proceso tales como materiales de calidades distintas, condiciones en el proceso, condiciones ambientales o cualquier otra condición que pueda afectar el buen funcionamiento del equipo y se debe tener en cuenta en el tiempo no operativo del mismo.

El motivo por el cual se escoge este equipo es porque se cuenta con información para poder analizar los fallos que ha presentado durante el último año de operación y fue llevado a la planta para realizar un mantenimiento general después de haber operado por aproximadamente 4.5 años de forma continua y no se tiene forma de verificar que tan confiable se encuentra la planta para iniciar operaciones en un nuevo proyecto, por esta razón se decidió realizar varios recambios de forma preventiva que representaron un costo considerable en el mantenimiento de la planta, esto hace importante fijarse en ciertos detalles y datos que el sistema de administración de mantenimiento no nos puede ofrecer en este momento debido a que se encuentran en proceso de estructuración para poder determinar indicadores como confiabilidad, disponibilidad, calidad, mantenibilidad, el costo de mantenimiento de cada fallo, entre otros, que permitan tomar decisiones financieras más acertadas.

Este equipo fue manufacturado en el año 2021, en principio se fabricó con una alta eficiencia en su momento, tuvo una inversión y un tiempo de adaptación a los formatos que se trabajan en la empresa en la puesta a punto, luego de superar esta fase, el equipo trabajo un tiempo muy estable, con algunas fallas que generaron costos, pero de fácil reparación y puesta en marcha, el análisis lo realizamos teniendo en cuenta que este es un equipo de alta eficiencia por lo que una parada no programada puede ocasionar una gran pérdida de producción que se traduce en dinero por tal razón es de importancia su intervención oportuna, así como repuestos, mantenimiento, desperdicio de material son motivo de atención, es por eso que se realiza una investigación a fondo de este equipo en el último año.

Para cumplir con este objetivo se establecieron indicadores KPI para medir las condiciones en la que opera la planta y poder tomar mejores decisiones como por ejemplo en qué momento se debe realizar una inversión de mantenimiento para recuperar la capacidad de producción del activo o en qué momento ya no es viable seguir invirtiendo en este y se deba de reemplazar, además de realizar acciones de mejora continua que permitan mejorar aspectos como seguridad o rentabilidad.

Discriminación de los Costos Iniciales

Para efecto de cálculo estimaremos una inversión inicial o Capex de crecimiento donde se deben tener en cuenta los gastos que realiza la empresa para la construcción de la máquina y los gastos administrativos que se generan a nivel general como producto de los gastos realizados por arriendo de instalaciones, servicio de ingeniería, servicio de contabilidad, servicios públicos, aseo de las instalaciones entre otros gastos que se tienen en cuenta en el reporte que genera el departamento de costos y son distribuidos en las ordenes de producción y los órdenes de servicio que se encuentren abiertas hasta que el activo sale de fabricación o servicio.

Los datos aquí almacenados se deben ajustar a la realidad del equipo ya que los aquí consignados se tomarán a manera de ejemplo con el objetivo de establecer un modelo de desarrollo que sirva como marco de referencia para el análisis financiero de este tipo de equipos.

En la tabla 23 se tomará a manera de ejemplo un Capex con una proyección de gastos de inversión estimada para la fabricación del activo antes de iniciar su puesta en servicio.

Tabla 18

Capex de inversión inicial

CAPEX DE CRECIMIENTO O INVERSIÓN	
GASTOS ADMINISTRATIVOS	45.000.000
SERVICIOS PUBLICOS	1.450.000
AREA DE FABRICACIÓN	1.234.286
MANO DE OBRA ENSAMBLE	18.800.000
MANO DE OBRA FABRICACIÓN	29.250.000
MANO DE OBRA PINTURA	3.750.000
MATERIAL PINTURA	4.900.000
SERVICIO ENSAMBLE CONSOLA	2.700.000
MATERIAL METALISTERIA	43.250.000
MATERIAL IMPORTADO	6.419.830
MATERIAL BANDA	7.685.776
MOTORES	31.856.515
MECANIZADOS	3.171.991
MATERIAL SISTEMA NEUMATICO	4.132.097
MATERIAL SISTEMA AUTOMATICO	10.132.097
MATERIAL LINEA DE AGUA	942.732
MATERIAL ACCESORIOS VARIOS	2.630.586
TORNILLERIA	856.235
SISTEMA DE TRANSPORTE	10.493.047
CABLEADO	1.259.711
SERVICIOS MONTACARGA	3.800.000
SERVICIOS TRANSPORTE	1.800.000
SERVICIO INSTALACIÓN BANDA	1.500.000
SERVICIO INSTALACIÓN VIDRIOS	400.000
TOTAL	237.414.903

Fuente: Elaboración propia

Para esta activo se va a estimar un costo de mantenimiento anual de \$14.064.511 con un incremento anual del 4.5%. También un Capex por mantenimiento cero horas descrito en la tabla

24, con un valor estimado como modelo de análisis por \$ 69.723.338 el cual se proyecta realizar en un periodo de 5 años. Para esto se debe trasladar a la planta de ensamble para realizar este mantenimiento general para optimizar la planta y dejarla en condiciones óptimas para un nuevo proyecto, frecuentemente estas plantas cuando llegan a la planta matriz presentan bastante deterioro por el ambiente y por las condiciones extremas en las que operan, por lo general son golpeadas con la maquinaria con la que se realiza el cargue de las basculas, sufren daños en el desmontaje y bastante abrasión en muchos de sus componentes por la arena y el cemento.

Tabla 19

Costo mantenimiento preventivo planta AD 35 ESP.

MANTENIMIENTO CERO HORAS (OVERHAUL)	
GASTOS ADMINISTRATIVOS	17.000.000
AREA DE FABRICACIÓN	617.103
MANO DE OBRA ENSAMBLE Y MANTENIMIENTO	9.000.000
MANO DE OBRA FABRICACIÓN	6.000.000
MANO DE OBRA PINTURA	3.750.000
MATERIAL PINTURA	4.900.000
MATERIAL METALISTERIA	10.000.000
MATERIAL ENSAMBLE	12.000.000
TORNILLERIA	856.235
SERVICIOS MONTACARGA	1.800.000
MANTENIMIENTO MOTORES ELECTRICOS	3.800.000
TOTAL	\$ 69.723.338,00

Fuente: Elaboración propia

Se estima un OPEX para funcionamiento del activo como se aprecia en la tabla 25, donde se estiman gastos operativos u operacionales a manera de ejercicio, para mantener el activo con una disponibilidad aceptable y rentable.

Tabla 20*Gastos operativos para mantener la planta AD 35 ESP. funcionando*

Costo de operación Anual	
Costo mano de obra	29.808.000
Equipos y software	7.200.000
Capacitación y participación en eventos	50.000
Servicios tecnológicos y pruebas	4.900.000
Materiales, insumos y documentación	2.580.511
Gastos de viaje	13.020.000
Administrativos	25.000.000
TOTAL	\$ 82.558.511,00

Fuente: Elaboración propia**Cálculo del Costo de Ciclo de Vida**

Para el cálculo del ciclo de vida se estimaremos a manera de ejemplo un costo inversión inicial (Ci) \$237.414.903 y una vida de 10 años y un valor de salvamento al final de la vida útil del 10% de la inversión inicial, el costo de operación (CO)\$ 82.558.511, se estima un incremento anual del 4.5%, este costo incluye personal, energía, materiales e insumos, transporte, entrenamiento del personal y calidad) este costo es el que va a tener la planta durante su operación y se calcula en la tabla 23; el Costo de Mantenimiento (CM)\$ 14.064.511 en el cual se incluyen los costos de personal de mantenimiento, los materiales y repuestos, tanto en lo dedicado al predictivo, como al correctivo, además se estima que en 5 años se realizara un mantenimiento overhaul para dejar a punto el equipo para otro proyecto. Por último, el Costo de Parada (CP) este se tomará teniendo en cuenta que se espera un tiempo promedio de parada de 5 horas por mes, dato obtenido del promedio de parada de otros equipos de las mismas características de la compañía y clientes a los cuales les hacemos mantenimientos.

La vida útil se tomará para efecto de cálculo de la tabla 27 donde se estima una vida útil de 10 años y con un porcentaje de depreciación del 10% anual.

Tabla 21

Costo estimado para la operación anual de la planta

Costo de operación Anual	
Costo mano de obra	29.808.000
Equipos y software	7.200.000
Capacitación y participación en eventos	50.000
Servicios tecnológicos y pruebas	4.900.000
Materiales, insumos y documentación	2.580.511
Gastos de viaje	13.020.000
Administrativos	25.000.000
TOTAL	\$ 82.558.511,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

Depreciación de activos de acuerdo al artículo 82 de la ley 1819 de 2016

Conceptos de bienes a depreciar	Tasa de depreciación fiscal anual %	Equivalente en años	Equivalente en meses
Construcciones y edificaciones	2.22%	45,00	540,00
Acueducto, planta y redes	2.50%	40,00	480,00
Vías de comunicación	2.50%	40,00	480,00
Flota y equipo aéreo	3.33%	30,00	360,00
Flota y equipo férreo	5.00%	20,00	240,00
Flota y equipo fluvial	6.67%	15,00	180,00
Armamento y equipo de vigilancia	10.00%	10,00	120,00
Equipo eléctrico	10.00%	10,00	120,00
Flota y equipo de transporte terrestre	10.00%	10,00	120,00
Maquinaria, equipos	10.00%	10,00	120,00
Muebles y enseres	10.00%	10,00	120,00
Equipo médico científico	12.50%	8,00	96,00
Envases, empaques y herramientas	20.00%	5,00	60,00
Equipo de computación	20.00%	5,00	60,00
Redes de procesamiento de datos	20.00%	5,00	60,00
Equipo de comunicación	20.00%	5,00	60,00

Fuente: Estatuto tributario del gobierno nacional de Colombia.

En el mercado se vende en promedio el dosificado de concreto tipo 3000 en promedio se puede conseguir a \$30.000 por m³, esta planta tiene la capacidad de dosificar 35 m³/hora y en un día se espera que dosifique 300 m³/día, esto depende de las cantidades de órdenes que se reciban con relación a la venta de concreto y la eficiencia en el cargue de la máquina, con esto se estima tener un ingreso anual de \$ 216.000.000 millones en el primer año y se estima un incremento por año del 2% por temas de inflación como lo podemos apreciar en la tabla 28.

Tabla 23

Análisis costo de vida de la planta AD 35 ESP.

AÑO	INGRESOS		EGRESOS			INVERSIÓN	FLUJO NETO
		NO DISPON.	COST. OPER	MTTO			
0	\$	-				\$ 237.414.903	-\$ 237.414.903
1	\$	216.000.000	\$ 32.400.000	\$ 82.558.511	\$ 42.381.452	\$ -	\$ 58.660.037
2	\$	220.320.000	\$ 33.048.000	\$ 86.273.644	\$ 44.288.617	\$ -	\$ 56.709.739
3	\$	224.726.400	\$ 33.708.960	\$ 90.155.958	\$ 46.281.605	\$ -	\$ 54.579.877
4	\$	229.220.928	\$ 34.383.139	\$ 94.212.976	\$ 48.364.277	\$ 69.723.338	-\$ 17.462.803
5	\$	233.805.347	\$ 35.070.802	\$ 98.452.560	\$ 50.540.670	\$ -	\$ 49.741.315
6	\$	238.481.453	\$ 35.772.218	\$ 102.882.925	\$ 52.815.000	\$ -	\$ 47.011.310
7	\$	243.251.083	\$ 36.487.662	\$ 107.512.657	\$ 55.191.675	\$ -	\$ 44.059.088
8	\$	248.116.104	\$ 37.217.416	\$ 112.350.726	\$ 57.675.300	\$ -	\$ 40.872.662
9	\$	253.078.426	\$ 37.961.764	\$ 117.406.509	\$ 60.270.689	\$ -	\$ 37.439.464
10	\$	281.881.485	\$ 42.282.223	\$ 122.689.802	\$ 62.982.870	\$ -	\$ 53.926.590
	\$	2.388.881.226	Total				

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 26 podemos se calcular los ingresos netos producidos por inversión VPN \$ 366.691.168, con este podemos decir que el retorno de inversión ROI cuando mi ingreso es de \$ 572.158.258 y mi inversión de \$ 237.414.903 es igual al 141% y por cada peso invertido se espera tener \$ 2.41 pesos de retorno.

Presupuesto Anual de Mantenimiento

Para elaborar el presupuesto de mantenimiento de la planta AD 35 ESP. se va a planear actividades con un técnico mecánico o soldador, y un técnico Electromecánico con disponibilidad de 18 horas por mes para realizar mantenimientos preventivos o correctivos de acuerdo a la necesidad requerida, se estima un total de 20 horas me mantenimiento especializado y 58 horas de mantenimiento preventivo basado en la limpieza del equipo realizado por el mismo operador como se aprecia en la tabla 27. Por experiencia anteriores se destinará el 70% del mantenimiento especializado para labores preventivas y el 30% para mantenimiento correctivo ya que en otros proyectos se han presentado paradas no programadas por error en la operación de los equipos y daños ocasionados con un total de horas acumuladas por correctivo de 60 horas al año.

Tabla 24

Horas de mantenimiento

Costo mantenimiento anual	
Costo mano de obra	40.001.143
Costo repuestos y equipos	2.380.309
TOTAL	\$ 42.381.452

Fuente: Elaboración propia

Se estima que la maquina esté operativa 330 días al año con un promedio de trabajo de 5 horas diarias en producción y 2 horas se destinan a mantenimiento preventivo realizando labores de limpieza por parte de operador del equipo y 1 hora se pierde porque los materiales como la arena y la grava se encuentran muy lejos, las ordenes de trabajo no llegan seguido o demora por los camiones mixer al ingresar. Por lo anterior se estima una disponibilidad del 84.9% y unos tiempos muertos del 15% como se aprecia en la tabla 30.

Tabla 25*Porcentaje de no disponibilidad*

% de no disponibilidad		
Tiempo de operación	120	h/mes
Tiempo de parada	5	h/mes
Disponibilidad	0,84	%
Indisponibilidad	0,150	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26*Calculo valor por hora y ejecución de presupuesto*

NOMBRE	Salario Básico	Básico + Prestaciones	DEDICACIÓN (h/sem)	SEMANAS MES	VALOR HORA (\$)
TECNICO 1	\$ 1.600.000	\$ 2.560.000	14	4	\$ 45.714
TECNICO 2	\$ 1.600.000	\$ 2.560.000	14	4	\$ 45.714
OPERRADOR	\$ 1.500.000	\$ 2.400.000	48	4	\$ 12.500
SUPERVISOR	\$ 2.500.000	\$ 4.000.000	8	4	\$ 125.000
INGENIERO	\$ 3.500.000	\$ 5.600.000	8	4	\$ 175.000
COORDINADOR MANT.	\$ 3.000.000	\$ 4.800.000	8	4	\$ 150.000

Nota: Factor operacional 1.6.

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta el costo de la mano de obra estimada en la tabla 31 para 14 horas mensuales de un técnico mecánico o soldador y un técnico electromecánico, 14 horas de un supervisor de mantenimiento, 8 horas de un coordinador de mantenimiento y además teniendo en cuenta los repuestos que se estiman que se van a necesitar en el transcurso del año para la realización de reparaciones o mantenimientos preventivos durante este tiempo.

Tabla 27*Descripción de los gastos de talento humano.*

NOMBRE	FORMACIÓN ACADÉMICA	FUNCIÓN	DEDICACIÓN (h/sem)	SEMANAS AÑO O FRACCION	VALOR HORA (\$)	TOTAL	TOTALES
TECNICO 1	ELECTROMECA NICO	MANTENIMIETO PREVENTIVO	3,5	1,0	\$ 45.714	\$ 159.999	\$ 19.748.571
TECNICO 2	MECANICO	MANTENIMIETO PREVENTIVO	3,5	1,0	\$ 45.714	\$ 159.999	\$ 19.748.571
OPERADOR	TECNICO	OPERDADOR EQUIPO	48,0	30,0	\$ 12.500	\$ 18.000.000	\$ 28.800.000
SUPERVISOR	TECNOLOGO O INGENIERO	SUPERVISOR ALQUILERES	2,0	0,07	\$125.000	\$ 17.500	\$ 420.000
INGENIERO	INGENIERO PROFESIONAL	ADMINISTRA LA OPERACIÓN	2,0	0,07	\$175.000	\$ 24.500	\$ 588.000
COORDINADOR MANT.	INGENIERO PROFESIONAL	ADM. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	2,0	0,07	\$150.000	\$ 21.000	\$ 504.000
TOTAL						\$18.382.998	\$ 69.809.142
Costo mano de obra operación			\$	29.808.000			
Costo mano de obra mantenimiento			\$	40.001.142			

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 28***Descripción de los materiales, insumos y documentación.*

MATERIALES, INSUMOS Y DOCUMENTACION	JUSTIFICACIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
CHUMACERA PEDESTAL FAG 50mm	Material de desgaste	2,00	\$ 100.101	\$ 200.202
CILINDRO NEUMATICO 80 X 100 AIRTAC	Material de desgaste	1,00	\$ 469.254	\$ 469.254
VALVULA SOLENOIDE 5/2 - 3/8" 220V AIRTAC	Material de desgaste	1,00	\$ 148.062	\$ 148.062
RODILLO DE CARGA ALMEC-TRANS-113	Material de desgaste	10,00	\$ 78.723	\$ 787.230
RASPADORES EN CAUCHO 4"X3/8"(XMTS)	Material de desgaste	1,00	\$ 229.910	\$ 229.910
VIBRADOR MVE 440/2 200 WAM	Material de desgaste	1,00	\$ 551.651	\$ 551.651
TOTAL				\$ 2.386.309

Fuente: Elaboración propia

El costo de la mano de obra se determina en la tabla 32 y los costos de los equipos que se tiene estimado utilizar en el transcurso de las reparaciones anuales de describen en la tabla 33, los cuales de resumirán en la tabla 34 y se utilizarán para el cálculo del ciclo de vida del equipo.

Tabla 29

Costo de mantenimiento anual.

Costo mantenimiento anual	
Costo mano de obra	40.001.143
Costo repuestos y equipos	2.380.309
TOTAL \$	42.381.452

Fuente: Elaboración propia

Estrategias Actuales de la Empresa para el Control de los Costos de Mantenimiento

La empresa Altron ingeniería hoy día para tener un control de los costos utiliza un software llamado SAMM en el cual asigna una orden de producción OTP para cada máquina que fabrica sea para la venta o para el alquiler y el esta se cargan todos los costos relacionados con la fabricación de este activo, si se asigna a para alquiler se abre una OTA (Orden de trabajo alquiler) en esta se cargan todos los costos relacionados con la operación de este activo como son mano de obra, insumos, repuestos y servicios. Para realizar el mantenimiento de este activo se abre una OTS (Orden de trabajo de servicio) en esta se cargan todos los costos relacionados con el mantenimiento de este activo, estos pueden ser mano de obra, servicios de transporte, servicios de montacargas, repuestos, insumos, viáticos entre otros.

Los costos administrativos se distribuyen en todas las ordenes abiertas dependiendo del área que se necesite para la ejecución de la orden de trabajo en el caso de los equipos en planta. Para el caso de los equipos en alquiler o mantenimiento de otros clientes de les asigna un porcentaje

de los costos indirectos de acuerdo a la gestión que sea necesario hacer y son asignados en los centros de costos y se reportan en las OTA y las OTS según sea el caso.

También se está involucrando al personal operativo de las plantas en las capacitaciones de mantenimiento con el objetivo de crear conciencia en la ejecución de actividades de limpieza y lubricación de las mismas, ya que en muchos de los proyectos se ha evidenciado falta de limpieza y lubricación de los equipos, lo que hace que se incremente el costo de mantenimiento y aumenta el deterioro del equipo.

Estrategias Planteadas para la reducción de Costos de Mantenimiento

Realizar un estudio de criticidad y análisis RCM en los sistemas principales de la planta con el objetivo de valorar la vida útil de elementos como motores, bombas, cuenta litros, tambores, banda, válvulas, chumaceras, entre otros, ya que cuando la máquina llega a la planta después de un periodo largo de tiempo se le hace un mantenimiento cero horas (overhaul) y en este en muchos de los casos se desechan o se sustituyen varios de estos componentes por elementos nuevos y los viejos se guardan en almacén hasta que se les da un destino final.

Con base en lo anterior se puede estimar una mayor duración de los equipos reduciendo el costo de repuestos ya que se cambiarían en el momento justo y al hacer un mejor seguimiento se puede reducir las paradas por mantenimiento correctivo, debido que de tendría una mejor predicción de las fallas potenciales antes de que estas se conviertan en una funcional.

Conclusiones

Se estableció un plan de mantenimiento basado en la metodología TPM (Total Productive Maintenance) y RCM donde se propone una implementación por fases iniciando con el levantamiento de la información disponible para hacer establecer los elementos críticos del equipo, la organización jerárquica de los componentes del equipo, indicadores de mantenimiento con metas propuestas como punto de partida para establecer un criterio de evaluación del estado de la máquina.

Esta propuesta de plan de mantenimiento se diseñó como plantilla para que pueda ser implementada en cualquier planta dosificadora o mezcladora de la compañía, y conjuntamente sirva como guía para la implementación en la plataforma CMMS SAMM desde donde se está estructurando toda la gestión de mantenimiento para los equipos propios y de clientes de la empresa.

Se tomó el caso de estudio de la compañía Cemex para analizar la viabilidad y experiencia en la implementación de metodologías como TPM y RCM en las plantas para la producción de concreto, también cabe resaltar que esta compañía describió algunos de sus procesos iniciales y procedimientos estándar para mantenimiento, calidad y administración de las plantas dándoles un enfoque y una visión hacia la confiabilidad donde se tuvo un resultado tanto interno, como externo de la compañía por parte de sus interesados traducido en un ahorro en número de empleados y una reducción en costos en mantenimiento de 17.4 millones de dólares.

También es importante resaltar que el avance en los estándares para el mantenimiento más especializado para la identificación de fallas potenciales en los equipos de la compañía los cuales se vieron reflejados en los indicadores de productividad en un ahorro de 12 millones de dólares en colaboración de los talleres de recuperación de costos.

También en el caso de estudio la compañía diseño y ejecuto un plan de mantenimiento por interrupción basado en confiabilidad con el cual logro una reducción de cuatro días en promedio global que representaron un ahorro de 11 millones de dólares en sus gastos variables.

Se realizó un análisis financiero con cantidades tomadas a manera de ejercicio, ya que por temas de confiabilidad no es posible tener los costos reales de la compañía para el presente trabajo, el objetivo de este ejercicio es poder apreciar el comportamiento de la inversión a través del tiempo y servir como modelo para determinar el momento en que un activo se debe depreciar antes de que produzca pérdidas para la compañía.

En el presente trabajo se diseñó un plan de mantenimiento que permite obtener una mayor rentabilidad de la planta con la mayor ganancia posible y con el menor gasto en su mantenibilidad durante su ciclo de vida además de aportar herramientas para reducir los riesgos que se puedan presentar mientras el equipo se encuentre en operación.

Referencias

- PSE/17/67, C., & Comité de Ingeniería y Tecnología de Confiabilidad . (2016). *(ISO 14224:2016)*. Reino Unido: BSI Standards Limited 2016.
- Altron Ingeniería S.A.S. (2021). Manual de Procedimientos de Funcionamiento y Mantenimiento. Bogotá, Colombia.
- Campos Lopez, O., Toletino Eslava, G., Toledo Velazquez, M., & Toledo Eslava , R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). *Científica*, 23, 51 - 59. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html>
- Cardenas, L. A. (26 de Marzo de 2012). *Historias de Grandes Exitos*. Obtenido de <http://www.historiasdegrandes exitos.com/2012/03/historia-de-cemex.html>
- Cemex. (8 de Marzo de 2008). *Comunicados*. Obtenido de https://www.cemex.com/es/comunicados-2008/-/asset_publisher/sw0SxKVmi3qG/content/about-us-press-release-cemex-announces-increased-synergies-from-rinker-integration
- Cemex. (22 de Abril de 2022). *Nuestra Historia*. Obtenido de <https://www.cemex.com/es/acerca-de-cemex/nuestra-historia>
- Cemex Colombia . (2015). *Soluciones en Concreto para un Futuro Sostenible*. Cemex. Obtenido de <https://www.cemexcolombia.com/documents/45752949/45757628/cemex-colombia-informe-sostenibilidad-2015.pdf/c2eeafb5-d1fe-cc35-0543-4bad233fc750>

Expansión. (3 de Julio de 2008). Cemex: ¿qué sigue después de Rinker? *Expansión*. Obtenido de <https://expansion.mx/especiales/las-500-de-expansion-2008/el-dia-despues>

Forbes. (2021). The Global 2000. *Forbes*. Obtenido de <https://www.forbes.com/lists/global2000/#24566fa15ac0>

Heredia, A. A. (31 de Marzo de 2011). *Cemex. un caso de éxito en la gestión*. Obtenido de https://www.academia.edu/35829693/_CEMEX_UN_CASO_DE_%C3%89XITO_EN_LA_GESTI%C3%93N_ESTRAT%C3%89GICA_DE_LA_INFORMACI%C3%93N_

Institute, B. (2020). *Los 8 Pilares del TPM*. Obtenido de <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/los-8-pilares-del-tpm-1134>

López, B. S. (01 de 06 de 2022). *Ingeniería industrial Online*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>

Mora Gutierrez, A. (2009). *Mantenimiento: Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega.

Moubray, J. (1992). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM*. New York: Industrial Press INC. Obtenido de http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos_rcm_archivos/RCM2%20EXPLICACION.pdf

Moubray, J. (1997). *RCM II Reliability-Centred Maintenance* (2 ed ed.). New York: Industrial Press Inc.

- Norsok Standard Z-008. (2017). *Criticality analysis for maintenance purposes*. Noruega: Norwegian Technology Centre.
- Olarte, J. J. (2021). *Mantenimiento Productivo Confiable (MPC)*. Bogotá: Universidad ECCI. Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1997>
- Perrilli, D. (2021). Resumen de 2020 para las multinacionales del cemento. *Global Cement*. Obtenido de <https://www.globalcement.com/news/item/12085-2020-roundup-for-the-cement-multinationals>
- PPCabrera. (26 de Agosto de 2019). *Escuela de Ciencias, Artes y Tecnologia ESCAT*. Obtenido de <https://blogs.uninter.edu.mx/ESCAT/index.php/tpm-mantenimiento-productivo-total/>
- Reporte Cemex. (2016). *Reporte Integrado*. Cemex. Obtenido de <https://www.cemex.com/documents/20143/160178/2017-marzo-30-1435-evento-relevante.pdf/605dcc6e-0cf6-30fd-da4c-0f8b09ea3a27>
- Reporte Cemex. (2018). *Reporte Integrado*. Cemex. Obtenido de <https://www.cemex.com/documents/20143/47791895/2018-resumen-ejecutivo.pdf/5498b99d-3ab5-82cb-ca17-b8a410d0d4e2>
- Reporte Cemex. (2019). *Reporte Integrado*. Cemex. Obtenido de <https://www.cemex.com/documents/20143/49694544/ReporteIntegrado2019.pdf/9409a027-a0e1-4f85-b3ad-8cdd3c239fb8?t=1585254691584>
- Reporte Cemex. (2020). *Reporte Integrado*. Cemex. Obtenido de <https://www.cemex.com/documents/20143/52528892/ReporteIntegrado2020.pdf>

Reporte Cemex. (2021). *Reporte Integrado*. Cemex. Obtenido de

<https://www.cemex.com/documents/20143/57102208/ReporteIntegrado2021.pdf/4ff3a751-983a-759e-2652-a6f9f7295a0a?t=1648173097760>

Robonergy. (22 de 05 de 2022). *CAJAS PARA BLOQUEO GRUPAL*. Obtenido de

<https://robonergy.com/cajas-para-bloqueo-grupal-2/>

T. Selvik, T. A. (2011). *A framework for reliability and risk centered maintenance* (Vol. 96).

Reliability Engineering and System Safety.

Urphy, E. H. (13 de Mayo de 2021). *Forbes*. Obtenido de

<https://www.forbes.com/lists/global2000/#1dda0ded5ac0>

Vanegas, L. G. (2016). Presentación "Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad". Obtenido de

<https://slideplayer.es/slide/5522955/17/images/2/Saltando+a+la+nueva+era.jpg>

Wikipedia. (2 de Junio de 2022). *Cemex*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Cemex>

Zepeda, L. D. (1 de Marzo de 2009). *Caso de estudio CEMEX*. Obtenido de

<https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/631682/33068001101304.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bibliografía

- PSE/17/67, C., & Comité de Ingeniería y Tecnología de Confiabilidad . (2016). *(ISO 14224:2016)*. Reino Unido: BSI Standards Limited 2016.
- Altron Ingeniería S.A.S. (2021). Manual de Procedimientos de Funcionamiento y Mantenimiento. Bogotá, Colombia.
- Campos Lopez, O., Toletino Eslava, G., Toledo Velazquez, M., & Toledo Eslava , R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). *Científica*, 23, 51 - 59. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html>
- Institute, B. (2020). *Los 8 Pilares del TPM*. Obtenido de <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/los-8-pilares-del-tpm-1134>
- López, B. S. (01 de 06 de 2022). *Ingeniería industrial Online*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Mora Gutierrez, A. (2009). *Mantenimiento: Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega.
- Moubray, J. (1992). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM*. New York: Industrial Press INC. Obtenido de http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos_rcm_archivos/RCM2%20EXPLICACION.pdf

Muobray, J. (1997). *RCM II Reliability-Centred Maintenance* (2 ed ed.). New York: Industrial Press Inc.

Norsok Standard Z-008. (2017). *Criticality analysis for maintenance purposes*. Noruega: Norwegian Technology Centre.

Olarte, J. J. (2021). *Mantenimiento Productivo Confiable (MPC)*. Bogotá: Universidad ECCI. Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1997>

Perrilli, D. (2021). Resumen de 2020 para las multinacionales del cemento. *Global Cement*. Obtenido de <https://www.globalcement.com/news/item/12085-2020-roundup-for-the-cement-multinationals>

T. Selvik, T. A. (2011). *A framework for reliability and risk centered maintenance* (Vol. 96). Reliability Engineering and System Safety.

Urphy, E. H. (13 de Mayo de 2021). *Forbes*. Obtenido de <https://www.forbes.com/lists/global2000/#1dda0ded5ac0>

Anexos

Anexo I



Versión: 1

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ANUAL AD-35 ESP

EQUIPO AD-35 ESP			AÑO: 2022												VERSIÓN: 1												
ITEM	EQUIPOS	PLAN	1.ENERO	STATUS	2.FEBRERO	STATUS	3.MARZO	STATUS	4.ABRIL	STATUS	5.MAYO	STATUS	6.JUNIO	STATUS	7.JULIO	STATUS	8.AGOSTO	STATUS	9.SEPTIEMBRE	STATUS	10.OCTUBRE	STATUS	11.NOVIEMBRE	STATUS	12.DICIEMBRE	STATUS	
1	LIMPIEZA Y RETIRO DE RESIDUOS	1																									
2	SISTEMAS NEUMATICOS	2																									
3	BANDA TRANSPORTADORA	3																									
4	COMPONENTES MOTORREDUCTORES	4																									
5	COMPONENTES BOMBAS	5																									
6	SISTEMA ELECTRICO-ELECTRONICO	6																									
PLANEADO			5		3		3		3		3		3		4		3		3		3		3		3		3
EJECUTADO			0		0		7		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0
CUMPLIMIENTO			0%		0%		233%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%

FRECUENCIAS	
4	DIARIO
5	MENSUAL
6	TRIMESTRAL
1	SEMESTRAL
3	ANUAL
OTROS	OTROS

TOLERANCIA PARA EL CIERRE DE LAS ORDENES

TODAS LAS ORDENES SE DEBEN CERRAR A MAS TARDAR EL 5 DIA DEL MES SIGUIENTE DE LA GENERACION DE LA ORDEN

CONTROL DE EJECUCION	
1	CUMPLIDO
2	EQUIPO FUERA DE USO
3	COMPROMISO DE PRODUCCION

Responsable De Mantenimiento

Nombre _____ Firma _____ fecha _____

Gerente del Área:

Nombre _____ Firma _____ fecha _____

Fuente: Elaboración propia

Anexo II

Tabla 30

Descripción de actividades de mantenimiento

CODIGO	DESCRIPCION	No	PUESTO TRABAJO	TEXTO BREVE OPERACIÓN	FRECUENCIA	CANT.	D.O	Uni.
AD 35 - BA	BASCULA DE AGREGADOS	1	OPERADOR	limpieza y retiro de residuos	DIARIO	1	1	HRA
AD 35 - BA-CN	CILINDRO NEUMATICO 80 X 100 AIRTAC	2	MECANICO	<p>Eliminar por ajuste todas las posibles fugas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En caso de persistir, programar el reemplazo de guarnición correspondiente a la brevedad posible. • El montaje defectuoso y/o la inadecuada regulación de las amortiguaciones pueden conducir a un deterioro prematuro del actuador. • Asegurar que los movimientos puedan realizarse libremente sin ocasionar esfuerzos secundarios sobre el mismo. es preferible sobre amortiguar ligeramente cada movimiento 	MENSUAL	1	1	HRA
		3	MECANICO	<p>Deberán reemplazarse preventivamente las siguientes partes: - guarniciones del pistón - guarniciones de amortiguación - guarnición de cierre de vástago - guarniciones de cierre tubo-tapa - guarniciones de tornillos de registro de amortiguación, anillos de fricción y pistones de amortiguación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En caso de excesivo desgaste de buje, tubo o vástago, encargar el reemplazo al servicio técnico del fabricante. 	CADA 3000 KM RECORRIDOS POR EL VÁSTAGO	1	3	HRA

AD 35 - BA-V200	VIBRADOR MVE 440/2 200	4	MECANICO	inspeccionar sistema de conexiones	MENSUAL	1	1	HRA
AD 35 - BA- CCTB10	CELDA DE CARGA TIPO BARRA	5	TERCEROS	inspección de sistema calibración por terceros	ANUAL			
AD 35 - BC	BASCULA DE CEMENTO	6	MECANICO	limpieza y retiro de residuos	DIARIO	1	1	HRA
AD 35 - BC- ANVW1	ACTUADOR NEUMATICO VALVULA MARIPOSA	7	MECANICO	Eliminar por ajuste todas las posibles fugas. • En caso de persistir, programar el reemplazo de guarnición correspondiente a la brevedad posible. • El montaje defectuoso y/o la inadecuada regulación de las amortiguaciones pueden conducir a un deterioro prematuro del actuador. • Asegurar que los movimientos puedan realizarse libremente sin ocasionar esfuerzos secundarios sobre el mismo. es preferible sobre amortiguar ligeramente cada movimiento	SEMANALMENTE	1	1	HRA
		8		Deberán reemplazarse preventivamente las siguientes partes: - guarniciones del pistón - guarniciones de amortiguación - guarnición de cierre de vástago - guarniciones de cierre tubo-tapa - guarniciones de tornillos de registro de amortiguación, anillos de fricción y pistones de amortiguación. • En caso de excesivo desgaste de buje, tubo o vástago, encargar el reemplazo al servicio técnico del fabricante.	CADA 3000 KM RECORRIDOS POR EL VÁSTAGO			
AD 35 - BC-V200	VIBRADOR MVE 440/2 200	9	MECANICO	inspeccionar sistema de conexiones	MENSUAL	1	1	HRA

AD 35 - BC-CCTB2.5	CELDA DE CARGA BARRA DE 2.5K	10	MECANICO	Inspección de sistema calibración por terceros	ANUAL	1	1	HRA
AD 35 - BD	BANDA DE 24"	11	MECANICO	verificar estado cambar si es necesario	ANUAL	1	0,5	HRA
AD 35 - BD-CP50	CHUMACERA PEDESTAL 50 MM	12	MECANICO	retirar residuos y lubricar verificar rodamiento	ANUAL	1	1	HRA
AD 35 - BD- MSC10	MOTORREDUCTOR SINFÍN CORONA 10 HP R/L 10.1 175 RPM	13	MECANICO	Revisión del nivel de aceite del motor y en caso necesario reponer. Revisión de estructura comprobando posibles fugas de aceite.	SEMANAL (CADA 150 HORAS APROX.)	1	0,5	HRA
		14	MECANICO	Revisión de alineación del grupo motor-reductor comprobación mediante estetoscopio en busca de posibles sonidos inusuales en el funcionamiento de rodamientos y/o engranajes.	TRIMESTRAL (CADA 2250 HORAS APROX.)			
		15	MECANICO	Revisión general de reductor, revisión de conos y sellos, revisión de engranajes y piñones, revisión de apriete de cono-eje, ajuste ejes del reductor, revisión bomba de lubricación y conductos.	ANUAL (CADA 7000 HORAS APROX)			
AD 35 - SN35	SISTEMA NEUMATICO AD 35	16	MECANICO	verificar que no tenga fugas	MENSUAL	1	0,5	HRA
AD 35 - SN-VS1	VALVULA SOLENOIDE 5/2 3/8"	17	MECANICO	limpieza general	MENSUAL	1	0,5	HRA
AD 35 - SN-C301	COMPRESOR DE 3HP	18	MECANICO	Inspección presión carga y secador aire, Inspección alineación del sistema de correas, inspección del sistema eléctrico general, inspección de horómetro cambio de filtro.	ANUAL	1	1	HRA
AD 35 - SN-C301-CC31	CORREA PARA COMPRESOR	19	MECANICO	Inspección y tensión alineación de correas	SEMESTRAL	1	0,5	HRA

AD 35 - SN-C301- P1	PRESOSTATO	20	MECANICO	verificar que no esté sulfatado	SEMESTRAL	1	0,5	HRA
AD 35 - SN-C301- VD	VÁLVULA PARA SALIDA Y DRENAJE	21	MECANICO	verificar que no esté obstruida que drene libremente	SEMESTRAL	1	0,5	HRA
AD 35 - SN-C301- MC3	MOTOR COMPRESOR 3 HP	22	MECANICO	inspeccione el motor en intervalos de tiempo regulares; elimine depósitos de polvo, aceite y suciedad en la tapa del ventilador para mantener una buena ventilación y permitir un correcto enfriamiento del motor; controle las condiciones de los retenes y de los v-ring; controle las condiciones de las conexiones eléctricas y mecánicas y de los pernos de fijación; controle las condiciones de los rodamientos prestando atención a ruidos anómalos o vibraciones	SEMESTRAL	1	0,5	HRA
AD 35 - SN-VS1- RRC	RACORES RECTOS Y CODOS	23	MECANICO	Verificación sistema que no presente fugas cambiar elementos si es necesario	SEMESTRAL	1	0,5	HRA
AD 35 - SH-MT3- TD2	TUBERÍA DOSIFICACIÓN DE 2"	24	MECANICO	Verificación. de fugas cambiar de ser necesario	MENSUAL	1	0,5	HRA
AD 35 - SH-VCA	VISUALIZADOR- CONTROL DE AGUA	25	MECANICO	verificación de fugas	MENSUAL	1	0,5	HRA

AD 35 - SH-MT1.5	MOTOBOMBA 1,5 HP IHM DE 1 /2" X 1 ½"	26	MECANICO	Control del nivel y el estado del aceite a través del visor de vidrio de la caja de rodamientos. Control de los ruidos inusuales, la vibración y las temperaturas de los rodamientos. Control de si la bomba y las tuberías tienen fugas. Analice la vibración. Inspeccione la presión de descarga. Inspeccione la temperatura. Controle si la cámara de sellado y los prensaestopas tienen fugas. Asegúrese de que no haya fugas en el sello mecánico. Ajuste o reemplace la empaquetadura en la caja de empaque si observa fugas excesivas.	SEMESTRAL				
AD 35 - SH-MT3	MOTOBOMBA 3.0 HP IHM 2X2"	27	MECANICO	verificar estado, verificar que no tenga fugas, medir amperaje	MENSUAL	1	0,5	HRA	
AD 35 - SE	SISTEMA ELECTRICO	28	MECANICO	Inspeccione sistema eléctrico	MENSUAL	1	0,5	HRA	
AD 35 - SE-CM	CONSOLA DE MANDO	29	MECANICO	Inspeccionar estado	MENSUAL	1	0,5	HRA	
AD 35 - SE-CM-PC	COMPUTADOR INTEL	30	MECANICO	Inspeccionar estado	MENSUAL	1	0,5	HRA	
AD 35 - SE-CM-EM	ESTACION DE MANDO	31	MECANICO	Inspeccionar estado	MENSUAL	1	0,5	HRA	
AD 35 - SE-TF	TABLERO DE FUERZA	32	MECANICO	Inspeccionar estado	MENSUAL	1	0,5	HRA	
AD 35 - SE-TF-MTC	MINICONTACTOR TRIPOLAR CWCO 7 AMP	33	MECANICO	Inspeccionar verificar que no tenga cables sueltos ni sulfatados	MENSUAL	1	0,5	HRA	
AD 35 - SE-PLC	TABLERO DE CONTROL	34	MECANICO	Inspeccionar verificar que no tenga cables sueltos ni sulfatados, torquar todas las borneras	MENSUAL	1	0,5	HRA	

