

**UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSÉ SIMEÓN CAÑAS  
UNIVERSIDAD DON BOSCO**



**IMPLEMENTACION DE ÍNDICES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA  
SELECCIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO EN UNA PLANTA DE  
FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO.**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREPARADO PARA  
LA FACULTAD DE POSTGRADOS UCA**

**Y**

**FACULTAD DE INGENIERÍA UDB**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:  
MAESTRA/O EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**POR:**

**AREVALO MARTIR, ROBERTO ANTONIO**

**Junio 2025**

**ANTIGUO CUSCATLÁN, EL SALVADOR, C.A**

### **Rectores**

Mario Ernesto Cornejo, S.J.

Mario Rafael Olmos Argueta, SDB.

### **Secretarias Generales**

Lidia Gabriela Bolaños Teodoro

Yesenia Xiomara Martínez Oviedo

### **Decana de Postgrado UCA**

Nelly Arely Chévez Reynosa

### **Decano de Postgrado UDB**

Mario Guillermo Juárez Pérez

### **Directores de la Maestría en Gerencia De Mantenimiento Industrial**

Diana Carolina Cruz UCA

José Luis Martínez UDB

### **Director de Tesis**

Ismael Antonio Sánchez Figueroa

## **RESUMEN**

En la industria de la construcción, las plantas de fabricación de bloques de concreto, específicamente la planta MEGA 1. enfrentan el desafío de mantener altos niveles de producción mientras se busca la optimización del consumo de energía. La planta MEGA 1(denominada de dicho modo por motivos de confidencialidad y objeto de estudio del presente trabajo), no es la excepción.

Este desafío es especialmente importante en una realidad operativa donde la eficiencia energética y la reducción de costos operativos se han convertido en prioridades cruciales. Este documento aborda la necesidad de implementar índices de eficiencia energética como una herramienta que permita no solo conocer las condiciones actuales de eficiencia energética, sino también que ayuden a optimizar las operaciones de mantenimiento. Para esta tarea, se propone la creación de índices de eficiencia energética que faciliten la selección de la estrategia de mantenimiento que más se ajusta a las necesidades que existen en esta planta industrial.

El objetivo principal de este estudio es crear un conjunto de índices de eficiencia energética que sirvan como criterios puntuales para seleccionar la estrategia de mantenimiento apropiada en esta planta de fabricación de bloques de concreto. Razón por la cual, se realizó un diagnóstico inicial, para identificar los equipos críticos en la planta, con un enfoque en su consumo energético. Posterior a este, se calcularon los índices específicos de eficiencia energética basados en parámetros reales de consumo de energía de la operación y los parámetros señalados como óptimos por los fabricantes de los elementos en evaluación. Esto se hizo mediante la recopilación de datos, tomando mediciones reales del consumo de corriente eléctrica de los motores eléctricos a lo largo de un periodo de 25 días consecutivos. Dichas mediciones se realizaron para evaluar el comportamiento de la carga eléctrica y su desempeño en la eficiencia operativa de los motores. Las mediciones fueron registradas en un formato diseñado para este propósito, el cual incluye parámetros clave como la intensidad de corriente, variaciones de tensión, por último, tomando como principal criterio la eficiencia energética, se evaluaron las diferentes estrategias de mantenimiento (correctivo, preventivo, predictivo, basado en la condición y mantenimiento basado en confiabilidad) para determinar cuál estrategia ofrece el mejor balance entre eficiencia energética y la optimización de los equipos operativos.

En la investigación que se realizó, se combinaron el análisis cualitativo y cuantitativo. En primera instancia, se realizó un estudio y búsqueda de literatura para identificar los principios teóricos de la eficiencia energética y las diferentes estrategias de mantenimiento aplicables para la industria en general. Posteriormente a esto, se realizó una recolección de información de los parámetros operativos y esto desembocó en un análisis de la situación actual de la planta, recopilando datos históricos de

consumo energético de los equipos más importantes de esta planta. Cabe mencionar que, al momento en que se realizó este estudio, no existe un estudio similar antes en esta planta industrial. Con esta información, se desarrollaron los índices de eficiencia energética, puntualmente los de factor de potencia de motores eléctricos, los cuales servirán como referente para determinar la estrategia idónea. Finalmente, se compararon diferentes estrategias de mantenimiento para identificar la más efectiva en términos de ahorro energético y reducción de costos.

Los resultados del estudio indicaron que los índices de eficiencia energética calculados permitieron identificar de forma certera aquellas áreas de la planta en las cuales se podía lograr una mayor optimización del recurso energético. La aplicación de estos índices que se calcularon para la selección de la estrategia de mantenimiento demostró que una combinación de mantenimiento predictivo y mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) era la que más se ajustaba a los objetivos planteados, que consistían en optimizar el consumo de electricidad, aumentar la confiabilidad de los equipos y reducir los costos operativos. También se observó que esta combinación de estrategias no solo mejoraba la eficiencia energética, sino que también contribuye significativamente en la competitividad de la planta.

La tesis concluye que la implementación de índices de eficiencia energética es una herramienta que debe ser considerada muy confiable y eficaz para orientar de forma adecuada la selección de estrategias de mantenimiento en esta planta de fabricación de bloques de concreto. Estos índices no solo permiten la optimización del consumo energético y la reducción de los costos operativos, sino que también mejoran la sostenibilidad y la competitividad de la planta en el largo plazo. La investigación recalca la importancia de integrar los índices de eficiencia energética en la gestión diaria de las tareas de mantenimiento para maximizar los beneficios tanto económicos como de confiabilidad de la operación.

Se recomienda que la planta de fabricación de bloques de concreto MEGA 1, adopte los índices de eficiencia energética desarrollados como parte fundamental de su proceso de toma de decisiones de la estrategia de mantenimiento idónea. Asimismo, se sugiere la capacitación continua del personal técnico en el uso de estos índices de eficiencia y otros aspectos técnicos que contribuirán en asegurar correcta aplicación. Para futuros estudios, se propone la utilización y validación de estos índices de eficiencia en otros tipos de plantas industriales.

## 1. INDICE

1. INDICE .....	4
1. Introducción .....	10
1.1. Antecedentes.....	10
1.2. Planteamiento del problema.....	10
1.3. Problema científico .....	11
1.4. Justificación de la investigación.....	11
1.5. Objetivos.....	11
1.6. Alcances.....	11
1.7. Generalidades del proceso productivo de bloques de concreto .....	12
1.8. Generalidades de los sistema y equipos .....	13
1.9. Distribución de la planta. ....	44
2. Marco teórico .....	45
2.1. Tipos de eficiencia energética usados en la industria .....	45
2.2. Índices de eficiencia energética.....	46
2.3. Proceso de creación de índices de eficiencia energética.....	47
2.3.1. Ventajas de comprender los índices de eficiencia energética .....	49
2.4. Mantenimiento industrial .....	50
2.5. Metodologías de mantenimiento .....	51
2.5.1. Mantenimiento correctivo .....	51
2.5.2. Mantenimiento preventivo.....	54
2.5.3. Mantenimiento predictivo .....	55
2.5.4. Mantenimiento basado en la condición.....	57
2.5.5. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) .....	59
2.5.6. Rendimiento de equipos (efectividad, eficiencia y productividad). ....	60
2.6. Industria 4.0 en el proceso productivo. ....	61
3. Materiales y métodos .....	65
3.1. Materiales .....	65
3.2. Métodos .....	66
3.2.1. Identificación de variables significativas.....	66
3.2.2. Recopilación de datos.....	67
3.2.3. Normalización de datos .....	69
3.2.4. Cálculo de índice de eficiencia .....	70
3.2.5. Análisis e interpretación de resultados .....	72

3.2.6.	Implementación y seguimiento.....	73
3.2.7.	Reevaluaciones y ajustes .....	74
4.	Comparación de resultados .....	75
4.1.	Identificación de variables significativas. ....	75
4.2.	Recopilación de datos. ....	79
4.3.	Normalización de datos.....	82
4.4.	Cálculo de índice de eficiencia.....	86
4.5.	Análisis e interpretación de resultados .....	90
4.6.	Identificación de medidas de mejora.....	91
4.7.	Implementación y seguimiento .....	92
4.8.	Reevaluaciones y ajustes.....	95
4.9.	Evaluación de Estrategias de Mantenimiento.....	96
4.9.1.	Estrategias de mantenimiento por considerar para la idoneidad de la aplicación. ....	96
4.9.2.	Criterios por considerar para la selección de la estrategia de mantenimiento. ....	97
4.10.	Análisis de Resultados .....	102
5.	Conclusiones y recomendaciones .....	104
	Conclusiones.....	104
	Recomendaciones.....	105
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	106
	ANEXO A. Formato para recolección de información.....	109
	ANEXO B. Tabulación de mediciones realizadas y valor promedio.....	110
	ANEXO C. Formato de inspección de motores.....	125
	ANEXO D. Formato de inspección de motorreductores. ....	126
	ANEXO E. Formato de inspección de bandas transportadoras. ....	127

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Silo primario .....	14
Tabla 1.2 Dosificador de áridos .....	15
Tabla 1.3. Banda transportadora.....	16
Tabla 1.4. Transportador primario de tornillo .....	17
Tabla 1.5. Báscula de cemento .....	18
Tabla 1.6. Mezclador de áridos .....	19
Tabla 1.7. Banda transportadora primaria .....	20
Tabla 1.8. Distribuidor de materiales .....	21
Tabla 1.9. Alimentador de planchas .....	22
Tabla 1.10. Compactador .....	23
Tabla 1.11. Transportador de bloques .....	24
Tabla 1.12. Sistema de enfriamiento .....	25
Tabla 1.13. Alimentador de color.....	26
Tabla 1.14. Alimentador de pigmentos .....	27
Tabla 1.15. Mezclador secundario.....	28
Tabla 1.16. Silo secundario .....	29
Tabla 1.17. Dosificador de pigmentos.....	30
Tabla 1.18 transportadora secundaria .....	31
Tabla 1.19. Transportador secundario de tornillo .....	32
Tabla 1.20. Báscula de cemento .....	32
Tabla 1.21. Elevador de bandejas.....	33
Tabla 1.22. Carro de trasbordo .....	34
Tabla 1.23. Rieles de trasbordo .....	35
Tabla 1.24. Descensor .....	36
Tabla 1.25. Transportador de secados .....	37
Tabla 1.26. Transportador horizontal .....	38
Tabla 1.27. Mecanismo de cubado .....	39
Tabla 1.28. Transportador tipo cadena .....	40
Tabla 1.29. Volteador de laminas.....	41
Tabla 1.30. Túneles de secado.....	42
Tabla 1.31. Cabina de control .....	43
Tabla 2.1 Técnicas de mantenimiento Industrial .....	64
Tabla 4.1 identificación de variables significativas. ....	79
Tabla 4.2 Cálculo de potencia mecánica de los componentes .....	82
Tabla 4.3 Consumo por equipo - valores de voltaje y amperaje promedio de las mediciones .....	86
Tabla 4.4 Cálculo del índice de eficiencia.....	89
Tabla 4.5 Cuadro resumen de eficiencia .....	90
Tabla 4.6 Condición operativa de los motores .....	91
Tabla 4.7 Propuesta de plan de capacitaciones.....	94
Tabla 4.8 Proceso de reevaluación y ajustes .....	96
Tabla 4.9 Cuadro resumen de los criterios para evaluación de estrategias de mantenimiento .....	101
Tabla 4.10 Estrategias de mantenimiento vs índices de eficiencia energética .....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Proceso productivo. ( <a href="https://dmcline.vn">https://dmcline.vn</a> , 2018).....	12
Figura 1.2 Silo primario .....	14
Figura 1.3. Dosificador de áridos .....	15
Figura 1.4. Banda transportadora .....	16
Figura 1.5. Transportador primario de tornillo .....	17
Figura 1.6. Báscula de cemento.....	18
Figura 1.7. Mezclador de áridos .....	19
Figura 1.8. Banda transportadora primaria .....	20
Figura 1.9. Distribuidor de materiales .....	21
Figura 1.10. Alimentador de planchas .....	22
Figura 1.11. Compactador .....	23
Figura 1.12. Transportador de bloques .....	24
Figura 1.13. Sistema de enfriamiento .....	25
Figura 1.14. Alimentador de color .....	26
Figura 1.15. Alimentador de pigmentos .....	27
Figura 1.16. Mezclador secundario .....	28
Figura 1.17. Silo secundario.....	29
Figura 1.18. Dosificador de pigmentos .....	30
Figura 1.19. Transportadora secundaria .....	31
Figura 1.20. Elevador de bandejas .....	33
Figura 1.21. Carro de trasbordo.....	34
Figura 1.22. Rieles de trasbordo.....	35
Figura 1.23. Descensor.....	36
Figura 1.24. Transportador de secados .....	37
Figura 1.25. Transportador horizontal .....	38
Figura 1.26. Mecanismo de cubado.....	39
Figura 1.27. Transportador tipo cadena.....	40
Figura 1.28. Volteador de laminas .....	41
Figura 1.29 Túneles de secado .....	42
Figura 1.30 Cabina de control .....	43
Figura 1.31. Distribución de equipos (DCM LINE, 2018) .....	44
Figura 3.1 Proceso de creación de índice de eficiencia energética (Energy, 2019) .....	66
Figura 3.2 Identificación de variables significativas .....	66
Figura 3.3 Recopilación de datos .....	68
Figura 3.4 Ejemplo de datos promedio calculados por motor .....	70
Figura 3.5 Cálculo de eficiencia.....	71
Figura 3.6 Eficiencia vs factor de carga. (automatismoindustrial, s.f.).....	73

## **LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS**

CEMEP: Comité Europeo De Fabricantes De Máquinas Eléctricas Y Electrónicas De Potencia

CFM: Pie Cúbico por Minuto, por sus siglas en inglés

CMMS: Sistema Computarizado De Gestión De Mantenimiento, por sus siglas en inglés

GPM: Galones por Minuto

HP: Caballo de Fuerza, por sus siglas en inglés

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional, por sus siglas en inglés

IEE: Índice de Eficiencia Energética

MBC: Mantenimiento Basado en Condición

NEMA: Asociación Nacional De Fabricantes Eléctricos, por sus siglas en inglés

PSI: Presión por pulgada cuadrada

RCM: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, por sus siglas en inglés

VAC: Voltaje Corriente Alterna, por sus siglas en inglés

VDC: Voltaje Corriente Directa, por sus siglas en inglés

<b>CUADRO DE SIMBOLOS</b>	
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>kW</b>	Kilowatt

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

### **A**

#### Aireación

Proceso de inyectar aire a presión para impedir que el material se adiera a las paredes metálicas del silo., 13

#### Análisis de aceite

conjunto de procedimientos y mediciones que permiten conocer las condiciones físicas y químicas de los lubricantes utilizados en máquinas y equipos, 55

### **B**

#### Bloques de concreto

Material prefabricado utilizado en la construcción para construir muros, paredes y bardas perimetrales, 2

### **I**

#### Indices de eficiencia energética

Indicador que mide la cantidad de energía que necesita un edificio o dispositivo para satisfacer sus necesidades energéticas, 2

### **M**

#### Mezclador de áridos

Equipo diseñado para el mezclado de áridos en general y descarga de hormigón sobre transporte, 18

### **T**

#### Termografía

Herramienta que detecta la energía infrarroja emitida por los objetos que están a temperaturas de entre -16 a 1200 °C (-4 °F a 2192 °F), 55

### **U**

#### Ultrasonido

Se utiliza para detectar y caracterizar discontinuidades, medir espesores, extensión y grado de corrosión, y determinar características físicas como la estructura metalúrgica, el tamaño de grano y las constantes elásticas, 55

## **1. Introducción**

### **1.1. Antecedentes.**

Actualmente la eficiencia energética se ha convertido en un factor crítico en la gestión de operaciones en todas las plantas industriales, y el rubro de la construcción no es la excepción; muestra de esto es la planta MEGA 1 que se dedica a la fabricación de bloques de concreto, donde el consumo de energía juega un papel significativo en los costos operativos. La optimización del consumo energético no solo conlleva beneficios económicos, sino también contribuye a la sostenibilidad ambiental y a la competitividad de la empresa en el mercado.

La presente investigación se centra en la implementación de índices de eficiencia energética como herramienta clave para la selección de las estrategias de mantenimiento idóneas a la planta “MEGA 1” de fabricación de bloques de concreto. Este enfoque se fundamenta en la premisa de que el mantenimiento adecuado de los equipos industriales es esencial para garantizar su eficiencia energética y prolongar su vida útil. El objetivo principal de este estudio es desarrollar una metodología integral para la evaluación de la eficiencia energética en plantas de fabricación de bloques de concreto, que permita identificar áreas de mejora y seleccionar las estrategias de mantenimiento más adecuadas. Para lograr este propósito, se llevará a cabo un análisis de los principales factores que influyen en el consumo energético de la planta, incluyendo el rendimiento de los equipos, las condiciones de operación, y los procedimientos de mantenimiento existentes.

Se espera que los resultados obtenidos de esta investigación proporcionen un marco sólido para la toma de decisiones en cuanto a la gestión de la eficiencia energética y el mantenimiento de sus instalaciones. Además, se espera que este estudio contribuya al avance del conocimiento en el campo de la gestión energética industrial y sirva como referencia para futuras investigaciones en áreas relacionadas.

### **1.2. Planteamiento del problema**

En la planta de fabricación de bloques de concreto MEGA 1, el costo del suministro energético representa una parte significativa de los costos operativos totales. La ausencia de una estrategia de mantenimiento que tome como parámetro principal los índices de eficiencia energética dificultan la optimización del consumo energético. La falta de un enfoque claro para seleccionar la estrategia de mantenimiento idónea genera ineficiencias que impactan negativamente en los costos y en la competitividad de la planta.

### **1.3. Problema científico**

¿Cómo se puede construir y utilizar índices de eficiencia energética para seleccionar la estrategia de mantenimiento más adecuada en la planta de producción de bloques de concreto MEGA 1, con el objetivo de optimizar el consumo de energía y reducir los costos operativos?

### **1.4. Justificación de la investigación**

La presente investigación se justifica por la creciente necesidad de mejorar la sostenibilidad y competitividad en la industria de fabricación de bloques de concreto, un sector altamente dependiente del consumo energético. Al desarrollar índices de eficiencia energética para guiar la selección de estrategias de mantenimiento, la investigación proporcionará una herramienta valiosa para reducir costos, mejorar la productividad y contribuir a la sostenibilidad ambiental. Además, la optimización del uso de energía tiene un impacto directo en la reducción de la huella de carbono de las operaciones industriales.

### **1.5. Objetivos**

#### **Objetivo General.**

Calcular los índices de eficiencia energética que permitan seleccionar la estrategia de mantenimiento idónea en la planta de producción de bloques de concreto MEGA 1, con el fin de optimizar el consumo de energético.

#### **Objetivos específicos.**

1. Evaluar el consumo energético en los diferentes sistemas en el proceso de producción de bloques de concreto de MEGA 1, para obtener la información necesaria en el cálculo de los índices de eficiencia de los motores eléctricos.
2. Analizar el marco teórico y metodológico para la implementación de índices de eficiencia energética aplicables a plantas industriales similares a MEGA 1.
3. Evaluar las diferentes estrategias de mantenimiento (correctivo, preventivo, predictivo, basado en condición y basado en confiabilidad) en función de su impacto en la eficiencia energética.
4. Proponer la metodología para la implementación de los índices de eficiencia energética en la toma de decisiones sobre mantenimiento en la planta de producción de bloques de concreto.

### **1.6. Alcances**

El estudio se realizará en una planta de producción de bloques de concreto MEGA 1 que desarrolla sus operaciones en el departamento de la Libertad en El Salvador. La investigación abarcará el análisis del consumo energético de los equipos que están directamente involucrados en el proceso de

producción, la implementación de índices de eficiencia energética y la evaluación de las estrategias de mantenimiento en relación con dichos índices. Debido a que no se tiene acceso a mucha información que es relevante y puede servir como importante soporte para la investigación, el estudio no incluirá ninguna información ni análisis referente a aspectos económicos y se basará únicamente en aspectos operativos del proceso de producción de bloques de concreto.

### 1.7. Generalidades del proceso productivo de bloques de concreto

La producción de bloques de concreto con máquinas vibro compactadoras sigue un proceso general que involucra varias etapas, desde el proceso de extracción y transporte de la materia prima, preparación y mezcla de los materiales, formación del bloque de concreto, hasta la curación de los bloques. A continuación, en la Figura 1.1. se describe de manera general dicho proceso de producción.

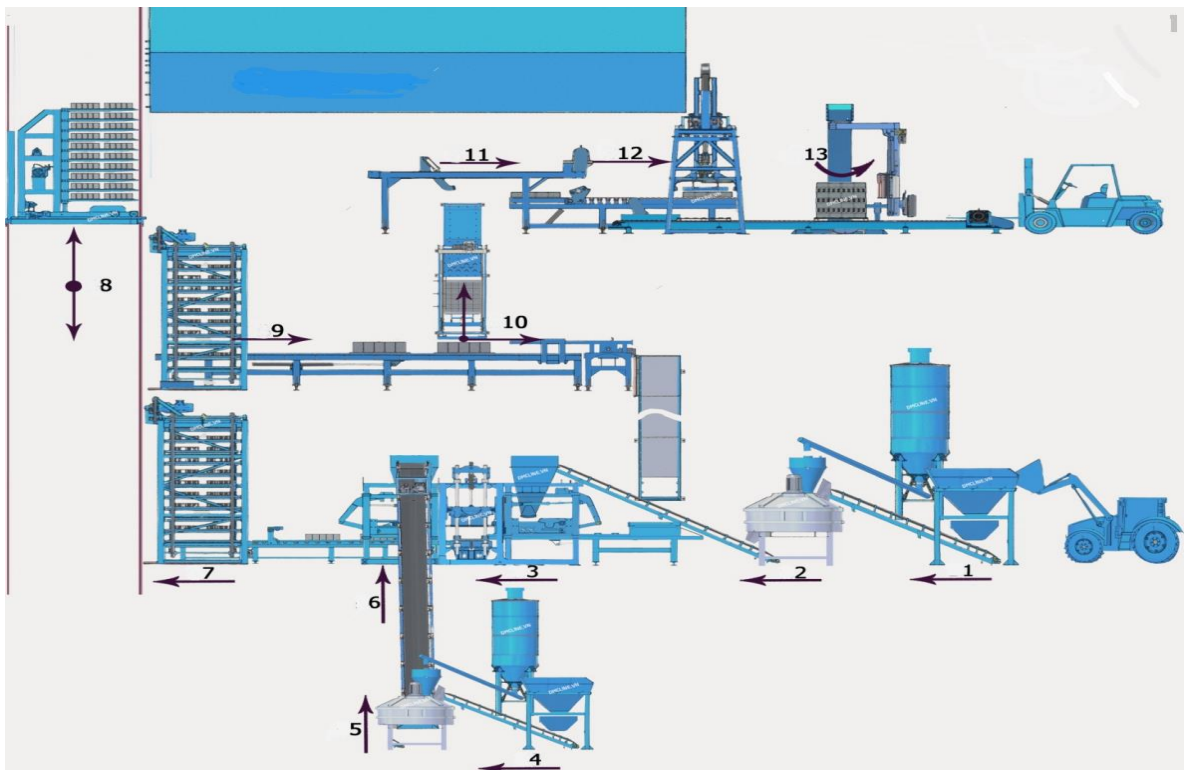


Figura 1.1 Proceso productivo. (<https://dmcline.vn>, 2018)

**Paso 1:** El cargador frontal introduce materiales (tierra blanca, arena, escoria, etc.) en las tolvas primarias, de suministro escalonado de alimentación.

**Paso 2:** Los materiales después del escalado en las tolvas, se mezclan con cemento y agua.

**Paso 3:** La máquina de vibro compactación forma una pieza de bloque en molde. En este proceso, los trabajadores deben realizar comprobaciones periódicas para realizar ajustes oportunos y eliminar los productos de error.

**Paso 4:** El cargador frontal introduce materiales (arena, tierra blanca, grava, etc.) en tolvas secundarias de suministro escalonado.

**Paso 5:** Se mezclan los materiales como cemento, arena, colorante, agua, etc., para crear la mezcla de materiales de superficie para bloques, soleras, adoquines, etc.

**Paso 6:** Los materiales se destinan para la superficie se descargan en la banda transportadora y se transporta a la máquina de alimentación de pigmentos. El color se introduce en la superficie del bloque, luego la máquina para fabricar bloques vibra y compacta por segunda vez.

**Paso 7:** Después de formar, el apilador de bloques agrupa el bloque en 20 pisos.

**Paso 8:** El carro de trasbordo traslada los bloques a la cámara de secado que se conocen como túneles de secado. El periodo de secado es de entre 18 a 24 horas, luego los transportan al descensor y los apila en cubos.

**Paso 9:** El dispositivo de descenso (20 pisos y bandejas) separa cada paleta del transportador de bloques secados.

**Paso 10:** La máquina empuja el palet con bloque al transportador de bloques horizontal y empuja el palet sin bloque al volteador de palet a la vez

**Paso 11:** La máquina recoge y gira el bloque y luego lo lleva al transportador pendiente de apilamiento.

**Paso 12:** El dispositivo armador de cubos recoge el bloque de la posición pendiente de apilamiento para apilarlo en un nuevo cubo.

**Paso 13:** Después del apilamiento se transfiere al patio de producto terminado. Después de 3 a 5 días, se puede señalar como producto terminado y el bloque es inspeccionado por control de calidad.

### **1.8. Generalidades de los sistema y equipos**

El estudio se centra en el análisis de un proceso industrial para la producción automatizada de bloques de concreto. Estas máquinas mejoran la eficiencia y calidad de la producción de bloques sólidos, huecos o adoquines en comparación con métodos manuales o semiautomáticos, permitiendo una mayor capacidad de fabricación y por consiguiente mayor rentabilidad en la producción.

Los principales componentes asociados en esta planta de producción son los siguientes:

**SILO PRIMARIO:** El silo primario es un sistema de almacenamiento de propósito especial contiene cemento. Además de la estable estructura de acero, incluye sistema de filtrado de polvo, aireación contra bloqueos y válvula de seguridad, en la Tabla 1.1, se describen los componentes principales y sus características generales.

<b>SILO PRIMARIO</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Base	Mecánico	1	Soporte principal	Estructura metálica
Barandilla	Mecánico	1	Dispositivo de seguridad	Estructura metálica
Silo	Mecánico	1	Deposito Reservorio	Estructura metálica
Manga de lona	Misceláneo	4	Filtro	Tejido poroso para retención de partículas
Válvula de control	Mecánico	1	Dispositivo de seguridad de presión	Válvula de cierre rápido
Tubo de carga	Mecánico	1	Tubería de llenado de silo	Estructura metálica
Compresor de aire	Eléctrico / Mecánico	1	Empuja el cemento	460 VAC / 7.5 HP / 35 – 40 CFM
Arrancador	Eléctrico / Mecánico	1	Arrancar compresor de aire	Arrancador bimetálico

Tabla 1.1 Silo primario



Figura 1.2 Silo primario

**SISTEMA DOSIFICADOR DE ÁRIDOS:** sistema que está conformado por tres tolvas de materiales cada una para uso con los diferentes materiales que se utilizan. Después de introducir los materiales completamente en la tolva, se realiza una alimentación escalada, la cual se realiza con bandas transportadora que es controlada por sensores de la báscula digital que se encuentra programada para activar la banda transportadora cuando se requiere el ingreso y desactivar cuando se ha completado la cantidad de material que se tiene programado. Todos estos pasos se cumplen antes de transferir los materiales a la mezcladora. Este sistema consta de tres tolvas de materiales, una para cada uno de los materiales (tierra blanca, escoria y arena). En la Tabla 1.2 se describen los componentes principales y sus características.

<b>DOSIFICADOR DE ARIDOS</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Tolva	Mecánico	3	Salida de cemento	Estructura metálica
Zaranda metálica	Mecánico	3	Ralentizar la salida de tolva	Estructura metálica
Sistema Dosificador	Eléctrico / Mecánico	3	Dosificar materiales	Cilindro neumático, activado por electroválvula que es controlada por un temporizador programado.
Mesa para báscula	Eléctrico / Mecánico	3	Dosificar materiales	Estructura para
Báscula electrónica	Eléctrico	1	Dosificar	Dispositivo electrónico
Sensor	Eléctrico	3	Activar secuencia de pasos	2 a 200 mm /4-20mA o 0-5 VDC
Tolva	Mecánico	3	Salida de cemento	Estructura metálica
Zaranda metálica	Mecánico	3	Ralentizar la salida de tolva	Estructura metálica

Tabla 1.2 Dosificador de áridos



Figura 1.3. Dosificador de áridos

**BANDA TRANSPORTADORA:** dispositivo encargado de trasladar los materiales después de la alimentación escalada lleva el material hacia el mezclador. En la tabla 1.3 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADORA</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Guardamotor	Eléctrico	1	Protección de motor	460 VAC /7.5 HP / 9.8 AMP
Motor	Eléctrico	2	Transmisión de potencia	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm
Reductor	Mecánico	2	Reducir RPM, aumentar torque	Ratio 60: 1
Rodillos	Mecánico	12	Soporte de banda transportadora	Rodillo metálico Ø 30cm x 50cm, montado en chumacera UCF 211-32
Banda transportadora	Misceláneo	1	Transporte de materia prima	Banda de hule y lona 4 capas
Estructura	Mecánico	1	Soporte principal	Estructura metálica

Tabla 1.3. Banda transportadora



Figura 1.4. Banda transportadora

**TRANSPORTADOR DE TIPO TORNILLO:** elemento encargado de trasladar el cemento del silo hacia la báscula de cemento. Se puede realizar entrega controlada de material. En la tabla 1.4 se describen los elementos principales.

TRANSPORTADOR TIPO TORNILLO				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Rompe bóveda	Mecánico	1	Salida de cemento	Estructura metálica
Guardamotor	Eléctrico	1	Protección de motor	460 VAC /5.5 HP / 6.5 AMP
Motorreductor de dosificador	Eléctrico / Mecánico	1	Girar tornillo dosificador	460 VAC /5.5 HP / 1800 rpm / ratio 40: 1
Tornillo dosificador	Mecánico	1	Suministro de cemento	Estructura metálica

Tabla 1.4. Transportador primario de tornillo



Figura 1.5. Transportador primario de tornillo

**BÁSCULA DE CEMENTO:** conformado por una tolva y una báscula. Los datos de la cantidad entregada de cemento se mostrarán en el centro de control para monitorear que el proceso de producción tenga las proporciones de cemento predeterminadas conforme el producto que va a fabricar en el momento. En la tabla 1.5 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE BÁSCULA DE CEMENTO</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Tolva de ingreso	Mecánico	1	Recepción de cemento	estructura metálica
Báscula electrónica	Eléctrico	1	Dosificación de cemento	báscula electrónica 0 - 150 kg
Botonera de control	Eléctrico	1	Control de báscula	botonera 2 posiciones
Compuerta de salida	Eléctrico / Mecánico	1	Descarga de cemento	estructura metálica

Tabla 1.5. Báscula de cemento



Figura 1.6. Báscula de cemento

**MEZCLADOR PRIMARIO DE ÁRIDOS:** en este sistema los materiales agregados (tierra blanca, arena, escoria, etc.), el agua y el cemento se mezclan uniformemente conforme parámetro de ciclos determinados en la configuración. En la tabla 1.6 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE MEZCLADOR DE ARIDOS</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Guardamotor	Eléctrico	1	Protección de motor	460 VAC /25 HP / 30 AMP
Ventana de ingreso	Mecánico	1	Recepción de áridos dosificados	Estructura metálica
Motorreductor	Eléctrico / Mecánico	1	Transmitir potencia a mezclador	460 VAC /25 HP / 1800 rpm / ratio 60: 1
Paletas mezcladoras	Mecánico	1	Homogeneizar mezcla de áridos	Estructura metálica, paletas mezcladoras en acero HARDOX
Compuerta de salida	Mecánico	1	Suministro de áridos mezclados	Estructura metálica

Tabla 1.6. Mezclador de áridos



Figura 1.7. Mezclador de áridos

**BANDA TRANSPORTADORA PRIMARIA:** elemento en el que se transportan los materiales después de ser mezclados para la máquina distribuidora de materiales que está ubicada sobre el molde que contiene la figura del producto que se ha de fabricar. En la tabla 1.7 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADORA PRIMARIA</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Guardamotor	Eléctrico	1	Protección de motor	460 VAC /7.5 HP / 9.8 AMP
Motor	Eléctrico	1	Transmisión de potencia	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm
Reductor	Mecánico	1	Reducir RPM, aumentar torque	Ratio 40: 1
Rodillos	Mecánico	18	Soporte de banda transportadora	rodillo metálico Ø 30cm x 50cm, montado en chumacera UCF 211-32
Banda transportadora	Misceláneo	1	Transporte de materia prima	Banda de hule y lona 4 capas
Estructura	Mecánico	1	Soporte principal	Estructura metálica

Tabla 1.7. Banda transportadora primaria



Figura 1.8. Banda transportadora primaria

**DISTRIBUIDOR DE MATERIALES:** este paso inicia en la compuerta de suministro en la que se recibe la mezcla de los materiales, en este paso el molde es llenado uniformemente. La distribución de material se realiza con un mecanismo de pivote y guías que son accionadas por un motor que hace girar una leva excéntrica que transfiere el movimiento al mecanismo de pivote. En la tabla 1.8 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE MECANISMO DISTRIBUIDOR DE MATERIALES</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Compuerta de suministro	Mecánico	1	Alimentación de mezcla preparada	estructura metálica
Pistón accionador de compuerta	Neumático	1	Abre y cierra compuerta de descarga	pistón neumático ISO-15552 Ø160-200
Caja reductora	Mecánico	1	Reducir RPM	Ratio 20: 1
Motor hidráulico	Mecánico	1	Transmisión de potencia a leva excéntrica	
Leva excéntrica y biela pivote	Mecánico	1	Distribución de material	componentes mecánicos
Sensor de nivel	Eléctrico	1	Indicador de nivel de llenado	2 a 200 mm /4-20mA o 0-5 VDC
Molde de prensado	Mecánico	1	Formado de bloque	componentes mecánicos

Tabla 1.8. Distribuidor de materiales



Figura 1.9. Distribuidor de materiales

**ALIMENTADOR DE PLANCHAS:** componente que alimenta la máquina con planchas metálicas sobre las cuales se fabrican los bloques, de forma simultánea se realiza el proceso de empujar las planchas metálicas hacia el transportador de bloques. Las planchas metálicas son tomadas del descensor y son empujadas hacia el volteador. En la tabla 1.9 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE ALIMENTADOR DE PLACAS</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Estructura de alimentador	Mecánico	1	soporte principal	estructura metálica
Empujador	Mecánico	1	Mecanismo para alimentar placas	mecanismo de palancas con cojinetes de bronce
Pistón de empujador	Neumático	1	Elemento accionador	pistón neumático ISO-15552 Ø160-200
Sensor de posición	Eléctrico	2	Señal de pulso para accionamiento	2 a 200 mm /4-20mA o 0-5 VDC
Placas metálicas	mecánico		Soporte metálico	XAR 500 - 0.25"

Tabla 1.9. Alimentador de planchas

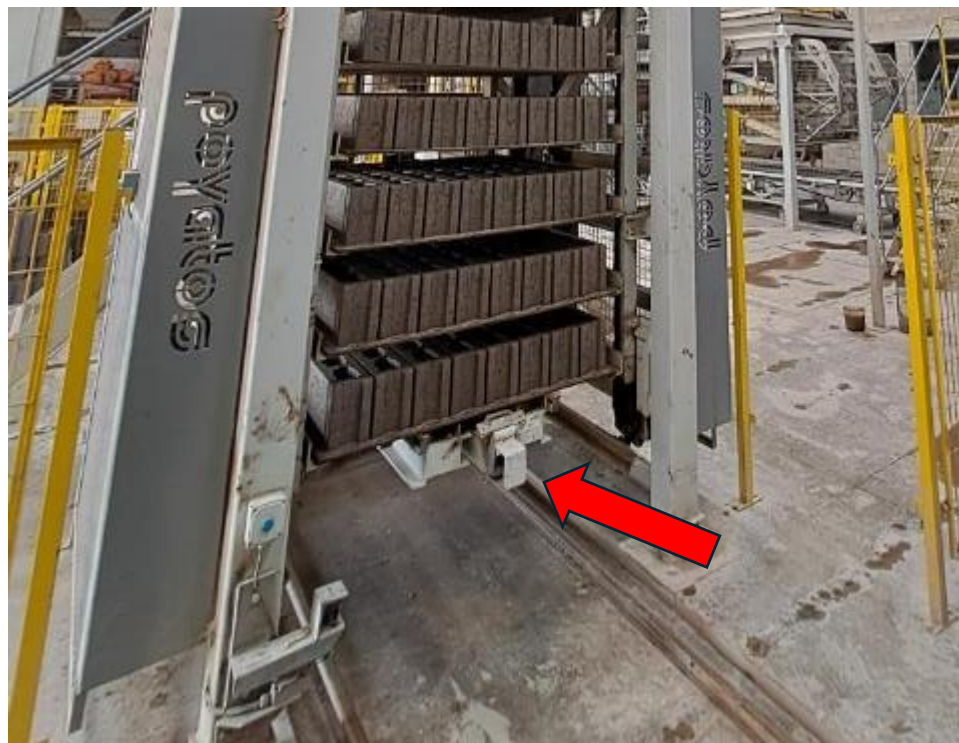


Figura 1.10. Alimentador de planchas

**COMPACTADOR:** mecanismo que combina de forma integrada la presión de compactación, vibración y compresión forzada, para la formación de los bloques con alta calidad y uniformidad. En la tabla 1.10 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE COMPACTADOR</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Bomba hidráulica	Mecánico	1	Generar presión hidráulica	Bomba hidráulica 30 GPM 3500 PSI, puerto SAE 12
Electroválvula	electromecánico	1	Apertura y cierre de paso de aceite	Electroválvula 4/3 cetop 3 centro tándem
Pistón compactador	Hidráulico	1	Compactar material	Cilindro hidráulico doble efecto 80 x 110 x 1500. 2200 psi
Compactadores	Mecánico	1	Compactar material	Componentes mecánicos
Mesa vibradora	Mecánico	1	Transmite vibración a mezcla	Componente mecánico, montado sobre amortiguadores sólidos
Leva excéntrica	Mecánico	1	Transmite vibración	Componente mecánico
Banda dentada	Misceláneo	2	Interconecta levas excéntricas	HTD ® D: 425 – 4.578 mm
Motor hidráulico	Mecánico	1	transmisión de potencia	
Base de resortes y resorte	Mecánico	1	soporte amortiguador	
Pistón elevador de molde	Mecánico	2	elevación de molde	Cilindro hidráulico doble efecto 40 x 70 x 1200. 2200 psi
Molde	Mecánico	1	moldeo de bloques	Componente mecánico
Riel y carro transportador	Mecánico	1		Componentes mecánicos

Tabla 1.10. Compactador



Figura 1.11. Compactador

**TRANSPORTADOR DE BLOQUES:** en este paso, con un mecanismo de transportador tipo cadena, las planchas metálicas con los bloques formados son trasladados al apilador de bloques En la tabla 1.11 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR DE BLOQUES</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Estructura	Mecánico	1	soporte principal	Estructura metálica
Motor hidráulico	Hidráulico	1	transmitir potencia al mecanismo	Motor de velocidad variable
Caja reductora	Mecánico	1	reducir velocidad	Ratio 30: 1
Cadena transportadora	Mecánico	2	traslado de bloques	Estructura y componentes mecánicos
Guía de cadena	Mecánico	2	soporte de cadena	Estructura metálica con refuerzo de láminas anti desgaste
Sensor de posición	Eléctrico	2	Señal de pulso para accionamiento	2 a 200 mm /4-20mA o 0-5 VDC

Tabla 1.11. Transportador de bloques



Figura 1.12. Transportador de bloques

**SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:** este es un dispositivo usado para enfriar el aceite hidráulico mediante la circulación del aceite en un radiador tubular donde se le baja la temperatura por el golpe de una corriente de aire que lo atraviesa y que es impulsado por un ventilador. En la tabla 1.12 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Intercambiador	mecánico	1	disminuir temperatura de aceite	Intercambiador tubular de aluminio / bronce
Arrancador termomagnético	Eléctrico	1	Protección de motor	460 VAC / 7.5 HP / 9.8 AMP
Ventilador	mecánico	1	ventilador	Ventilador 24" / 9 aspas
Sensor de temperatura	Eléctrico	2	Señal de pulso para accionamiento	2 a 200 mm / 4-20mA o 0-5 VDC
Válvula baipás	mecánico	2	Bypass	Componente mecánico
Filtro	misceláneo	1	filtrar	
Válvulas de seguridad	misceláneo	1	Dispositivo de seguridad	Válvula de sobrepresión

Tabla 1.12. Sistema de enfriamiento



Figura 1.13. Sistema de enfriamiento

**SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COLOR:** este es un aditamento especial para acabados superficiales con colores específicos en procesos de fabricación de uso especial para procesos de fabricación de adoquines. En la tabla 1.13 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE ALIMENTACION DE COLOR</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Ventana de ingreso	Mecánico	1	Recepción de áridos dosificados	Estructura metálica
Agitador	Eléctrico / Mecánico	1		Estructura metálica
Compuerta de salida	Mecánico	1	Suministro de áridos mezclados	Estructura metálica
Pistón de compuerta	Mecánico	1	Accionamiento de compuerta	Pistón neumático

Tabla 1.13. Alimentador de color



Figura 1.14. Alimentador de color

**BANDA TRANSPORTADORA DE PIGMENTOS:** Transporta la mezcla del material de la superficie después de mezclarla a la máquina de alimentación de color. En la tabla 1.4 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE ALIMENTADOR DE PIGMENTOS</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Guardamotor	Eléctrico	1	Protección de motor	460 VAC /7.5 HP / 9.8 AMP
Motor	Eléctrico	1	Transmisión de potencia	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm
Reductor	Mecánico	1	Reducir RPM, aumentar torque	Ratio 40: 1
Rodillos	Mecánico	18	Soporte de banda transportadora	Rodillo metálico Ø 30cm x 50cm, montado en chumacera UCF 211-32
Banda transportadora	Misceláneo	1	Transporte de materia prima	Banda de hule y lona 4 capas
Estructura	Mecánico	1	Soporte principal	Estructura metálica

Tabla 1.14. Alimentador de pigmentos



Figura 1.15. Alimentador de pigmentos

**MEZCLADOR SECUNDARIO DE PIGMENTOS:** Mezcla los materiales como cemento, arena, colorantes, agua, etc., para crear una mezcla de materiales de superficie para bloques entrelazados, adoquines, etc. En la tabla 1.15 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE MEZCLADOR SECUNDARIO</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Guardamotor	Eléctrico	1	Protección de motor	460 VAC /25 HP / 30 AMP
Ventana de ingreso	Mecánico	1	Recepción de áridos dosificados	Estructura metálica
Motorreductor	Eléctrico / Mecánico	1	Transmitir potencia a mezclador	460 VAC /25 HP / 1800 rpm / ratio 60: 1
Paletas mezcladoras	Mecánico	1	Homogeneizar mezcla de áridos	Estructura metálica, paletas mezcladoras en acero HARDOX
Compuerta de salida	Mecánico	1	Suministro de áridos mezclados	Estructura metálica

Tabla 1.15. Mezclador secundario



Figura 1.16. Mezclador secundario

**SILO SECUNDARIO:** es un tanque de almacenamiento de propósito especial que contiene cemento para mezclar con el color de la superficie. En la tabla 1.16 se describen los elementos principales.

COMPONENTES DE SILO SECUNDARIO				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Base	Mecánico	1	Soporte principal	Estructura metálica
Barandilla	Mecánico	1	Dispositivo de seguridad	Estructura metálica
Silo	Mecánico	1	Deposito Reservorio	Estructura metálica
Manga de lona	Misceláneo	4	Filtro	Tejido poroso para retención de partículas
Válvula de control	Mecánico	1	Dispositivo de seguridad de presión	Válvula de cierre rápido
Tubo de carga	Mecánico	1	Tubería de llenado de silo	Estructura metálica
Compresor de aire	Eléctrico / Mecánico	1	Empuja el cemento	460 VAC / 7.5 HP / 35 – 40 CFM
Arrancador	Eléctrico / Mecánico	1	Arrancar compresor de aire	Componente electromecánico

Tabla 1.16. Silo secundario



Figura 1.17. Silo secundario

**MECANISMO DE DOSIFICADOR DE PIGMENTOS:** esta es una parte del proceso que está conformado por dos tolvas de material para alimentar el área de color de la superficie de mezcla En la tabla 1.17 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE DOSIFICADOR DE PIGMENTOS</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Tolva	Mecánico	3	Salida de cemento	Estructura metálica
Zaranda metálica	Mecánico	3	Ralentizar la salida de tolva	Estructura metálica
Sistema Dosificador	Eléctrico / Mecánico	3	Dosificar materiales	Cilindro neumático, activado por electroválvula que es controlada por un temporizador programado.
Mesa para báscula	Eléctrico / Mecánico	3	Dosificar materiales	Estructura para báscula electrónica
Sensor	Eléctrico	3	Activar secuencia de pasos	2 a 200 mm /4-20ma o 0-5 VDC

Tabla 1.17. Dosificador de pigmentos



Figura 1.18. Dosificador de pigmentos

**BANDA TRANSPORTADORA SECUNDARIA:** Transporta el material después del escalado al mezclador de pigmentos, en el cual son previamente mezclados para su aplicación. En la tabla 1.18 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADORA SECUNDARIA</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Guardamotor	Eléctrico	1	Protección de motor	460 VAC /7.5 HP / 9.8 AMP
Motor	Eléctrico	1	Transmisión de potencia	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm
Reductor	Mecánico	1	Reducir RPM, aumentar torque	Ratio 40: 1
Rodillos	Mecánico	18	Soporte de banda transportadora	Rodillo metálico Ø 30cm x 50cm, montado en chumacera UCF 211-32
Banda transportadora	Misceláneo	1	Transporte de materia prima	Banda de hule y lona 4 capas
Estructura	Mecánico	1	Soporte principal	Estructura metálica

Tabla 1.18 transportadora secundaria



Figura 1.19. Transportadora secundaria

**TRANSPORTADOR DE TIPO TORNILLO:** elemento que se coloca en el fondo del silo en el área de mezcla de colores de la superficie, y se utiliza para alimentar de forma controlada los pigmentos requeridos para la fabricación específica de adoquines con tonos de diferente color en los rostros. En la tabla 1.19 se describen los elementos principales.

<b>TRANSPORTADOR TIPO TORNILLO DEL SISTEMA</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Rompe bóveda	Mecánico	1	Salida de cemento	estructura metálica
Guardamotor	Eléctrico	1	Protección de motor	460 VAC / 5.5 HP / 6.5 AMP
Motorreductor de dosificador	Eléctrico / Mecánico	1	Girar tornillo dosificador	460 VAC / 5.5 HP / 1800 rpm / ratio 40: 1
Tornillo dosificador	Mecánico	1	Suministro de cemento	estructura metálica

Tabla 1.19. Transportador secundario de tornillo

**BÁSCULA DE CEMENTO:** sistema conformado por una tolva y una báscula. Los datos de la cantidad entregada de cemento se mostrarán en el centro de control para monitorear que el proceso de producción tenga las proporciones de cemento predeterminadas conforme los requerimientos del producto que se está fabricando. En la tabla 1.20 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE BÁSCULA DE CEMENTO</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Tolva de ingreso	Mecánico	1	Recepción de cemento	estructura metálica
Báscula electrónica	Eléctrico	1	Dosificación de cemento	báscula electrónica 0 - 150 kg
Botonera de control	Eléctrico	1	Control de báscula	botonera 2 posiciones
Compuerta de salida	Eléctrico / Mecánico	1	Descarga de cemento	estructura metálica

Tabla 1.20. Báscula de cemento

**ELEVADOR DE BANDEJAS (20 PISOS Y 20 BANDEJAS):** en esta parte del proceso recibe la plancha de bloques húmedos del transportador de bloques y los apila en compartimiento de 20 pisos. Este se desplaza hasta que se completan los 20 niveles con bandejas de producto fabricado En la tabla 1.21 se describen los elementos principales.

<b>ELEVADOR DE BANDEJAS</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Torre de elevación	mecánico	2	apilamiento de producto terminado	Estructura metálica y componentes mecánicos
Motor eléctrico	Eléctrico	2	Transmisión de potencia	460 VAC / 25 HP /1800 rpm
Caja reductora	Mecánico	1	Reducir RPM, aumentar torque	Reductor tipo planetario Ratio 40: 1
Rotor de cadena	mecánico	3	soportar para cadena	Componentes mecánicos montado sobre chumaceras
Cadena de elevador	mecánico	2	soportar plancha con bloques fabricados	Estructura metálica
Eslabón soporte para plancha	mecánico	48	soportar plancha con bloques fabricados	Estructura metálica
Sensor de posición	Eléctrico	3	Activar secuencia de pasos	2 a 200 mm /4-20mA o 0-5 VDC

Tabla 1.21. Elevador de bandejas



Figura 1.20. Elevador de bandejas

**CARRO DE TRANSBORDO (MULTIFORCA) (20 PISOS Y 20 BANDEJAS):** este dispositivo se encarga de recibir las planchas de bloques húmedos que han sido fabricados y puestos en elevador donde han sido apilados, luego se trasladan a los túneles de secado. En la tabla 1.22 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE CARRO DE TRASBORDO</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Gabinete de control	Eléctrico	1	Controladores manuales de Multiforca	Componentes eléctricos
Elevador central	Hidráulico	1	Elevación de planchas metálicas con bloques fabricados	Circuito hidráulico simple. Cilindro hidráulico 120 x 80. 3500 PSI
Caballote principal	Mecánico	1	Soporte base de toda la estructura	Estructura metálica
Caballote móvil	Mecánico	1	Soporte para trasbordo de bloques fabricados	Estructura metálica
Sensor de final de carrera	Eléctrico	2	Delimitación de recorrido del caballote móvil	2 a 200 mm /4-20mA o 0-5 VDC
Motor eléctrico	Eléctrico	2	Transmisión de potencia	460 VAC / 25 HP /1800 rpm
Caja reductora	Mecánico	1	Reducir RPM, aumentar torque	Reductor tipo planetario Ratio 30: 1
Tambor de rodaje	Mecánico	2	Traslación transversal y longitudinal	Componentes mecánicos

Tabla 1.22. Carro de trasbordo



Figura 1.21. Carro de trasbordo

**SISTEMA DE RIELES DE DESPLAZAMIENTO:** un sistema de rieles que soporta y direcciona el mecanismo multiforca con los bloques que son llevados a posición de reposo cámara de secado. En la tabla 1.23 se describen los elementos principales.

COMPONENTES DE DESCENSOR				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Riel Transversal	mecánico	22	soporte y guía de multiforca	Rieles ligeros, de 42 [kg/m]
Riel longitudinal	mecánico	2	soporte y guía de multiforca	Rieles ligeros, de 42 [kg/m]
Sensor de posición	Eléctrico	12	Activar secuencia de pasos	2 a 200 mm /4-20mA o 0-5 VDC
guarda de seguridad	mecánico	4	protección	Estructura metálica

Tabla 1.23. Rieles de trasbordo

88

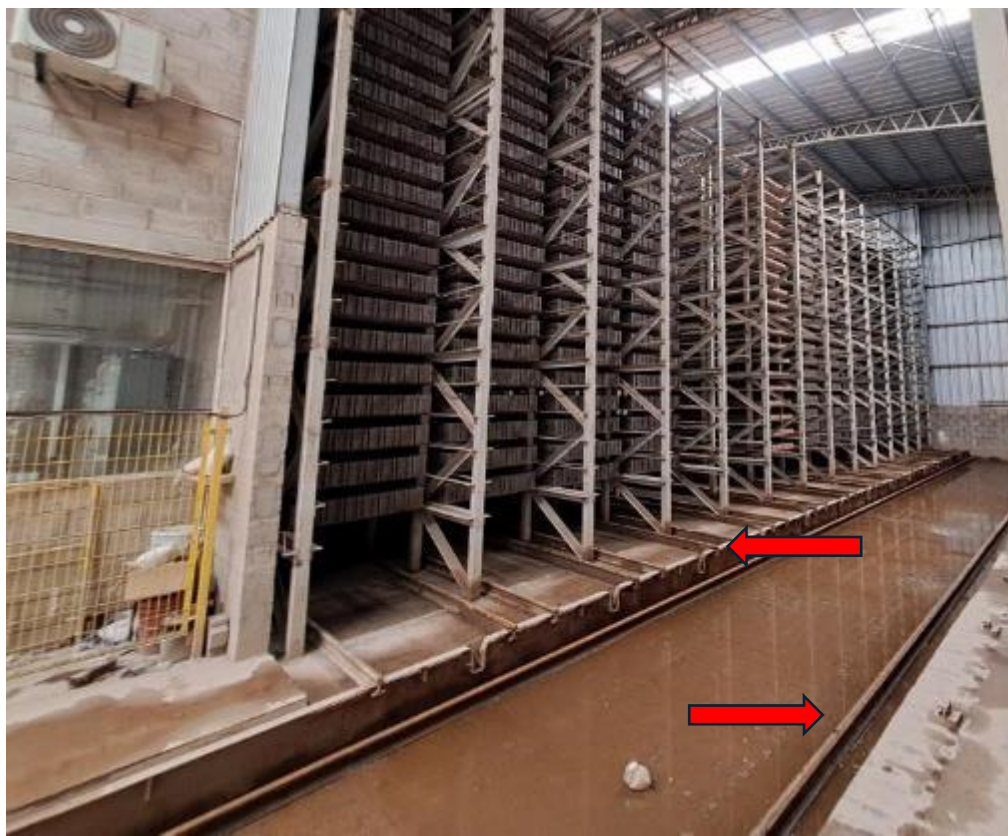


Figura 1.22. Rieles de trasbordo

**DESCENSOR (20 PISOS Y 20 BANDEJAS):** aquí se recibe la plancha de bloques secos del carro multiforca (20 pisos y 20 bandejas) y baja cada plancha al transportador de bloques donde son llevados al mecanismo de cubado En la tabla 1.24 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE DESCENSOR</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Torre de descensor	mecánico	2	apilamiento de producto terminado	estructura metálica y componentes mecánicos
Motor eléctrico	Eléctrico	1	Transmisión de potencia	460 VAC / 25 HP /1800 rpm
Caja reductora	Mecánico	1	Reducir RPM, aumentar torque	Ratio 40: 1
Rotor de cadena	mecánico	1	soportar para cadena	estructura metálica
Cadena de elevador	mecánico	2	soportar plancha con bloques fabricados	estructura metálica
Eslabón soporte para plancha	mecánico	48	soportar plancha con bloques fabricados	estructura metálica
Sensor de posición	Eléctrico	3	Activar secuencia de pasos	2 a 200 mm /4-20mA o 0-5 VDC

Tabla 1.24. Descensor

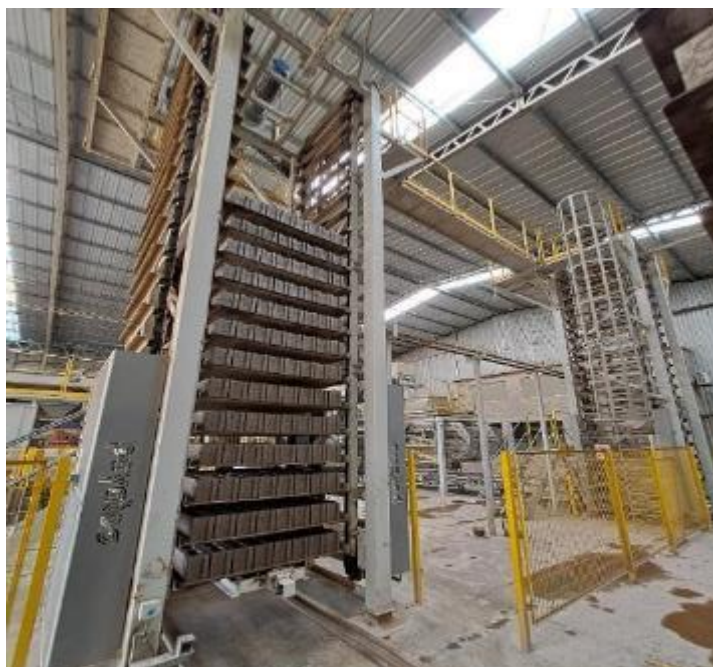


Figura 1.23. Descensor

**TRANSPORTADOR DE BLOQUES SECADOS:** Recibe la plancha de bloques del dispositivo de descenso (20 pisos y 20 bandejas), y los transfiere con la plancha metálica al transportador de bloques horizontal y el palet sin bloque es enviado al volteador de planchas. En la tabla 1.25 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR DE BLOQUES SECADOS</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Estructura	Mecánico	1	Soporte principal	Estructura metálica
Motor hidráulico	Hidráulico	1	Transmitir potencia al mecanismo	460 VAC / 5 HP /1800 rpm
Caja reductora	Mecánico	1	Reducir velocidad	Ratio 30: 1
Cadena transportadora	Mecánico	2	Traslado de bloques	Estructura y componentes mecánicos
Guía de cadena	Mecánico	2	Soporte de cadena	Estructura metálica con refuerzo de láminas anti desgaste
Sensor de posición	Eléctrico	2	Señal de pulso para accionamiento	2 a 200 mm /4-20mA o 0-5 VDC

Tabla 1.25. Transportador de secados



Figura 1.24. Transportador de secados

**TRANSPORTADOR DE BLOQUES HORIZONTAL; TRANSPORTADOR DE BLOQUES Y MÁQUINA VOLTEADORA:** Dispositivo que se utiliza para extraer del sistema de prensado los bloques que han sido fabricados, y por este mismo mecanismo son trasladados hacia el sistema de cubado. En la tabla 1.26 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR HORIZONTAL</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Estructura	Mecánico	1	Soporte principal	Estructura metálica
Motor eléctrico	Eléctrico	1	Transmitir potencia al mecanismo	460 VAC / 5 HP /1800 rpm
Caja reductora	Mecánico	1	Reducir velocidad	Ratio 20: 1
Faja de transportadora	Mecánico	2	Traslado de bloques	Estructura y componentes mecánicos
Poleas guía de faja	Mecánico	2	Soporte de cadena	Estructura metálica con refuerzo de láminas anti desgaste
Sensor de posición	Eléctrico	2	Señal de pulso para accionamiento	2 a 200 mm /4-20mA o 0-5 VDC

Tabla 1.26. Transportador horizontal



Figura 1.25. Transportador horizontal

**MECANISMO DE CUBADO:** Elemento que se utiliza para estibar los bloques a manera de formar un cubo para facilitar el traslado y paletizado. Lo hace sujetando el conjunto de bloques con una prensa de accionamiento neumático que los va apilando de forma alterna posicionándolos a 90 respecto al conjunto de bloques anterior. En la tabla 1.27 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE CUBADOR</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Estructura principal	Mecánico	1	Soporte principal	Estructura metálica
Motor eléctrico	Eléctrico	1	transmitir potencia al mecanismo de traslación	460 VAC / 5 HP /1800 rpm
Carro transversal	Mecánico	1	Traslación de bloques	Estructura metálica
Cilindros verticales	Hidráulico	2	Elevación y descenso de materiales	Circuito hidráulico simple. Cilindro hidráulico 60 x 120. 2000 PSI
Estructura de rotación	Mecánico	1	Soporte de principal de rotor	Estructura metálica
Prensa de rotación	Mecánico	2	Mecanismo de prensado	Estructura metálica
Pistones de prensado	Neumático	4	Prensado de bloques en rotor	Cilindro neumático de doble acción. 45 x 80. 120 PSI
Motor de rotación	Eléctrico	1	transmitir potencia al mecanismo de traslación	460 VAC / 3 HP /1800 rpm
Caja reductora	Mecánico	1	Transmisión de giro para rotor	Caja reductora tipo planetario. Ratio 25: 1
Sensor de posición	Eléctrico	1	Señal de pulso para accionamiento	2 a 200 mm /4-20mA o 0-5 VDC

Tabla 1.27. Mecanismo de cubado



Figura 1.26. Mecanismo de cubado

**TRANSPORTADOR TIPO CADENA:** en este componente se trasladan hacia el proceso de cubado, todos aquellos bloques salidos de descensor y que ya cumplieron el proceso de secado en los túneles. En la tabla 1.28 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR TIPO CADENA</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Estructura	Mecánico	1	soporte principal	estructura metálica
Motor eléctrico	Eléctrico	1	transmitir potencia al mecanismo	460 VAC / 5 HP /1800 rpm
Caja reductora	Mecánico	1	reducir velocidad	Ratio 20: 1
Cadena de transportadora	Mecánico	2	traslado de bloques	estructura y componentes mecánicos
Sensor de posición	Eléctrico	2	Señal de pulso para accionamiento	2 a 200 mm /4-20ma o 0-5 VDC

Tabla 1.28. Transportador tipo cadena



Figura 1.27. Transportador tipo cadena

**VOLTEADOR Y RECOLECTOR DE LÁMINAS:** esta parte del proceso se realiza el volteo y limpieza de las planchas metálicas que se reciben del transportador tipo cadena y luego las reordena en la posición inicial. Las láminas son volteadas para evitar que estas se deformen para un solo lado de la lámina. En la tabla 1.29 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE VOLTEADOR Y RECOLECTOR</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Estructura	Mecánico	1	Soporte principal	Estructura metálica
Motor eléctrico	Eléctrico	1	Transmitir potencia al mecanismo	460 VAC / 5 HP /1800 rpm
Caja reductora	Mecánico	1	Reducir velocidad	Ratio 20: 1
Cadena de transportadora	Mecánico	2	Traslado de bloques	Estructura y componentes mecánicos
Sensor de posición	Eléctrico	2	Señal de pulso para accionamiento	2 a 200 mm /4-20mA o 0-5 VDC

Tabla 1.29. Volteador de laminas



Figura 1.28. Volteador de laminas

**TÚNELES DE SECADO:** esta es una estructura metálica en al cual se contienen los lotes de producción de bloques, para que se realice un proceso de secado natural dentro de las 48 horas siguientes, para luego apilarlos en el mecanismo de cubado.

Disponibilidad de espacio diseñada para 10 túneles de secado útiles. Espacio en el cual se puede colocar 3.800 bandejas. (20 bandejas por puesta, 19 puestas por túnel = 380 bandejas por túnel) En la tabla 1.30 se describen los elementos principales.

COMPONENTES DE TUNELES DE SECADO				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Túnel de secado	Mecánico	10	Estructura para instalación de bloque fabricado donde se recibe secado	Estructura metálica
Bandejas metálicas	Mecánico	3800	Soporte de bloque fabricado	

Tabla 1.30. Túneles de secado



Figura 1.29 Túneles de secado

**CABINA DE CONTROL:** aquí se contiene el gabinete eléctrico, en el cual está integrado los dispositivos de control y programación del equipo en general, también es el sitio donde el trabajador operativo realiza el constante monitoreo de la operación. En la tabla 1.31 se describen los elementos principales.

<b>COMPONENTES DE CABINA DE CONTROL</b>				
Nombre	Tipo	#	Aplicación	Características
Panel de potencia	Eléctrico	1	Suministra energía principal	Componentes eléctricos
Panel principal	Eléctrico	1	Se utiliza para controlar todas las funciones y ciclos de la máquina.	Componentes eléctricos
Controlador PLC	Eléctrico	1	Controlador lógico programable	Componentes eléctricos
Ordenador	Eléctrico	1	Genera la interfaz por medio del operario con la máquina.	Componentes eléctricos
A / C	Eléctrico	1	Climatización de cabina de control	Componentes eléctricos

Tabla 1.31. Cabina de control



Figura 1.30 Cabina de control

### 1.9. Distribución de la planta.

La distribución y organización de los diferentes sistemas que componen la planta de producción de bloques de concreto MEGA 1, están dispuestos de forma lógica con el fin de que esta distribución trabaje con base en la secuencia operativa de los diferentes subsistemas involucrados en el proceso de producción. Con fines ilustrativos, dicha distribución se presenta en la figura 1.31, la cual gráficamente permite visualizar cómo estos sistemas interactúan entre sí y se interconectan, permitiendo una vista general del flujo de trabajo dentro de la planta. Esta representación no solo es útil desde una perspectiva operativa, sino que también sirve como base para el análisis detallado que se desarrollará.

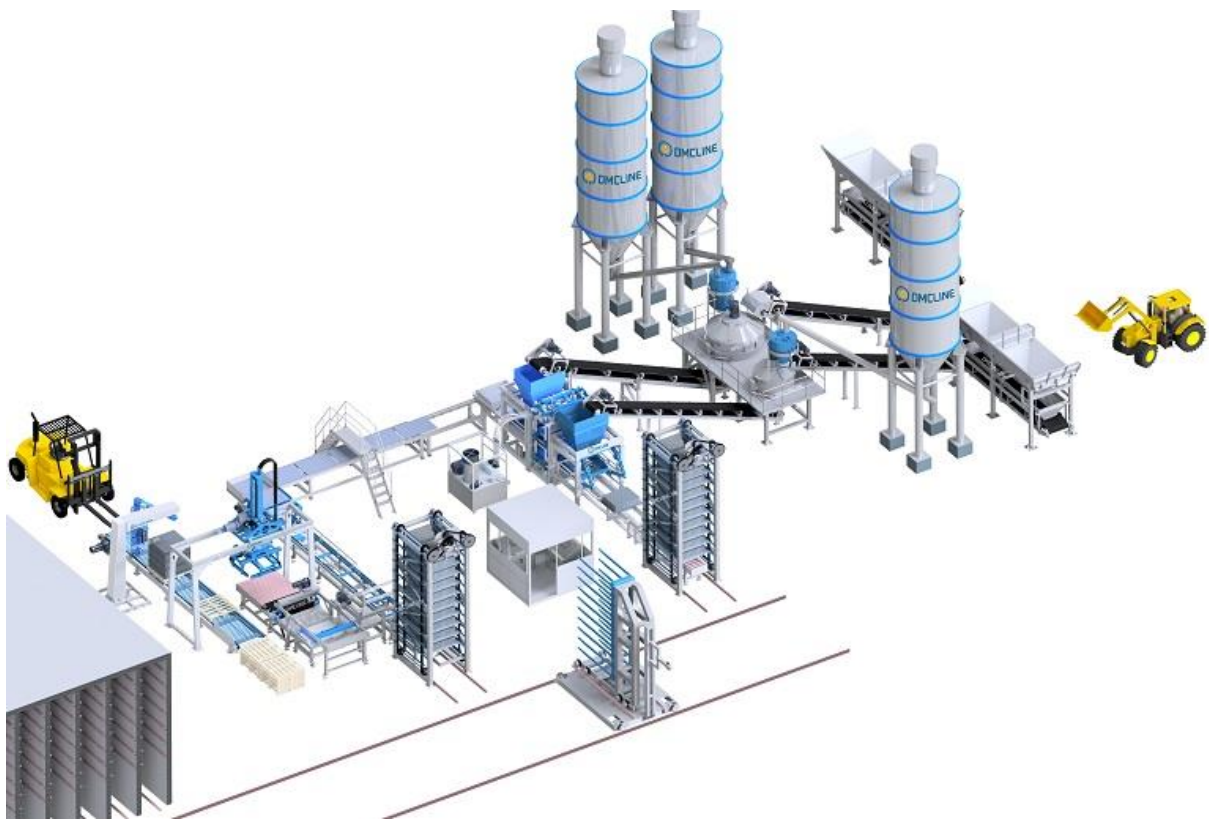


FIGURA 1.31. DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS (DCM LINE, 2018)

## 2. Marco teórico

**Eficiencia energética:** La industria consume un gran porcentaje de energía tanto renovable como no renovable. Por ello, apuntar a la eficiencia energética es un buen objetivo que debe plantearse la industria y emplearse en los diferentes sistemas de productividad y fabricación.

Para lograr el objetivo de reducir el consumo de energía en general, y de electricidad en particular, existen medidas de eficiencia energética en la industria que ya han de mostrado ofrecer buenos resultados. Y no importa el sector o las características de la fábrica o industria, si se emplean se puede alcanzar la eficiencia energética. (Bayar, 2019); (Fan, 2018)

### 2.1. Tipos de eficiencia energética usados en la industria

Se pueden distinguir los siguientes tipos de eficiencia energética en la industria, en función de los indicadores que esta desee aplicar:

**Eficiencia energética técnica:** La eficiencia energética técnica se basa en indicadores que correlacionan las entradas y salidas (inputs y outputs) de los elementos físicos involucrados en los procesos industriales. Por ejemplo, las entradas suelen ser materias primas, energía, etc., mientras que las salidas pueden ser los productos generados por un proceso de fabricación. Este tipo de eficiencia energética se logra al reducir la cantidad de inputs, pero siempre que se mantengan los mismos outputs, o al mantener la cantidad de inputs, pero aumentando los outputs. En la optimización de esta correlación entre inputs y outputs, intervienen factores claves como el tipo de tecnología sostenible utilizada, el diseño de los procesos, los protocolos operacionales, etc. (Basak, 2018)

**Eficiencia energética económica:** En la eficiencia energética económica se correlacionan los indicadores de costes con los de producción. El objetivo es lograr el equilibrio más beneficioso posible entre coste/producción al generar los bienes o servicios. Es importante destacar que el beneficio neto no solo se logra en términos de ahorro económico, sino también en la maximización de la productividad al optimizar el uso de ciertos inputs para producir un output. Ese aumento de la productividad conlleva per se a un incremento de la competitividad en el mercado, por ejemplo, gracias a una escalada en las operaciones o a un mejor aprovechamiento de los recursos. Por tanto, a mayor competitividad, mayor utilidad. Lo que es la eficiencia energética económica se hace mucho más evidente en las industrias que tienen un uso más intensivo de energía. Esto se debe a que, mientras más energía se consume, cualquier mínima variación en dicho consumo hace que los beneficios netos sean escalablemente más significativos. Para gestionar la eficiencia energética económica, las industrias deben trabajar en optimizar múltiples áreas, como la transformación digital, la inversión en I+D, la innovación de procesos, etc. Por ejemplo, las tecnologías que mejor relación ofrecen entre

eficiencia energética y tiempos de recuperación de la inversión son, principalmente, los sistemas de control integral de procesos y los contadores por intervalos, los cuales permiten optimizar el consumo de energía de forma más ágil con periodos cortos de ROI. En segundo lugar, podemos destacar los sistemas de monitorización de gas cloro (para hornos y calderas) y los quemadores de alta eficiencia (para hornos). (Zhang Y. &, 2021)

**Eficiencia energética medioambiental:** La eficiencia energética medioambiental está muy relacionada con la eficiencia técnica, pero, en este caso, se correlacionan los indicadores de las emisiones de gases contaminantes con los de producción. Es decir, cuánto deja de contaminar una empresa por cada output (ya sea bien o servicio) de su proceso productivo. Para alcanzar este ejemplo de eficiencia energética, las empresas pueden tomar varios caminos, como la actualización al uso de tecnologías verdes, la introducción de materiales más eficientes en los procesos productivos, la optimización de los procesos industriales, el máximo aprovechamiento de los recursos, etc. De esta manera, al tener como base una serie de consideraciones medioambientales en todo el ciclo de vida transformacional de los inputs a outputs, las industrias logran mantener un mismo uso de la energía para sus procesos productivos, pero con una reducción significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases contaminantes. (Li, 2022)

## 2.2. Índices de eficiencia energética.

Los índices de eficiencia energética son medidas cuantitativas que se utilizan para evaluar el rendimiento y la eficiencia en el uso de la energía en diversos sistemas, procesos o equipos. Estos índices proporcionan una forma de cuantificar la relación entre la energía utilizada y los resultados obtenidos, permitiendo identificar oportunidades de mejora y optimización en el uso de los recursos energéticos. (Santamarina, 2020)

Los índices de eficiencia energética pueden aplicarse en una amplia variedad de contextos, desde el diseño de edificios y sistemas de transporte hasta la operación de procesos industriales y la fabricación de gran variedad de productos, por lo cual se ha tomado a bien esta aplicación para el proceso productivo de una planta de producción de bloques de concreto. Algunos de los índices que son más comunes son:

**Consumo específico de energía:** Es la cantidad de energía utilizada por unidad de producción o actividad. Por ejemplo, en el sector industrial, puede medirse en kWh/tonelada de producto fabricado.

**Rendimiento energético:** Es la relación entre la energía útil producida o entregada y la energía total consumida. Por ejemplo, en el caso de un motor, el rendimiento energético se calcula como la potencia de salida dividida por la potencia de entrada. (López, 2020), (Smith T. &, 2020)

**Factor de carga:** Es la proporción de la carga máxima o nominal que se está utilizando en un sistema en un momento dado. Un factor de carga bajo puede indicar subutilización de equipos y, por lo tanto, oportunidades de mejora en la eficiencia energética. (Capehart, 2020); (Smith T. &, 2020)

**Intensidad energética:** Es la cantidad de energía consumida por unidad de actividad económica o producción, como el PIB. Se utiliza para evaluar la eficiencia energética a nivel macroeconómico y para comparar el rendimiento entre diferentes países o regiones. (López, 2020); (Patel, 2021)

**Emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de energía:** Este índice mide la cantidad de emisiones de dióxido de carbono generadas por la producción o consumo de una unidad de energía. Se utiliza para evaluar el impacto ambiental del uso de energía y para monitorear el progreso hacia objetivos de reducción de emisiones. (Santamarina, 2020); (Wang Q. &, 2020)

La aplicación de índices de eficiencia energética puede proporcionar una serie de beneficios, incluyendo la reducción de costos operativos, la mitigación de impactos ambientales, el cumplimiento de regulaciones y estándares, y la mejora de la competitividad. Además, pueden ser herramientas útiles para la toma de decisiones estratégicas en la planificación y gestión de recursos energéticos. Por lo tanto, es importante desarrollar y utilizar índices de eficiencia energética adecuados y relevantes para cada contexto específico, con el fin de maximizar los beneficios y lograr objetivos de sostenibilidad y eficiencia. (European Commission., 2020) (International Energy Agency, 2018)

### **2.3. Proceso de creación de índices de eficiencia energética**

La creación de un índice de eficiencia energética requiere comprender cómo consume energía un sistema o aparato específico. Esto incluye medir el uso de electricidad y la eficiencia operativa de los dispositivos que consumen la energía. Para calcular la eficiencia energética, el consumo de energía se divide entre la producción de energía para determinar la energía utilizada en cada tarea. Este índice de eficiencia energética puede ayudar a medir el consumo de energía de cualquier aparato o sistema, desde electrodomésticos hasta equipos industriales. Comprender el rendimiento energético y los costes de la energía puede ayudar a garantizar que la energía se utiliza de la forma más eficiente, ahorrando dinero y reduciendo las emisiones. (Zhou, 2019)

Posteriormente se comparan estos datos con los estándares del sector, teniendo en cuenta cualquier factor adicional que pueda influir en el consumo de energía, como el clima y la ubicación. El índice de eficiencia energética (IEE) es un método comúnmente utilizado para esta comparación, ya que permite calcular el consumo de energía en relación con la producción de energía. Este índice energético se utiliza después para medir la eficiencia energética y puede compararse fácilmente entre sectores y regiones, lo que permite mejorar la eficiencia energética a lo largo del tiempo. Además, el

IEE tiene en cuenta los costes relacionados con la energía, como la producción y la transmisión de energía, lo que lo convierte en una herramienta eficaz para evaluar la eficiencia energética en distintas regiones. (Energy, 2019)

Por último, se asigna una puntuación que refleja lo eficiente que es el sistema o dispositivo en comparación con las normas del sector, proporcionando un Índice de Eficiencia Energética numérico global que puede utilizarse con fines de referencia y comparación. Además, el índice de eficiencia energética es una puntuación numérica asignada a sistemas y dispositivos que refleja la eficiencia energética de ese sistema o dispositivo en comparación con las normas del sector. Este índice proporciona una herramienta útil a efectos de referencia y comparación, ayudando a proporcionar una clasificación general de la eficiencia energética de los distintos sistemas y dispositivos. (International Energy Agency, 2018) (United Nations., 2020)

El proceso de creación de índices de eficiencia energética implica varias etapas que van desde la recopilación de datos hasta el análisis y la implementación de medidas de mejora. (Phylipsen, 2020), (Wang H. &, 2018). A continuación, se describen las estas etapas de este proceso:

**Identificación de variables relevantes:** En esta etapa, se identifican las variables clave que afectan el consumo de energía en el sistema, proceso o equipo que se desea evaluar. Esto puede incluir parámetros de operación, características del equipo, condiciones ambientales y factores externos que influyen en el consumo de energía.

**Recopilación de datos:** Se recopilan datos relevantes sobre el consumo de energía y las variables identificadas en la etapa anterior. Esto puede implicar la instalación de dispositivos de medición, como medidores de energía eléctrica, medidores de flujo de gas o combustible, y sensores de temperatura, presión u otros parámetros relevantes.

**Normalización de datos:** Los datos recopilados pueden necesitar ser normalizados para eliminar efectos de factores externos que podrían influir en el consumo de energía, como variaciones estacionales, cambios en la producción o condiciones ambientales. Esto asegura que los índices de eficiencia energética reflejen adecuadamente el rendimiento del sistema o equipo en condiciones comparables.

**Cálculo de índices de eficiencia:** Se calculan los índices de eficiencia energética utilizando fórmulas específicas que relacionan el consumo de energía con las variables relevantes identificadas. Por ejemplo, para calcular el consumo específico de energía, se divide la cantidad total de energía consumida por la producción o actividad realizada durante un período de tiempo determinado.

**Análisis e interpretación de resultados:** Se analizan los índices de eficiencia energética calculados para identificar patrones, tendencias y áreas de oportunidad para mejorar la eficiencia energética. Esto puede implicar la comparación de los resultados con estándares de la industria, o con metas de eficiencia energética establecidas por la organización.

**Identificación de medidas de mejora:** Con base en los resultados del análisis, se identifican medidas específicas para mejorar la eficiencia energética, como la optimización de procesos, la actualización de equipos, la implementación de prácticas de operación más eficientes o la inversión en tecnologías más avanzadas.

**Implementación y seguimiento:** Se implementan las medidas de mejora identificadas y se monitorea continuamente el desempeño energético para asegurar que se mantengan los niveles de eficiencia alcanzados. Esto puede incluir la capacitación del personal, la realización de ajustes operativos y la instalación de sistemas de gestión energética para controlar y optimizar el consumo de energía de manera continua.

**Reevaluación y ajuste:** Se realiza una reevaluación periódica de los índices de eficiencia energética para verificar el impacto de las medidas de mejora implementadas y realizar ajustes adicionales según sea necesario. Este proceso de mejora continua asegura que se maximice el rendimiento energético y se mantenga la competitividad a largo plazo.

### **2.3.1. Ventajas de comprender los índices de eficiencia energética**

**Optimización del uso de recursos:** Comprender los índices de eficiencia energética permite identificar oportunidades para optimizar el uso de recursos energéticos. Esto incluye la reducción del consumo de energía en sistemas, procesos o equipos específicos, lo que a su vez puede resultar en ahorros económicos significativos y una menor dependencia de los recursos energéticos. (European Commission., 2020)

**Reducción de costos operativos:** Al mejorar la eficiencia energética, las empresas y organizaciones pueden reducir sus costos operativos asociados con el consumo de energía. Esto incluye la disminución de gastos en electricidad, combustibles y otros recursos energéticos, lo que puede aumentar la rentabilidad y la competitividad. (Fan, 2018)

**Cumplimiento de regulaciones y estándares:** Comprender y aplicar índices de eficiencia energética ayuda a las organizaciones a cumplir con regulaciones gubernamentales y estándares de la industria relacionados con el uso eficiente de la energía y la reducción de emisiones contaminantes. Esto puede

evitar multas y sanciones, así como mejorar la reputación y la imagen corporativa. (Standardization, 2019)

**Sostenibilidad ambiental:** Mejorar la eficiencia energética contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos asociados con la producción y el consumo de energía. Esto promueve la sostenibilidad ambiental al reducir el impacto negativo en el medio ambiente y contribuir a la mitigación del cambio climático. (Zhang X. &, 2019)

**Mejora de la competitividad:** Las empresas y organizaciones que adoptan prácticas de eficiencia energética pueden mejorar su competitividad en el mercado al reducir costos, aumentar la productividad y cumplir con las expectativas de los clientes y partes interesadas relacionadas con la sostenibilidad y la responsabilidad social corporativa. (Porter, 2020)

**Innovación tecnológica:** La comprensión de los índices de eficiencia energética puede impulsar la innovación tecnológica al motivar el desarrollo y la adopción de tecnologías más eficientes en términos energéticos. Esto puede conducir a la creación de nuevos productos, servicios y soluciones que sean más sostenibles y rentables en el largo plazo. ((IEA), 2020)

Comprender los índices de eficiencia energética ofrece una serie de ventajas significativas tanto a nivel individual como organizacional y global. Ventajas que van desde la reducción de costos operativos y el cumplimiento normativo hasta la promoción de la sostenibilidad ambiental y la mejora de la competitividad empresarial. Por lo tanto, es fundamental para las empresas y sociedades en general promover y aplicar prácticas de eficiencia energética en todas las áreas de actividad. (Erol, 2018) (Jannuzzi, 2018)

#### **2.4. Mantenimiento industrial**

La gestión efectiva de los activos y la infraestructura industrial es esencial para garantizar la confiabilidad, disponibilidad y rendimiento óptimo de los equipos en entornos industriales. Para lograrlo, se recurre a un conjunto de actividades conocidas como mantenimiento industrial. Este enfoque no solo busca prevenir fallos y averías, sino también prolongar la vida útil de los activos y minimizar los tiempos de inactividad no planificados.

Dentro del ámbito del mantenimiento industrial, se han desarrollado diversas metodologías, cada una con enfoques específicos para abordar los desafíos presentes en diferentes industrias. Desde inspecciones periódicas hasta actualizaciones de software, las actividades de mantenimiento abarcan un amplio espectro de acciones destinadas a asegurar el correcto funcionamiento de maquinaria, equipos e instalaciones.

Estas prácticas son vitales en industrias como la manufactura, la energía, la petroquímica y la automotriz, donde la eficiencia operativa es fundamental para el éxito del negocio. Clasificado en tipos como mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, cada uno de ellos tiene su lugar en la estrategia general de mantenimiento, contribuyendo a maximizar la eficiencia y la productividad de las operaciones industriales. (Kumar, 2019); (Moubray, 2019)

A continuación, exploraremos algunas de las principales metodologías y sus aplicaciones principales

## **2.5. Metodologías de mantenimiento**

### **2.5.1. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo es aquel que busca reparar los errores, desperfectos o averías que un equipo o herramienta puede presentar, sin importar si continúa funcionando o no. Este tipo de mantenimiento es considerado el más antiguo conocido y el único que se aplicaba hasta los tiempos de la Primera Guerra Mundial, dado que en ese entonces las máquinas y herramientas eran lo bastante simples como para sólo esperar a que una falla se manifestara. Se puede entender el mantenimiento correctivo como la simple reparación de algo averiado. Dada su naturaleza, su necesidad es imposible de predecir y planificar en el tiempo, por lo que suele implementarse en escenarios de urgencia o incluso de catástrofe, e implica el cambio de piezas y repuestos del equipo, así como la asistencia de personal especializado. (Abduljabbar, 2018)

El mantenimiento correctivo es uno de los más practicados por la industria, aunque no siempre es el más adecuado, ya que puede presentar riesgos para toda la operación. Los costos por reparación, repuestos no presupuestadas y el cambio de piezas del equipo, aunque en algunos casos es inevitable, el mantenimiento correctivo acaba teniendo un gran impacto financiero en las empresas, también suele implicar un paro prolongado del equipo. Un porcentaje significativo de estas fallas puede evitarse si se aplican planes de mantenimiento preventivo. (Liyana, 2018)

El mantenimiento correctivo siempre tiene como objetivo recuperar las condiciones operativas del equipamiento, restableciendo su funcionalidad, para que no se generen costos sorpresivos con la reposición del artículo. El mantenimiento correctivo suele dividirse en dos tipos:

#### **Mantenimiento correctivo no planificado**

También conocido como impredecible, ocurre cuando los equipos sufren una avería que a menudo resulta en tiempo de inactividad. Este tipo de mantenimiento no planificado puede ser el resultado de un fallo prematuro de las piezas o de la falta de supervisión del rendimiento del equipo. Independientemente de la causa, tiende a ser caótico, ya que las reparaciones se realizan de forma urgente. (Moubray, 2019)

## **Mantenimiento correctivo planificado**

La corrección planificada ocurre cuando se detecta una disminución en el rendimiento de un equipo. Por lo tanto, las intervenciones no son de emergencia y pueden programarse. Sin embargo, cuando un equipo funciona con un rendimiento menor, se pierde de dos maneras. En primer lugar, está la caída de la productividad debido al mal rendimiento, y, en segundo lugar, el equipo es esencialmente una bomba de tiempo, lo que significa que puede detenerse en cualquier momento. ((NIST), 2019)

Algunas de las aplicaciones del mantenimiento correctivo planificado pueden ser en las siguientes situaciones: Cuando el costo total de las paradas ocasionadas sea menor que el costo total de las acciones preventivas. Esto suele darse en sistemas secundarios cuya avería no afecta significativamente a la producción. Normalmente, este tipo de mantenimiento es el más aplicado en la mayoría de las industrias. Puede aplicarse en equipos donde se disponga de varias piezas de repuesto que puedan reemplazarse rápidamente cuando fallan. Se puede adoptar en equipos cuyo rendimiento decreciente no represente problemas de seguridad ni afecte a la productividad en general. Sin embargo, es importante tener en cuenta que cuando se detecta una disminución del rendimiento, el mantenimiento debe realizarse lo antes posible para evitar problemas importantes. (ausand, 2020)

### **El mantenimiento "Run to Failure" (RTF).**

También conocido como mantenimiento hasta que se presenta la falla, es una estrategia reactiva que consiste en que los equipos o componentes operan hasta que se produzca una falla completa, sin realizar intervenciones preventivas. Su enfoque es meramente correctivo, ya que la reparación o el reemplazo se realizan únicamente después de que ocurre la falla. Se caracteriza por su simplicidad, ya que no requiere ningún tipo de monitoreo constante ni planificación preventiva, y suele tener costos de mantenimiento bajos inicialmente. Sin embargo, los costos pueden aumentar considerablemente si las fallas son graves o causan tiempos de inactividad prolongados.

Este se aplica principalmente en equipos no críticos, donde las fallas no afectan significativamente el proceso de producción, o los costos operativos ni la seguridad de los operadores. Es especialmente adecuado cuando los costos de reparación son bajos y la intervención puede realizarse rápidamente sin mayores impactos en la operación. Es importante asegurarse que estas fallas no comprometan la seguridad de los trabajadores ni del entorno, lo que lo hace no aplicable para equipos críticos o de alta importancia en los procesos productivos.

## **Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo**

### **Ventajas** (Bamber, 2021) (Wamba, 2020)

1. No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.
2. Las soluciones a fallas de equipos suelen estar documentadas, lo que facilita la solución del problema.
3. No es necesario sustituir el equipo viejo por uno nuevo para seguir con la producción.
4. Permite que el equipo o la máquina continúen funcionando sin necesidad de reemplazarla por otra nueva.
5. Tienen casi siempre una solución concreta (de tenerla) que radica en el reemplazo del repuesto adecuado o su reparación.
6. No implica costos extra mientras la falla no se produzca.
7. Máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos.
8. Suele ser el más común de los mantenimientos.
9. No necesita de planificación elaborada ya que consiste en corregir fallas observadas en el momento.

### **Desventajas** (National Research Council, 2019) (Martinez, 2021)

1. Las averías se presentan de forma imprevista lo que origina trastornos a la producción.
2. Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir, lo que implica la necesidad de un “stock” de repuestos importante.
3. Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.
4. El tiempo para la reparación de la falla puede llegar a variar y ser muy grande, lo que implica pérdidas en la productividad.
5. Siempre se trata de un desperfecto que ocurre sin aviso previo, lo que significa que puede ocurrir en momentos críticos.
6. En algunos casos, el equipo estará inútil hasta que no se lleve a cabo el mantenimiento correctivo o reparación.
7. No protege ni cuida los equipos, por lo que no tiene impacto en su vida útil.
8. Sus costos en tiempo y dinero pueden ser impredecibles, y suelen ser siempre mayores a largo plazo.
9. Normalmente se requiere de la intervención de un especialista, lo que implica altos costos de mano de obra.

### **2.5.2. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza de manera anticipada con el fin de prevenir averías en los artefactos, equipos electrónicos, vehículos automotores, maquinarias pesadas, etcétera. Algunas acciones del mantenimiento preventivo son: ajustes, limpieza, análisis, lubricación, calibración, reparación, cambios de piezas, entre otros. ((NIST), 2019)

El costo del mantenimiento preventivo se calcula a través del tiempo de ejecución de los especialistas en mantenimiento y tiempo de los ayudantes, así como, el inventario de repuestos.

Por ejemplo: “En los automóviles, cambio de filtros, lubricación, etcétera, cada repuesto posee un costo diferente”. El mantenimiento preventivo se efectúa periódicamente y tiene como objetivo detectar fallas que puedan llevar al mal funcionamiento del objeto. De esta manera se evitan altos costos de reparación y se disminuye la probabilidad de imprevistos. Asimismo, permite una mayor durabilidad de los equipos e instalaciones y mayor seguridad para los trabajadores, sobre todo en el caso de aquellos empleados que laboran en industrias con maquinarias compleja. (Abduljabbar, 2018)

En otras palabras, el mantenimiento preventivo abarca las distintas medidas que se pueden tomar en previsión del daño de equipos y maquinarias, en lugar de esperar a que ocurra para luego arreglarlo. En este punto es donde radica la diferencia fundamental con el mantenimiento correctivo, que vendría a ser el que se les hace a los equipos que ya presentan daños o desperfectos. El mantenimiento preventivo suele consistir en diversos métodos de preservación de componentes y de su funcionalidad, a menudo recomendados por el propio fabricante del equipo, o bien por consejo de especialistas y expertos en la materia. (Moubray, 2019)

Como su nombre lo indica, el objetivo primordial del mantenimiento preventivo es prevenir el desperfecto, o al menos retrasar lo más posible su aparición, evitando así o al menos mitigando sus consecuencias. Para ello, se deben tomar las medidas de sustitución (cambio de piezas desgastadas, lubricantes quemados, etc.), añadidura (incorporación de sustancias faltantes, etc.) o limpieza (eliminación de residuos, etc.) que sean necesarias para prolongar la vida útil de los equipos y las herramientas. (Nordin, 2019)

#### **Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo**

**Ventajas** (Jardine, 2020); (Koul, 2019)

1. Menos tiempo de inactividad del equipo.
2. Menos interrupciones en las operaciones críticas.
3. Mayor vida útil de los activos.

4. Eficiencia mejorada (los activos en buen estado tienden a operar mejor).
5. Se tiene un mayor control del estatus de los equipos, ya que al realizarse constantemente se puede saber qué equipos ya pueden comenzar a deteriorarse.
6. Alarga la vida útil de los equipos, ya que reduce el riesgo de fallos.
7. Al ser un mantenimiento programado, se puede considerar el tiempo necesario para detener la producción sin que haya muchas pérdidas.

**Desventajas** (Chong, 2020) (Jardine, 2020)

1. Costos iniciales de mantenimiento preventivo regularmente requieren una inversión inicial elevada.
2. Requiere más mano de obra, por lo que se necesita suficiente personal disponible.
3. Potencial de mantenimiento excesivo, se pueden hacer cosas que posiblemente no sea necesario hacerlas.
4. Si se desconocen las condiciones reales de los equipos, puede hacer que los planes de mantenimiento preventivo sean ineficientes.

**2.5.3. Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo, una metodología asociada con las prácticas preventivas y anticipadas en la industria, se destaca por su enfoque en la prevención de daños y la predicción de fallas. Se basa en un seguimiento periódico mediante análisis de vibraciones, ultrasonidos, inspección visual o técnicas de análisis no destructivas, sin necesidad de establecer un programa de inspección fijo. Esta estrategia de mantenimiento promueve una cultura de monitoreo constante, lo que permite detectar problemas de manera proactiva y tomar medidas preventivas. (Liyanage, 2018)

El mantenimiento predictivo se desarrolló en la industria en la década de 1980 y se aplica actualmente en plantas con una gestión optimizada de activos. Utiliza instrumentación técnica de medición y análisis de variables para caracterizar en términos de fallos potenciales la condición operativa de los equipos productivos. Su objetivo principal es optimizar la fiabilidad y disponibilidad de equipos al mínimo costo, lo que conlleva grandes ahorros a lo largo del tiempo.

Este tipo de mantenimiento se centra en las condiciones reales de los activos para reducir la probabilidad de fallos, desgaste y daños en los equipos. Permite un diagnóstico anticipado y la realización de acciones adecuadas para evitar la detención del equipo. Por ejemplo, mediante la termografía, ultrasonido, análisis de aceite, vibración y temperatura, se puede determinar la necesidad de revisión de la máquina, evitando así el desmontaje innecesario y aumentando la durabilidad de los equipos. (Srinivas, 2018)

Para llevar a cabo esta metodología, es necesario establecer un plan para evaluar las estrategias y técnicas a utilizar, recopilar y analizar datos, verificar continuamente las máquinas y realizar mantenimiento predictivo de manera regular. Este enfoque proporciona una mayor confiabilidad a los equipos y optimiza el proceso productivo en función de los datos recopilados.

### **Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo**

#### **Ventajas** (Kumar, 2019) (Jardine, 2020)

El mantenimiento predictivo ofrece ventajas significativas al permitir la detección temprana de fallas mediante el monitoreo continuo de los equipos, lo que optimiza la disponibilidad y prolonga la vida útil de los activos. Asimismo, mejora la seguridad laboral al reducir la probabilidad de fallas inesperadas, asegurando una operación más segura y eficiente.

1. **Mayor confiabilidad:** Los instrumentos utilizados en el mantenimiento predictivo son de alta calidad y proporcionan información precisa sobre el estado de las máquinas. Esto permite tomar decisiones precisas sobre el tiempo y los recursos a invertir en el mantenimiento.
2. **Menores costos de mantenimiento:** Al realizar seguimientos específicos a los equipos, se reducen significativamente los costos de mantenimiento correctivo, ya que las reparaciones de último momento suelen ser las más costosas.
3. **Menor tiempo de mantenimiento:** Al cambiar solo los repuestos necesarios en el momento adecuado, se reducen considerablemente los tiempos de mantenimiento, lo que contribuye a una mayor eficiencia en la producción.
4. **Reducción de la cantidad de recursos humanos:** El mantenimiento predictivo requiere menos personal activo en comparación con el mantenimiento correctivo y preventivo, lo que resulta en una reducción de los trabajos urgentes y una optimización del personal de mantenimiento en la empresa.

#### **Desventajas** (Jardine, 2020); ((NIST), 2019)

A pesar de sus numerosas ventajas, el mantenimiento predictivo también presenta ciertas desventajas técnicas y operativas que deben evaluarse cuidadosamente.

1. **Alta inversión inicial:** Los equipos utilizados en el mantenimiento predictivo pueden ser costosos, lo que requiere una inversión significativa al principio.
2. **Requiere personal calificado:** La implementación efectiva del mantenimiento predictivo requiere personal calificado para recopilar y analizar los datos, así como una inversión en la capacitación del personal regular.

3. No aplicable para todas las empresas: El mantenimiento predictivo puede no ser adecuado para todas las empresas debido a las diferencias en los enfoques y las necesidades específicas de cada industria. Además, su implementación requiere una cooperación adecuada entre diferentes áreas dentro de la empresa, lo que puede ser difícil de lograr en algunas organizaciones.
4. A pesar de estas desventajas, los beneficios del mantenimiento predictivo son significativos y pueden contribuir en gran medida a la eficiencia y rentabilidad de una empresa.

#### **2.5.4. Mantenimiento basado en la condición**

El Mantenimiento Basado en Condición (MBC) se destaca como una estrategia clave en la gestión del mantenimiento, ya que centra sus resultados en el diagnóstico previo de los equipos e instalaciones. A diferencia de otras estrategias que se basan en diferentes principios, el MBC se fundamenta en la evaluación anticipada de los activos para determinar su disponibilidad, fiabilidad, costos de mantenimiento, vida útil, seguridad y su impacto ambiental. (Moubray, 2019)

Esta estrategia condicional, sustentada en el diagnóstico previo, reconoce que la vida útil de cada componente no puede determinarse de antemano. Por lo tanto, se adopta un enfoque proactivo que implica inspeccionar cada elemento utilizando diversas técnicas para evaluar su estado y decidir cuándo y si es necesario intervenir. Esto se logra mediante la utilización de inspecciones realizadas por el personal de operación, inspecciones detalladas por especialistas en mantenimiento, observaciones y mediciones con equipos de diagnóstico tanto fuera como dentro de línea. (Liyange, 2018)

El CBM tiene su principal enfoque en el constante monitoreo y evaluación del estado real del equipo mediante la medición de parámetros específicos (vibración, temperatura, presión, etc.) para identificar señales de deterioro o desgaste. El objetivo es realizar intervenciones de mantenimiento solo cuando los datos indiquen que el equipo está en condiciones que podrían llevar a una falla inminente. Esto permite optimizar el uso del equipo, evitar mantenimiento innecesario y reducir el tiempo de inactividad no planificado y aumentando la eficiencia operativa en la industria 4.0. Se aplica en industrias donde la fiabilidad y la eficiencia son críticas, como la petroquímica y la generación de energía. (Abduljabbar, 2018)

#### **Ventajas y desventajas del mantenimiento basado en condición**

### **Ventajas** (Banjevic, 2019); (Turner, 2020)

1. El Mantenimiento Basado en la Condición (MBC) ofrece una serie de beneficios significativos para la gestión de activos industriales. Estas ventajas son fundamentales para optimizar la eficiencia operativa y reducir los costos asociados con el mantenimiento y la producción.
2. Minimización de Tiempos de Inactividad: El MBC permite realizar el mantenimiento necesario en los equipos críticos de manera oportuna, lo que conduce a una mayor fiabilidad en el tiempo de actividad y la producción de los equipos. Esto se traduce en una reducción significativa de los tiempos de inactividad, lo que a su vez aumenta la productividad y la rentabilidad.
3. Optimización de Recursos: El enfoque basado en la condición evita la distribución y priorización innecesarias de horas de trabajo en equipos que no lo necesitan o no son críticos. Esto permite que el tiempo y el esfuerzo del personal se dirijan hacia tareas y proyectos que impulsen el negocio en general, maximizando así la eficiencia de los recursos disponibles.
4. Programación Eficiente: El mantenimiento basado en la condición genera eficiencia y mejora de la productividad al permitir que el trabajo se planifique y programe durante las horas oportunas que no afectan la operación. Esto significa que las actividades de mantenimiento se pueden realizar de manera más eficiente, minimizando cualquier impacto en las operaciones regulares.
5. Reducción de Interrupciones en la Producción: Algunos problemas identificados mediante el MBC pueden resolverse sin interrumpir las operaciones rutinarias. Esto garantiza una continuidad en la producción y reduce al mínimo cualquier interrupción que pueda afectar negativamente a la productividad.
6. Disminución en la Probabilidad de Fallas Estructurales: Los sensores de monitoreo de condición detectan los problemas en tiempo real, lo que permite una respuesta ágil antes de que los problemas empeoren. Esto ayuda a prevenir fallos estructurales graves que podrían resultar en tiempos de inactividad prolongados y costosos.

### **Desventajas** (Liu, 2021) (U.S. Department of Energy, 2020)

1. Aunque el Mantenimiento Basado en la Condición ofrece numerosos beneficios, también presenta algunas limitaciones que deben tenerse en cuenta:
2. Indicadores de Mantenimiento Imprevisibles: Existe la posibilidad de que ocurran problemas en los equipos que no estaban previstos en los indicadores de mantenimiento. Esto puede

dejar al personal de mantenimiento sin saber qué hacer y cómo resolver un problema, lo que puede resultar en tiempos de inactividad no planificados y costosos.

3. **Experiencia Necesaria del Personal:** Implementar y mantener un sistema de MBC requiere un nivel de experiencia técnica por parte del personal de mantenimiento. Esto incluye el manejo de herramientas y equipos especializados, así como la interpretación de datos de condición para tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento preventivo.

#### **2.5.5. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)**

Mientras que el CBM se enfoca en el estado actual del equipo para programar intervenciones de reparación o cambio de componentes, el RCM considera un enfoque más estratégico para determinar cuál es la combinación óptima de prácticas y técnicas de mantenimiento basadas en la criticidad y confiabilidad de los componentes del sistema.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) es una metodología de gestión de averías que se puede implementar en combinación con otras formas de mantenimiento para garantizar la fiabilidad y eficiencia de los activos físicos de una organización. Los principios fundamentales del RCM se centran en prolongar el intervalo entre las paradas programadas, apoyar a los profesionales involucrados en las operaciones, mejorar la productividad de la maquinaria, desarrollar un enfoque proactivo y organizado, y establecer tácticas eficientes para resolver fallas y problemas.

Este proceso se basa en la identificación detallada de los sistemas, sus límites, funciones y posibles fallas para cumplir con sus objetivos. Cada activo físico, como máquinas o herramientas, se analiza de manera individualizada, adaptando la estrategia de mantenimiento a sus necesidades específicas, componentes clave y amenazas potenciales para su funcionamiento óptimo. (Liyange, 2018)

El objetivo final del RCM es maximizar la disponibilidad de los equipos, reduciendo así la necesidad de reemplazar activos y disminuyendo los costos asociados. Este enfoque diferenciado del mantenimiento se destaca por su atención personalizada a cada activo, su importancia dentro del proceso global y la forma en que debe ser monitoreado y mantenido para garantizar su rendimiento óptimo. (Moubray, 2019)

#### **Ventajas y desventajas del mantenimiento basado en confiabilidad**

##### **Ventajas del (RCM) (Moubray, 2019) (Smith D. J., 2019)**

1. **Aumento de la eficiencia:** Al centrarse en la gestión del sistema y eliminar fallos, el RCM mejora la eficiencia del sistema y aumenta la actividad de rendimiento.

2. Reducción de costos: Elimina los fallos no deseados antes de que ocurran, reduciendo así los costos de mantenimiento y los recursos necesarios para las reparaciones.
3. Mejora de la productividad: Al mantener el sistema y reducir los fallos repentinos, se mejora la satisfacción del cliente y se aumenta la confiabilidad, lo que impulsa la productividad.
4. Sustitución de activos: Permite la sustitución de activos defectuosos por otros nuevos, mejorando las características y la capacidad de funcionamiento.

#### **Desventajas del (RCM) (Abduljabbar, 2018); ((NIST), 2019)**

1. Mantenimiento continuo: Requiere un mantenimiento regular y continuo para mantener los activos fiables y prevenir fallos.
2. Requiere formación y costes de puesta en marcha: La formación previa es necesaria, y los costes de implementación inicial pueden ser elevados.
3. Costes iniciales elevados: Requiere una inversión significativa de tiempo, dinero y recursos para realizar el análisis inicial, lo que puede retrasar el retorno de la inversión esperado.
4. Requiere tiempo y recursos: El análisis de RCM consume más tiempo y recursos en comparación con otras estrategias de mantenimiento.
5. No tiene en cuenta el coste de mantenimiento: Incorpora simultáneamente diversos tipos de estrategias de mantenimiento, lo que puede resultar en una percepción de ser costoso a corto plazo, pero más rentable a largo plazo.

#### **2.5.6. Rendimiento de equipos (efectividad, eficiencia y productividad).**

En la gestión de activos, es necesario trazar los objetivos que van a orientar las acciones que se han de tomar. El rendimiento de un equipo en una planta industrial se refiere a la medida de la eficacia y eficiencia con la que dicho equipo realiza sus funciones y contribuye al proceso productivo general. Este rendimiento puede evaluarse desde varios ángulos y dependerá del tipo de equipo y de los objetivos específicos que se proponen en el plan de mantenimiento y la efectividad con que estos se realizan en una planta de producción. (Solís-Meza, 2021)

**Efectividad:** Se refiere a la capacidad de lograr los resultados deseados. En el mantenimiento industrial, la efectividad se mide en términos de la capacidad de mantener la maquinaria y equipos en un estado operativo óptimo, minimizando las fallas y maximizando la disponibilidad de los activos. (Energy., 2021)

**Eficiencia:** Está relacionada con la optimización de los recursos utilizados para realizar las tareas de mantenimiento. Una operación de mantenimiento se considera eficiente cuando se logra el objetivo con el menor uso de recursos como tiempo, mano de obra, materiales y costos. (Omidvar, 2021)

**Productividad:** Se refiere a la capacidad de alcanzar los objetivos y metas predefinidos. En el mantenimiento industrial, la eficacia se mide en términos de la capacidad para realizar las tareas de mantenimiento de manera precisa y completa, asegurando que se cumplan los estándares de calidad y seguridad establecidos. (Rodrigues, 2021)

### **2.6. Industria 4.0 en el proceso productivo.**

La planta de producción de bloques de concreto Mega 1, para aplicar los principios de la Industria 4.0, necesita primero modernizar su infraestructura tecnológica, integrando soluciones que permitan la conectividad y el análisis en tiempo real de sus procesos de fabricación de bloques de concreto. Implementar el Internet de las Cosas (IoT) en las máquinas de producción, mezcladoras y sistemas de control de calidad permitiría monitorear de manera continua los parámetros críticos de producción, como el consumo de energía, la eficiencia de las máquinas y la calidad de los productos. Esto sería posible mediante redes robustas de comunicación industrial, como Wi-Fi industrial o 5G, para asegurar una conexión estable entre todos los dispositivos y sistemas de control. (Schwab, 2019)

Esta planta se beneficiaría grandemente al introducir robots y sistemas automatizados en las líneas de producción, lo que incrementaría la eficiencia en el manejo de materiales, la precisión en los procesos y la consistencia de los productos finales. La integración de sistemas ciberfísicos permitiría controlar de manera dinámica las variables de operación, optimizando el uso de materias primas, como el cemento y los agregados, en función de la demanda y condiciones específicas del proceso. (Bock, 2017)

El uso de una estrategia de mantenimiento predictivo sería esencial para reducir los tiempos de inactividad de los equipos críticos, como las máquinas de compresión de bloques, lo que incrementaría la disponibilidad operativa de la planta. Por medio del uso de sensores y análisis de datos, los equipos podrían programar el mantenimiento antes de que ocurra una falla, lo que resultaría en una reducción de costos operativos. (Mobley, 2019)

Además, la planta podría beneficiarse de la integración vertical con sistemas de gestión empresarial (ERP), permitiendo que los datos de producción se comuniquen directamente con el sistema de inventario y ventas, optimizando tanto la producción como la logística. La implementación de inteligencia artificial (IA) en el control de calidad permitiría detectar automáticamente fallos en los bloques producidos, mejorando la calidad del producto y reduciendo el desperdicio de material. (Porter, 2020)

En cuanto a la eficiencia energética, dado que uno de los objetivos es mejorar el consumo de energía y optimizar los costos operativos, la Industria 4.0 puede ayudar significativamente mediante la

introducción de gestión energética inteligente. Esto implicaría el monitoreo y control del consumo eléctrico en cada etapa del proceso, desde la mezcla hasta la compresión y el secado de los bloques, reduciendo picos innecesarios de energía y mejorando la sostenibilidad de la planta. (Zhang Y. &, 2021)

Por último, se debe trabajar en la capacitación del personal, ya que es fundamental que los operarios comprendan el uso de estas nuevas tecnologías y que la planta adopte una cultura de innovación y mejora continua. Con estos cambios, no solo mejoraría su eficiencia operativa, sino que también incrementaría su sostenibilidad y competitividad en el mercado de bloques de concreto, alineándose con los estándares modernos de la Industria 4.0.

Actualmente no se puede implementar los procesos de la industria 4.0 en esta planta de producción, ya que primero hay que crear el entorno y las bases para este cambio. Situación que por el momento no se ha considerado.

En la Tabla 2.1, se detalla un cuadro resumen comparativo de las diferentes estrategias de mantenimiento, sus características, ventajas y desventajas. Cuadro en el cual es fácil identificar las aplicaciones de cada uno de estos y las bondades que ofrecen en su correcta implementación.

**TABLA COMPARATIVA DE TECNICAS DE MATENIMIENTO INDUSTRIAL**

TIPO DE MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CORRECTIVO	Se realiza después de que se produce una falla o avería en el equipo.	No requiere costos adicionales si no hay averías. Puede prolongar la vida útil del equipo si se realiza de manera oportuna.	Interrupción imprevista de la producción. Puede causar daños mayores si no se soluciona a tiempo. Costos elevados de reparación y reemplazo de piezas.
PREVENTIVO	Se realiza de forma planificada con el objetivo de prevenir fallas antes de que ocurran. Incluye actividades de inspección, limpieza, lubricación y ajustes.	Reduce el riesgo de averías y paradas no planificadas Prolonga la vida útil del equipo Permite programar las actividades de mantenimiento de forma eficiente.	Costos de mantenimiento programados incluso cuando no hay problemas aparentes Puede no detectar todas las posibles fallas.
PREDICTIVO	Utiliza técnicas de monitoreo y diagnóstico para predecir cuándo ocurrirán las fallas, con base en el estado actual del equipo. Incluye análisis de vibraciones, termografía, análisis de aceite, entre otros.	Permite identificar problemas antes de que ocurran averías. Minimiza el tiempo de inactividad al anticipar las necesidades de mantenimiento. Optimiza los costos al realizar intervenciones solo cuando es necesario.	Requiere equipos y capacitación especializada para la implementación de las técnicas de monitoreo Puede ser costoso de implementar inicialmente.
DE CONDICIÓN	Se basa en la evaluación del estado actual del equipo a través de mediciones y pruebas específicas. Se	Permite detectar problemas incipientes antes de que se conviertan en fallas graves.	Requiere personal capacitado y equipos de medición específicos.

<b>TABLA COMPARATIVA DE TECNICAS DE MATENIMIENTO INDUSTRIAL</b>			
<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
	realiza cuando se detecta un cambio significativo en el comportamiento del equipo.	Minimiza el tiempo de inactividad al actuar de manera preventiva en función de los indicadores de condición. Ayuda a optimizar los programas de mantenimiento preventivo y predictivo.	Puede no ser adecuado para todos los equipos o entornos de trabajo.
<b>DE CONFIABILIDAD</b>	Se enfoca en maximizar la disponibilidad operativa del equipo, considerando tanto los aspectos técnicos como los organizativos y de gestión. Incluye la implementación de prácticas de mejora continua y la gestión de riesgos.	Mejora la fiabilidad y disponibilidad de los equipos. Reduce los costos totales de propiedad al optimizar los procesos de mantenimiento. Incorpora una visión integral que considera factores técnicos, humanos y organizativos.	Requiere un enfoque holístico y una cultura organizativa orientada a la mejora continua. Puede requerir cambios significativos en los procesos y prácticas existentes.

Tabla 2.1 Técnicas de mantenimiento Industrial

### **3. Materiales y métodos**

En el presente capítulo se detallan los materiales y métodos empleados para la construcción de índices de eficiencia energética que permitan la selección de una estrategia de mantenimiento idónea para la planta de fabricación de bloques de concreto “MEGA 1”. La eficiencia energética es un aspecto crucial en la industria manufacturera moderna, no solo por sus implicaciones económicas sino también por su impacto ambiental. En este contexto, la correcta gestión del mantenimiento de los equipos y procesos representa una diferencia significativa en el consumo energético global de la planta.

En este capítulo se proporciona una descripción clara y detallada de los procedimientos y herramientas utilizadas en la investigación, así como de los criterios y técnicas empleados para la recolección y análisis de datos. Para alcanzar los objetivos planteados, se ha llevado a cabo un enfoque metodológico riguroso que incluye la selección de indicadores clave de desempeño energético, la implementación de sistemas de monitoreo y control, y la aplicación de metodologías estadísticas y de ingeniería para el análisis de los datos recolectados.

En primer lugar, se describen los materiales necesarios para la implementación del estudio, incluyendo el equipamiento utilizado, los sistemas de monitoreo instalados y el software empleado para el análisis de datos. Seguidamente, se presenta la metodología adoptada para la recolección de datos, que abarca desde la identificación de las variables críticas hasta los procedimientos de muestreo y medición. A continuación, se detalla el proceso de construcción de los índices de eficiencia energética, haciendo énfasis en las técnicas de normalización y ponderación utilizadas para garantizar su representatividad y fiabilidad.

Finalmente, se expone el enfoque metodológico para la evaluación y selección de la estrategia de mantenimiento más adecuada, basado en el análisis multicriterio y la optimización de los índices de eficiencia energética obtenidos. Este capítulo proporciona así una base sólida y comprensible para la replicación y validación del estudio, asegurando la transparencia y la rigurosidad científica en cada etapa del proceso.

#### **3.1. Materiales**

- Documentación Técnica:
- Manuales de operación.
- Manuales de mantenimiento de los equipos.
- Registros históricos de mantenimiento.
- Normas de eficiencia energética aplicables

### 3.2. Métodos

En el cuadro de la figura 3.1 se detallan los pasos a seguir para la creación de un índice de eficiencia energética. Pasos que se seguirán para el caso particular del proceso productivo de bloques de concreto de la empresa “MEGA 1”.

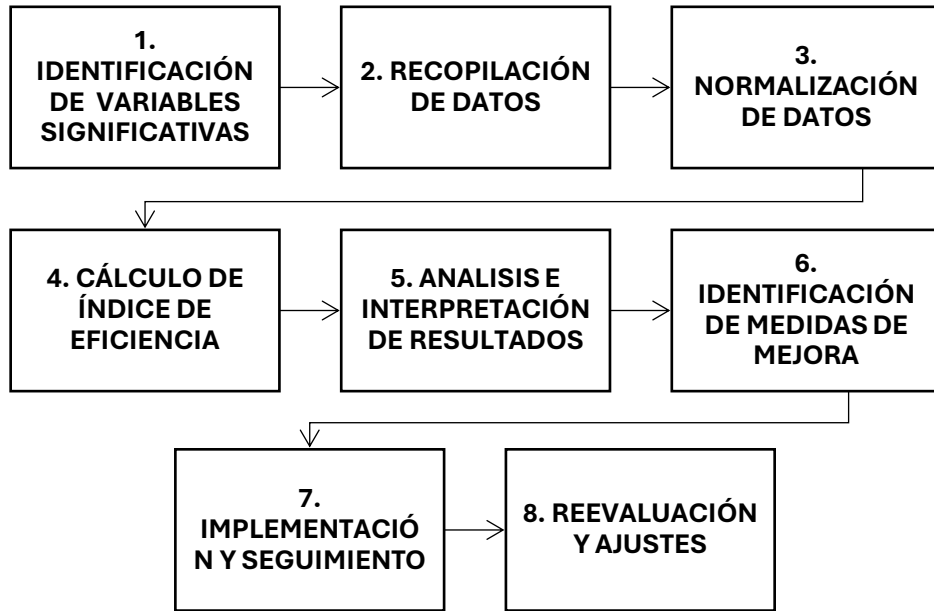


Figura 3.1 Proceso de creación de índice de eficiencia energética (Energy, 2019)

#### 3.2.1. Identificación de variables significativas.

Tomando como punto de partida las tablas y figuras detalladas en el Capítulo 1, se procede a desglosar los sistemas, subsistemas y componentes que influyen de manera significativa en el consumo de corriente dentro del sistema productivo. En la Figura 3.2. se destacan los siguientes elementos clave, que serán abordados en el capítulo 4.

SISTEMA	COMPONENTE	TIPO	#	APLICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	CORRIENTE NOMINAL
Componentes principales de silo primario	Compresor de aire	Eléctrico / Mecánico	1	Empuja el cemento	460 VAC / 7.5 HP / 35 - 40 CFM	9.78A
Componentes de banda transportadora	Guardamotor	Eléctrico	1	Protección de motor	460 VAC / 7.5 HP / 1800 rpm.	9.78A
	Motor	Eléctrico	2	Transmisión de potencia	460 VAC / 7.5 HP / 1800 rpm	9.78A

Figura 3.2 Identificación de variables significativas

Las variables significativas del proceso de producción de bloques de concreto en la planta MEGA1, son los motores que tengan un consumo de corriente mayor a 3A.

1. **Sistemas:** Se identifican los sistemas principales responsables del consumo energético, como el sistema de las bandas transportadoras, el sistema de compactación, etc. Cada uno de estos sistemas tiene un impacto directo en el consumo energético total.
2. **Componentes:** En cuanto a los componentes, se enuncian aquellos que juegan un papel crucial en la eficiencia energética. Estos pueden ser motores eléctricos, reductores de velocidad, ventiladores, compresores, bombas, intercambiadores de calor, entre otros.
3. **Tipo:** respecto al tipo de equipo, se clasifica por el tipo de trabajo que realiza, siendo así la clasificación puede ser Mecánico, eléctrico o electromecánico
4. **Cantidad:** se hace referencia puntual de la cantidad de equipos que tiene el sistema. En las tablas será representado por el icono #
5. **Aplicación:** se describe el tipo de trabajo que realiza.
6. **Características del Equipo:** Se mencionan características del equipo que influyen en su eficiencia y la capacidad operativa. Ejemplo *“bomba hidráulica 30 GPM 3500 PSI, puerto SAE 12 460VAC/60HP/1800”*
7. **Corriente nominal:** valor del consumo de corriente, calculado con la información de la placa del motor, valor estimado como optimo del consumo de corriente del elemento.

$$I_n = \frac{(HP \times 746)}{\sqrt{3} \times Voltaje \times FP \times FE}$$

Esta tabla, por consiguiente, será una herramienta para identificar de forma resumida los componentes que se han de evaluar respecto a la eficiencia energética, con que estos trabajan. En la figura 3.2 se muestra el orden en que se ha dispuesto cada uno de los aspectos que incluye en la tabla 4.1. que se desarrollará en el capítulo 4.

### 3.2.2. Recopilación de datos.

La recopilación de datos es un proceso esencial para determinar el consumo de corriente de los motores y otros equipos. Esta actividad implica obtener información detallada sobre las características específicas de cada equipo que afecta directamente su consumo energético, así como los parámetros operativos relevantes. El objetivo final es calcular la cantidad de kilovatios (kW) que cada motor consume.

## Pasos para el Cálculo del Consumo Energético

1. **Recopilación de Datos:** Los datos necesarios incluyen:

Potencia nominal del motor (HP): Este valor se obtiene de la placa de identificación de cada motor.

Corriente nominal de la red eléctrica (In): Para este caso, se utilizará un valor estándar de 440 VAC.

2. **Equivalencias y Fórmulas Aplicadas**

Equivalencia de Potencia: 1 HP = 746 W

3. Cálculo de la Corriente Nominal:

La corriente nominal (In) se calcula utilizando la siguiente fórmula: 
$$I_n = \frac{(HP \times 746)}{\sqrt{3} \times Voltaje \times FP \times FE}$$

Donde:

- HP es la potencia en caballos de fuerza.
- Voltaje es el valor nominal de la tensión en la red eléctrica (440 VAC en este caso).
- FP es el factor de potencia (asignado como 0.8).
- FE es el factor de eficiencia (también 0.8).
- Cálculo de la Potencia en Kilovatios (kW):

La potencia en kilovatios se calcula con la fórmula:

$$kW = voltaje \times corriente \times FP \times \sqrt{3}$$

La tabla que se presenta en el Anexo A, detalla un formato para la recolección de la información. Debido a que, en esta planta industrial, no existe un historial con la información que se requiere para la realización de los cálculos. Con este formato se recogerá la información en un rango de tiempo de 25 días y la medición de los parámetros eléctricos se realizará entre las 8:00 am y las 12:00 am. Los parámetros que se medirán son Tensión (V) y Corriente (A) en las 3 fases del suministro eléctrico. Continuando con la secuencia descrita en la figura 3.1. que describe el procedimiento del cálculo de los índices de eficiencia energética, en la Figura 3.3 se destacan los siguientes elementos clave, que serán desarrollados en el capítulo 4.

SISTEMA	COMPONENTE	CARACTERISTICAS	POTENCIA MECANICA	CORRIENTE NOMINAL	kW NOMINAL
COMPONENTES PRINCIPALES DE SILO PRIMARIO	Compresor de aire	460 VAC / 7.5 HP / 35 - 40 CFM	5.60	9.78	6.23
COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADORA	Guardamotor	460 VAC / 7.5 HP / 1800 rpm.	5.60	9.78	6.23
	Motor	460 VAC / 7.5 HP / 1800 rpm	5.60	9.78	6.23

Figura 3.3 Recopilación de datos

1. **Sistemas:** Se identifican los sistemas principales responsables del consumo energético, como el sistema de las bandas transportadoras, el sistema de compactación, etc. Cada uno de estos sistemas tiene un impacto directo en el consumo energético total.
2. **Componentes:** En cuanto a los componentes, se enuncian aquellos que juegan un papel crucial en la eficiencia energética. Estos pueden ser motores eléctricos, reductores de velocidad, ventiladores, compresores, bombas, intercambiadores de calor, entre otros.
3. **Características del Equipo:** Se mencionan características del equipo que influyen en su eficiencia y la capacidad operativa. Ejemplo “*bomba hidráulica 30 GPM 3500 PSI, puerto SAE 12 460VAC/60HP/1800*”
4. **Potencia Mecánica:** valor nominal de la potencia mecánica en la salida del eje del motor, expresado en kW.
5. **Corriente Nominal (A):** valor del consumo de corriente, calculado con la información de la placa del motor, valor estimado como optimo del consumo de corriente del elemento.
6. **kW nominal:** valor calculado de la potencia eléctrica, utilizando la información de los parámetros nominales del equipo.

### 3.2.3. Normalización de datos

Para la normalización de datos y tener un valor puntual, se ha tomado lectura de los consumos de corriente de los diferentes motores, la medición se ha realizado en las 3 fases de corriente, en un periodo de 25 días y se ha establecido un valor promedio para realizar otros cálculos que serán comparados con los valores obtenidos de los cálculos realizados con la corriente y tensión nominal.

Actualmente no se tiene ningún registro de que anteriormente estas mediciones se hayan realizado de forma programada y solo se realizan cuando se presenta la necesidad de hacerlo. Por tal razón se utilizará el formato del Anexo A que se señaló en el apartado 3.2.2 Recolección de datos. De esta forma se creará un registro de las mediciones de corriente de cada uno de los motores, del cual se obtendrán los valores promedio para poder realizar los nuevos cálculos.

En la figura 3.5. se muestra un ejemplo de las tablas donde se ha promediado el valor de la medición de corriente de consumo de los motores eléctricos. En el Anexo B. se muestran las tablas de los valores de las mediciones realizadas y los promedios obtenidos de dichas mediciones.

MEDICION DE VOLTAJE		SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)
FECHA	440 VDC	SILO PRIMARIO	COMPRESOR DE AIRE	1.0	7.5
FECHA		FECHA	(A) FASE A	(A) FASE B	(A) FASE C
7/5/2024	435.20	7/5/2024	11.3	11.3	11.1
8/5/2024	432.91	8/5/2024	9.3	9.0	10.6
9/5/2024	442.61	9/5/2024	10.9	10.2	9.3
10/5/2024	439.48	10/5/2024	10.1	10.2	10.4
11/5/2024	436.86	11/5/2024	11.1	10.9	11.3
12/5/2024	438.24	12/5/2024	10.7	10.4	11.1
13/5/2024	438.13	13/5/2024	10.1	10.2	9.6
14/5/2024	436.32	14/5/2024	11.1	9.8	10.9
15/5/2024	436.94	15/5/2024	9.0	10.9	9.5
16/5/2024	434.37	16/5/2024	10.0	10.0	10.0
17/5/2024	435.15	17/5/2024	9.2	9.3	10.5
18/5/2024	440.56	18/5/2024	11.2	11.3	10.4
19/5/2024	440.09	19/5/2024	10.5	9.1	10.5
20/5/2024	431.67	20/5/2024	10.9	10.7	9.1
21/5/2024	437.48	21/5/2024	9.7	10.4	9.0
22/5/2024	432.87	22/5/2024	10.5	11.2	10.6
23/5/2024	442.71	23/5/2024	11.3	9.7	10.3
24/5/2024	444.07	24/5/2024	10.2	9.8	10.2
25/5/2024	436.90	25/5/2024	9.0	9.3	9.7
26/5/2024	430.14	26/5/2024	10.7	11.4	10.2
27/5/2024	438.73	27/5/2024	10.7	10.1	11.1
28/5/2024	435.21	28/5/2024	9.8	10.8	9.4
29/5/2024	435.48	29/5/2024	10.5	9.8	11.4
30/5/2024	437.76	30/5/2024	10.9	10.1	10.0
31/5/2024	434.60	31/5/2024	10.3	10.9	10.4
<b>PROMEDIO</b>	<b>436.98</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>10.4</b>	<b>9.9</b>	<b>10.1</b>
				<b>10.4</b>	

Figura 3.4 Ejemplo de datos promedio calculados por motor

### 3.2.4. Cálculo de índice de eficiencia

Teniendo la potencia mecánica de un motor eléctrico y la cantidad de kW que consume, se puede obtener la eficiencia del motor. La eficiencia del motor es una medida que indica de qué tan bien convierte la energía eléctrica en energía mecánica útil. Aquí está el proceso para calcular la eficiencia y la información que se puede obtener:

#### Cálculo de la Eficiencia del Motor

La eficiencia del motor se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\eta_{motor} = \frac{W_{mecánica\ en\ el\ eje}}{W_{eléctrica}}$$

Donde:

- Potencia Eléctrica es la potencia de entrada del motor, valor calculado con el resultado de las mediciones realizadas.

$$kW \text{ electrico} = \text{voltaje} \times \text{corriente} \times FP \times \sqrt{3}$$

- Potencia mecánica: es el valor de potencia calculado en la salida del eje del motor.

Donde:

$$kW \text{ mecanico} = kW \text{ nominal} \times \text{factor de carga}$$

$$\text{Factor de carga } fc = \frac{W_{\text{eléctrica medida}}}{W_{\text{eléctrica de los datos de placa}}} = \frac{W_{\text{mecánica salida}}}{W_{\text{mecánica entrada}}}$$

Conforme lo detallado en la secuencia descrita en la figura 3.1. que describe el procedimiento del cálculo de los índices de eficiencia energética, se procede a realizar el cálculo de los índices de eficiencia En la Figura 3.5. se destacan los siguientes elementos que serán desarrollados en el capítulo 4

SISTEMA	COMPONENTE	POTENCIA MECANICA	CORRIENTE NOMINAL	CORRIENTE PROMEDIO (A)	kW NOMINAL	kW MEDIDO	FACTOR DE CARGA	kW MECANICA DE SALIDA	%
COMPONENTES DE CUBADOR	Motor de rotación	2.238	3.9	4.2	2.49	2.51	1.01	2.26	90%
COMPONENTES DE TRANSPORTADOR TIPO CADENA	Motor eléctrico	3.73	7.17	7.1	4.57	4.28	0.94	3.49	82%
COMPONENTES DE VOLTEADOR Y RECOLECTOR	Motor eléctrico	3.73	7.17	7.1	4.57	4.28	0.94	3.49	82%

Figura 3.5 Cálculo de eficiencia

1. **Sistemas:** Se identifican los sistemas principales responsables del consumo energético, como el sistema de las bandas transportadoras, el sistema de compactación, etc. Cada uno de estos sistemas tiene un impacto directo en el consumo energético total.
2. **Componentes:** En cuanto a los componentes, se enuncian aquellos que juegan un papel crucial en la eficiencia energética. Estos pueden ser motores eléctricos, reductores de velocidad, ventiladores, compresores, bombas, intercambiadores de calor, entre otros.
3. **Potencia Mecánica:** valor nominal de la potencia mecánica en la salida del eje del motor, expresado en kW.
4. **Corriente Nominal (A):** valor del consumo de corriente, calculado con la información de la placa del motor, valor estimado como optimo del consumo de corriente del elemento.

5. **Corriente promedio (A):** valor del consumo de corriente, obtenido de promediar el valor de las mediciones realizadas corriente del elemento.
6. **kW nominal:** valor calculado de la potencia eléctrica, utilizando la información de los parámetros nominales del equipo.
7. **kW medido:** valor calculado de la potencia eléctrica, utilizando la información de las mediciones realizadas del equipo.
8. **Factor de carga:** relación que permite medir el aprovechamiento de la capacidad instalada en un sistema eléctrico.
9. **Potencia mecánica de salida:** que representa el valor nominal de la potencia del motor en la salida del eje, expresado en kW obtenida del producto de la potencia mecánica del motor, multiplicada por el factor de carga calculado para el motor.
10. **Porcentaje de eficiencia:** La eficiencia del motor es un valor que indica de qué tan efectiva es la conversión de la energía eléctrica en energía mecánica útil.

### 3.2.5. Análisis e interpretación de resultados

El cálculo de la eficiencia de un motor eléctrico es una medida de indica el porcentaje de aprovechamiento de la energía eléctrica al convertirla en energía mecánica útil. Tomando como referencia los motores eléctricos a los cuales se les ha calculado una eficiencia mayor del 80%, se pueden señalar cosas importantes de las condiciones operativas de estos motores.

Solo el 20% o menos de la energía eléctrica se pierde en forma de calor, vibración, o ruido. Esto nos indica que el motor está bien diseñado y que tiene componentes de alta calidad que minimizan estas pérdidas. Motores que funcionan de forma eficiente consume menos energía eléctrica para realizar la misma cantidad de trabajo en comparación con un motor menos eficiente. Identificación de medidas de mejora

Una vez calculados los índices de eficiencia y el factor de carga de los distintos motores, se diagnostican los problemas a través del análisis de las ineficiencias, complementado con una auditoría de buenas prácticas operativas y mantenimiento adecuado. Las medidas de mejora identificadas deben evaluarse económicamente para asegurar su viabilidad técnica. El factor de carga y la eficiencia son indicadores clave para evaluar el uso eficiente de la energía eléctrica.

**Factor de carga:** Es una medida de la eficiencia que indica como se utiliza la energía eléctrica en un período de tiempo específico. Un factor de carga bajo indica que la carga no está exigiendo mucho esfuerzo sobre el sistema eléctrico, mientras que un factor de carga alto indica lo contrario, es decir que puede llegar al punto de sobrecarga.

**Eficiencia:** Es la capacidad de un motor eléctrico para convertir la potencia eléctrica que recibe en potencia mecánica útil.

El factor de carga influye directamente en la eficiencia de un motor eléctrico. Como se muestra en la figura 3.6, cuando el factor de carga está en el rango óptimo (75%-100%), el motor opera de manera eficiente. Sin embargo, si el factor de carga es menor al 50%, la eficiencia cae bruscamente debido a que las pérdidas fijas (como fricción y pérdidas en los devanados) se vuelven más significativas en relación con la carga. Esto genera un mayor desperdicio de energía y aumenta el riesgo de sobrecalentamiento, lo que afecta tanto el rendimiento como la vida útil del motor.

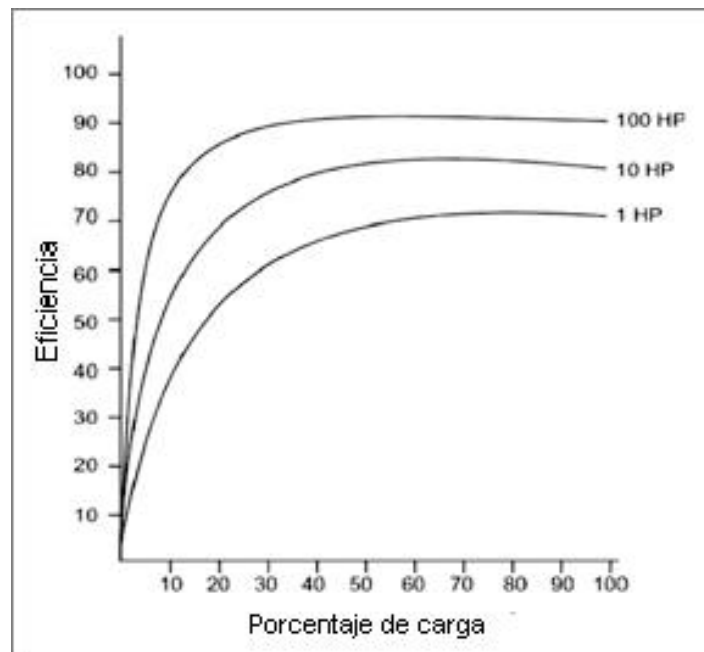


Figura 3.6 Eficiencia vs factor de carga. (automatismoindustrial, s.f.)

### 3.2.6. Implementación y seguimiento

La implementación y seguimiento de las oportunidades de mejora inician con la identificación de áreas con potencial de implementación de estas, se debe hacer utilizando auditorías o análisis de datos. Luego, se analizarán y evaluarán estas oportunidades para determinar su impacto y los recursos que serán necesarios para la ejecución. Con esta información, se desarrolla un plan de acción que debe

incluir objetivos, asignación de responsabilidades. Durante la ejecución, se implementan las mejoras asegurando una comunicación efectiva y la formación del personal. Posteriormente, se realiza un monitoreo continuo, recopilando y analizando datos para asegurar el cumplimiento de los objetivos, seguido de una evaluación continua para ajustar según sea necesario. Todo el proceso debe ser documentado para mejorar la transparencia y aprendizaje.

### **3.2.7.Reevaluaciones y ajustes**

La reevaluación y el seguimiento de los índices de eficiencia energética son indispensables para tener la certeza que la planta de producción de bloques de concreto MEGA 1, se mantenga competitiva y sostenible a lo largo del tiempo. Estos procesos permiten adaptar los índices a cambios en las operaciones y las posibles actualizaciones tecnológicas, asegurando que reflejen la realidad puntual del momento que se está evaluando y se saque el mejor provecho a los beneficios de nuevas implementaciones.

#### 4. Comparación de resultados

##### 4.1. Identificación de variables significativas.

Tomando como referencia el procedimiento descrito en el capítulo 3. Se ha construido la tabla 4.1 en la que se detalla los aspectos enunciados en la tabla de todos componentes del proceso de producción de bloques de concreto MEGA 1.

Nota: los valores señalados del consumo de corriente se han obtenido de os cálculos realizados con la información de placa de cada uno de los componentes.

SISTEMA	COMPONENTE	TIPO	#	APLICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	CORRIENTE NOMINAL
Componentes principales de silo primario	Compresor de aire	Eléctrico / Mecánico	1	Empuja el cemento	460 VAC / 7.5 HP / 35 - 40 CFM	9.78A
Componentes de banda transportadora	Guardamotor	Eléctrico	1	Protección de motor	460 VAC /7.5 HP / 1800 rpm.	9.78A
	Motor	Eléctrico	2	Transmisión de potencia	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	9.78A
Componentes de transportador tipo tornillo	Motorreductor de dosificador	Eléctrico / Mecánico	1	Girar tornillo dosificador	460 VAC /5.5 HP / 1800 rpm / ratio 40: 1	7.17A
Componentes de mezclador de áridos	Motorreductor	Eléctrico / Mecánico	1	Transmitir potencia a mezclador	460 VAC /25 HP / 1800 rpm / ratio 60: 1	32.6A
Componentes de banda transportadora primaria	Motor	Eléctrico	1	Transmisión de potencia	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	9.78A

SISTEMA	COMPONENTE	TIPO	#	APLICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	CORRIENTE NOMINAL
Componentes de mecanismo distribuidor de materiales	Motor	Eléctrico	1	Transmisión de potencia	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	9.78A
Componentes de compactador	Bomba hidráulica de alta presión	Mecánico	1	Generar presión hidráulica	bomba hidráulica 30 GPM 3500 PSI, puerto SAE 12 460VAC/60HP/1800	78.2A
	Bomba hidráulica de baja presión	Mecánico	1	Generar presión hidráulica	bomba hidráulica 45 GPM 2500 PSI, puerto SAE 12 460VAC/60HP/1800	78.2A
Componentes de transportador de bloques	Motor	Eléctrico	1	transmitir potencia al mecanismo	460 VAC /5.5 HP / 1800 rpm	7.17A
Componentes de sistema de enfriamiento	Arrancador termomagnético	Eléctrico	1	Protección de motor	460 VAC /7.5 HP	9.78A
	Ventilador	mecánico	1	ventilador	ventilador 24" / 9 aspas, 7.5HP	9.78A
Componentes de alimentación de color	Agitador	Eléctrico / Mecánico	1	Transmisión de potencia	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	9.78A
Componentes de alimentador de pigmentos	Motor	Eléctrico	1	Transmisión de potencia	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	9.78A

SISTEMA	COMPONENTE	TIPO	#	APLICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	CORRIENTE NOMINAL
Componentes de mezclador secundario	Motorreductor	Eléctrico / Mecánico	1	Transmitir potencia a mezclador	460 VAC /25 HP / 1800 rpm / ratio 60: 1	32.6A
Componentes de silo secundario	Compresor de aire	Eléctrico / Mecánico	1	Empuja el cemento	460 VAC / 7.5 HP / 35 – 40 CFM	9.78A
Componentes de banda transportadora secundaria	Guardamotor	Eléctrico	1	Protección de motor	460 VAC /7.5 HP	9.78A
	Motor	Eléctrico	1	Transmisión de potencia	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	9.78A
Componentes de transportador tipo tornillo del sistema secundario	Guardamotor	Eléctrico	1	Protección de motor	460 VAC /5.5 HP / 6.5 AMP	7.17A
	Motorreductor de dosificador	Eléctrico / Mecánico	1	Girar tornillo dosificador	460 VAC /5.5 HP / 1800 rpm / ratio 40: 1	7.17A
Componentes de elevador de bandejas	Motor eléctrico	Eléctrico	2	Transmisión de potencia	460 VAC / 25 HP /1800 rpm	32.6A
Componentes de carro de trasbordo	Motor eléctrico	Eléctrico	2	Transmisión de potencia	460 VAC / 25 HP /1800 rpm	32.6A
Componentes de descensor	Motor eléctrico	Eléctrico	1	Transmisión de potencia	460 VAC / 25 HP /1800 rpm	32.6A
Componentes de transportador de bloques secados	Motor hidráulico	Hidráulico	1	transmitir potencia al mecanismo	460 VAC / 5 HP /1800 rpm	7.17A

SISTEMA	COMPONENTE	TIPO	#	APLICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	CORRIENTE NOMINAL
Componentes de transportador horizontal	Motor eléctrico	Eléctrico	1	transmitir potencia al mecanismo	460 VAC / 5 HP /1800 rpm	7.17A
Componentes de cubado	Motor eléctrico	Eléctrico	1	transmitir potencia al mecanismo de traslación	460 VAC / 5 HP /1800 rpm	7.17A
	Motor de rotación	Eléctrico	1	transmitir potencia al mecanismo de traslación	460 VAC / 3 HP /1800 rpm	3.9A
Componentes de transportador tipo cadena	Motor eléctrico	Eléctrico	1	transmitir potencia al mecanismo	460 VAC / 5 HP /1800 rpm	7.17A
Componentes de volteador y recolector	Motor eléctrico	Eléctrico	1	transmitir potencia al mecanismo	460 VAC / 5 HP /1800 rpm	7.17A
Componentes de cabina de control	Panel de potencia	Eléctrico	1	Suministra energía principal	460 VAC potencia total de maquina	sumatoria de todas las cargas
	Panel principal	Eléctrico	1	Se utiliza para controlar todas las funciones y ciclos de la máquina.	braker 250A 460VAC	No procede análisis
	Controlador PLC	Eléctrico	1	Controlador lógico programable	Toshiba GPU612E*S	No procede análisis
	Ordenador	Eléctrico	1	Genera la interfaz por medio del operario con la máquina.	comunicación ethernet	procede análisis

SISTEMA	COMPONENTE	TIPO	#	APLICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	CORRIENTE NOMINAL
	A / C	Eléctrico	1	Climatización de cabina de control	aire acondicionado 18000btu	procede análisis

Tabla 4.1 identificación de variables significativas.

#### 4.2. Recopilación de datos.

La recopilación de datos es un proceso esencial para determinar el consumo de electricidad de los motores. Actualmente no existe un formato para la recopilación de esta información y no se tiene ningún registro de que se hayan realizados anteriormente estas revisiones. Por tal razón se ha utilizado el cuadro de revisiones detallado en la figura 3.3. con la información que se obtuvo de las inspecciones se ha realizado un cálculo de promedio para tomar este valor promediado que posteriormente se ha usado en el cálculo de kW de consumo por cada uno de los elementos significativos.

Nota: los cálculos de kW se han realizado con los valores nominales de los equipos estos valores son los referentes a la tensión que tiene un valor asignado de 440 VAC y el valor de consumo de corriente de cada motor según dato de placa. Este valor se ha colocado en la última columna y es el correspondiente a los aspectos de los componentes detallados en la fila correspondiente.

SISTEMA	COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS	POTENCIA MECANICA kW	CORRIENTE NOMINAL (A)	kW NOMINAL
<b>COMPONENTES PRINCIPALES DE SILO PRIMARIO</b>	Compresor de aire	460 VAC / 7.5 HP / 35 - 40 CFM	5.60	9.78	6.23
<b>COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADORA</b>	Guardamotor	460 VAC /7.5 HP / 1800 rpm.	5.60	9.78	6.23
	Motor	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	5.60	9.78	6.23

<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR TIPO TORNILLO</b>	Motorreductor de dosificador	460 VAC /5 HP / 1800 rpm / ratio 40: 1	3.73	7.17	4.57
<b>COMPONENTES DE MEZCLADOR DE ARIDOS</b>	Motorreductor	460 VAC /25 HP / 1800 rpm / ratio 60: 1	18.65	32.6	20.78
<b>COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADORA PRIMARIA</b>	Motor	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	5.60	9.78	6.23
<b>COMPONENTES DE MECANISMO DISTRIBUIDOR DE MATERIALES</b>	Motor	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	5.60	9.78	6.23
<b>COMPONENTES DE COMPACTADOR</b>	Bomba hidráulica	bomba hidráulica 30 GPM 3500 PSI, puerto SAE 12 460VAC/60HP/1799	44.76	78.2	49.84
	Bomba hidráulica	bomba hidráulica 30 GPM 3500 PSI, puerto SAE 12 460VAC/60HP/1800	44.76	78.2	49.84
<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR DE BLOQUES</b>	Motor	460 VAC /5 HP / 1800 rpm	3.73	7.17	4.57
<b>COMPONENTES DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b>	Bomba de Agua	460 VAC /5 HP	3.73	7.17	4.57
	Ventilador	ventilador 24" / 9 aspas, 7.5HP	5.60	9.78	6.23
<b>COMPONENTES DE ALIMENTACION DE COLOR</b>	Agitador	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	5.60	9.78	6.23

<b>COMPONENTES DE ALIMENTADOR DE PIGMENTOS</b>	Motor	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	5.60	9.78	6.23
<b>COMPONENTES DE MEZCLADOR SECUNDARIO</b>	Motorreductor	460 VAC /25 HP / 1800 rpm / ratio 60: 1	18.65	32.6	20.78
<b>COMPONENTES DE SILO SECUNDARIO</b>	Compresor de aire	460 VAC / 7.5 HP / 35 – 40 CFM	5.60	9.78	6.23
<b>COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADORA SECUNDARIA</b>	Motor	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	5.60	9.78	6.23
<b>TRANSPORTADOR TIPO TORNILLO DEL SISTEMA SECUNDARIO</b>	motor	460 VAC /5 HP / 7.5 A	5.60	9.78	6.23
<b>COMPONENTES DE ELEVADOR DE BANDEJAS</b>	Motor eléctrico	459 VAC / 25 HP /1800 rpm	18.65	32.6	20.78
	Motor eléctrico	460 VAC / 25 HP /1800 rpm	18.65	32.6	20.78
<b>COMPONENTES DE CARRO DE TRASBORDO</b>	Motor eléctrico	459 VAC / 25 HP /1800 rpm	18.65	32.6	20.78
	Motor eléctrico	460 VAC / 25 HP /1800 rpm	18.65	32.6	20.78
<b>COMPONENTES DE DESCENSOR</b>	Motor eléctrico	460 VAC / 25 HP /1800 rpm	18.65	32.6	20.78
<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR DE BLOQUES SECADOS</b>	Motor hidráulico	460 VAC / 5 HP /1800 rpm	3.73	7.17	4.57
<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR HORIZONTAL</b>	Motor eléctrico	460 VAC / 5 HP /1800 rpm	3.73	7.17	4.57
	Motor eléctrico	460 VAC / 5 HP /1800 rpm	3.73	7.17	4.57

<b>COMPONENTES DE CUBADOR</b>	Motor de rotación	460 VAC / 3 HP /1800 rpm	2.24	3.9	2.49
<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR TIPO CADENA</b>	Motor eléctrico	460 VAC / 5 HP /1800 rpm	3.73	7.17	4.57
<b>COMPONENTES DE VOLTEADOR Y RECOLECTOR</b>	Motor eléctrico	460 VAC / 5 HP /1800 rpm	3.73	7.17	4.57

Tabla 4.2 Cálculo de potencia mecánica de los componentes

#### 4.3. Normalización de datos

Durante un periodo de 25 días consecutivos, se realizaron mediciones en las tres fases de corriente y en el suministro eléctrico principal de los motores, utilizando instrumentos de Las mediciones capturan los valores reales de la corriente y la tensión en cada fase del momento en que se realizaron, permitiendo registrar así, las variaciones en las condiciones operativas del sistema día a día. Posteriormente, se calculó un valor promedio de estos parámetros, el cual servirá como base para efectuar cálculos adicionales y comparativos. Estos cálculos se compararán con los valores teóricos obtenidos a partir de los datos nominales la corriente y el valor nominal de la tensión, permitiendo evaluar la eficiencia energética y el desempeño real de los equipos en comparación con los valores esperados. Este proceso comparativo es fundamental para identificar posibles desviaciones que ayudaran a ajustar las estrategias de mantenimiento de manera más efectiva

NOTA: el valor promedio que corresponde a la tensión es de 436.98V, pero para efecto de los cálculos, este valor se ha aproximado a 437.0 V. Este dato se ha obtenido de promediar el valor de las mediciones reales. Ver Anexo B.

<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>#</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>POTENCIA (HP)</b>	<b>CORRIENTE MEDIDA (A)</b>	<b>kW MEDIDO</b>
<b>COMPONENTES PRINCIPALES DE SILO PRIMARIO</b>	Compresor de aire	1	460 VAC / 7.5 HP / 35 - 40 CFM	7.5	10.4	6.27
<b>COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADORA</b>	Guardamotor	1	460 VAC /7.5 HP / 1800 rpm.	7.5	10.0	6.12
	Motor	1	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	7.5	10.1	6.15
<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR TIPO TORNILLO</b>	Motorreductor de dosificador	1	460 VAC /5 HP / 1800 rpm / ratio 40: 1	5.0	6.8	4.13
<b>COMPONENTES DE MEZCLADOR DE ARIDOS</b>	Motorreductor	1	460 VAC /25 HP / 1800 rpm / ratio 60: 1	25.0	36.5	22.09
<b>COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADORA PRIMARIA</b>	Motor	1	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	7.5	10.0	6.07
<b>COMPONENTES DE MECANISMO DISTRIBUIDOR DE MATERIALES</b>	Motor	1	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	7.5	10.2	6.19
<b>COMPONENTES DE COMPACTADOR</b>	Bomba hidráulica	1	bomba hidráulica 30 GPM 3500 PSI, puerto SAE 12 460VAC/60HP/1799	60.0	87.2	52.79

<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>#</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>POTENCIA (HP)</b>	<b>CORRIENTE MEDIDA (A)</b>	<b>kW MEDIDO</b>
	Bomba hidráulica	1	bomba hidráulica 30 GPM 3500 PSI, puerto SAE 12 460VAC/60HP/1800	60.0	86.7	52.51
<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR DE BLOQUES</b>	Motor	1	460 VAC /5 HP / 1800 rpm	5.0	6.7	4.04
<b>COMPONENTES DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b>	Bomba de Agua	1	460 VAC /5 HP	5.0	6.6	3.98
	Ventilador	1	ventilador 24" / 9 aspas, 7.5HP	7.5	10.5	6.34
<b>COMPONENTES DE ALIMENTACION DE COLOR</b>	Agitador	1	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	7.5	10.3	6.22
<b>COMPONENTES DE ALIMENTADOR DE PIGMENTOS</b>	Motor	1	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	7.5	10.8	6.53
<b>COMPONENTES DE MEZCLADOR SECUNDARIO</b>	Motorreductor	1	460 VAC /25 HP / 1800 rpm / ratio 60: 1	25.0	36.4	22.06
<b>COMPONENTES DE SILO SECUNDARIO</b>	Compresor de aire	1	460 VAC / 7.5 HP / 35 – 40 CFM	7.5	9.9	5.97
<b>BANDA TRANSPORTADORA SECUNDARIA</b>	Motor	1	460 VAC /7.5 HP /1800 rpm	7.5	10.2	6.15

<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>#</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>POTENCIA (HP)</b>	<b>CORRIENTE MEDIDA (A)</b>	<b>kW MEDIDO</b>
<b>TRANSPORTADOR TIPO TORNILLO DEL SISTEMA SECUNDARIO</b>	motor	1	460 VAC / 5 HP / 7.5 AMP	7.5	8.0	4.86
<b>COMPONENTES DE ELEVADOR DE BANDEJAS</b>	Motor eléctrico	1	459 VAC / 25 HP / 1800 rpm	25.0	36.6	22.17
	Motor eléctrico	1	460 VAC / 25 HP / 1800 rpm	25.0	36.6	22.16
<b>COMPONENTES DE CARRO DE TRASBORDO</b>	Motor eléctrico	1	459 VAC / 25 HP / 1800 rpm	25.0	36.0	21.81
	Motor eléctrico	1	460 VAC / 25 HP / 1800 rpm	25.0	35.8	21.66
<b>COMPONENTES DE DESCENSOR</b>	Motor eléctrico	1	460 VAC / 25 HP / 1800 rpm	25.0	35.6	21.57
<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR DE BLOQUES SECADOS</b>	Motor hidráulico	1	460 VAC / 5 HP / 1800 rpm	5.0	6.9	4.15
<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR HORIZONTAL</b>	Motor eléctrico	1	460 VAC / 5 HP / 1800 rpm	5.0	6.9	4.16
<b>COMPONENTES DE CUBADOR</b>	Motor eléctrico	1	460 VAC / 5 HP / 1800 rpm	5.0	6.9	4.19
	Motor de rotación	1	460 VAC / 3 HP / 1800 rpm	3.0	4.2	2.51
<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR TIPO CADENA</b>	Motor eléctrico	1	460 VAC / 5 HP / 1800 rpm	5.0	7.1	4.28

SISTEMA	COMPONENTE	#	CARACTERISTICAS	POTENCIA (HP)	CORRIENTE MEDIDA (A)	kW MEDIDO
COMPONENTES DE VOLTEADOR Y RECOLECTOR	Motor eléctrico	1	460 VAC / 5 HP /1800 rpm	5.0	7.1	4.28

Tabla 4.3 Consumo por equipo - valores de voltaje y amperaje promedio de las mediciones

#### 4.4. Cálculo de índice de eficiencia

Sabiendo que la eficiencia del motor es un valor que indica de qué tan efectiva es la conversión de la energía eléctrica en energía mecánica útil. En la tabla 4.4 se muestra el valor calculado de la eficiencia de los componentes evaluados.

SISTEMA	COMPONENTE	POTENCIA MECANICA	CORRIENTE NOMINAL	CORRIENTE PROMEDIO (A)	kW NOMINAL	kW MEDIDO	FACTOR DE CARGA	kW MECANICA DE SALIDA	%
COMPONENTES PRINCIPALES DE SILO PRIMARIO	Compresor de aire	5.595	9.78	10.40	6.23	6.27	1.01	5.63	90%
COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADOR	Guardamotor	5.595	9.78	10.00	6.23	6.12	1.01	5.63	90%
	Motor	5.595	9.78	10.10	6.23	0.00	1.01	5.63	90%
COMPONENTES DE TRANSPORTADOR TIPO TORNILLO	Motorreductor de dosificador	3.73	7.17	6.80	4.57	4.13	0.90	3.37	82%
COMPONENTES DE MEZCLADOR DE ARIDOS	Motorreductor	18.65	32.6	36.50	20.78	22.09	1.06	19.82	90%

<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>POTENCIA MECANICA</b>	<b>CORRIENTE NOMINAL</b>	<b>CORRIENTE PROMEDIO (A)</b>	<b>kW NOMINAL</b>	<b>kW MEDIDO</b>	<b>FACTOR DE CARGA</b>	<b>kW MECANICA DE SALIDA</b>	<b>%</b>
<b>COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADORA PRIMARIA</b>	Motor	5.595	9.78	10.0	6.23	6.07	0.97	5.44	90%
<b>COMPONENTES DE MECANISMO DISTRIBUIDOR DE MATERIALES</b>	Motor	5.595	9.78	10.20	6.23	6.19	0.99	5.55	90%
<b>COMPONENTES DE COMPACTADOR</b>	Bomba hidráulica	44.76	78.2	87.20	49.84	52.79	1.06	47.40	90%
	Bomba hidráulica	44.76	78.2	86.70	49.84	52.51	1.05	47.15	90%
<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR DE BLOQUES</b>	Motor	3.73	7.17	6.70	4.57	4.04	0.88	3.29	82%
<b>COMPONENTES DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b>	Bomba de Agua	3.73	7.17	6.60	4.57	3.98	0.87	3.25	82%
	Ventilador	5.595	9.78	10.50	6.23	6.34	1.02	5.69	90%
<b>COMPONENTES DE ALIMENTACION DE COLOR</b>	Agitador	5.595	9.78	10.30	6.23	6.22	1.00	5.58	90%
<b>COMPONENTES DE ALIMENTADOR DE PIGMENTOS</b>	Motor	5.595	9.78	10.80	6.23	6.53	1.05	5.86	90%

<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>POTENCIA MECANICA</b>	<b>CORRIENTE NOMINAL</b>	<b>CORRIENTE PROMEDIO (A)</b>	<b>kW NOMINAL</b>	<b>kW MEDIDO</b>	<b>FACTOR DE CARGA</b>	<b>kW MECANICA DE SALIDA</b>	<b>%</b>
<b>COMPONENTES DE MEZCLADOR SECUNDARIO</b>	Motorreductor	18.65	32.6	36.40	20.78	22.06	1.06	19.80	90%
<b>COMPONENTES DE SILO SECUNDARIO</b>	Compresor de aire	5.595	9.78	9.90	6.23	5.97	0.96	5.35	90%
<b>COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADORA SECUNDARIA</b>	Motor	5.595	9.78	10.20	6.23	6.15	0.99	5.52	90%
<b>TRANSPORTADOR TIPO TORNILLO DEL SISTEMA SECUNDARIO</b>	motor	5.595	9.78	8.00	6.23	4.86	0.78	4.37	90%
<b>COMPONENTES DE ELEVADOR DE BANDEJAS</b>	Motor eléctrico	18.65	32.6	36.60	20.78	22.17	1.07	19.90	90%
	Motor eléctrico	18.65	32.6	36.60	20.78	22.16	1.07	19.89	90%
<b>COMPONENTES DE CARRO DE TRASBORDO</b>	Motor eléctrico	18.65	32.6	36.00	20.78	21.81	1.05	19.57	90%
	Motor eléctrico	18.65	32.6	35.80	20.78	21.66	1.04	19.44	90%
<b>COMPONENTES DE DESCENSOR</b>	Motor eléctrico	18.65	32.6	35.60	20.78	21.57	1.04	19.36	90%
<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR DE BLOQUES SECADOS</b>	Motor eléctrico	3.73	7.17	6.90	4.57	4.15	0.91	3.39	82%

<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>POTENCIA MECANICA</b>	<b>CORRIENTE NOMINAL</b>	<b>CORRIENTE PROMEDIO (A)</b>	<b>kW NOMINAL</b>	<b>kW MEDIDO</b>	<b>FACTOR DE CARGA</b>	<b>kW MECANICA DE SALIDA</b>	<b>%</b>
<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR HORIZONTAL</b>	Motor eléctrico	3.73	7.17	6.90	4.57	4.16	0.91	3.40	82%
<b>COMPONENTES DE CUBADOR</b>	Motor eléctrico	3.73	7.17	6.90	4.57	4.19	0.92	3.42	82%
	Motor de rotación	2.238	3.9	4.20	2.49	2.51	1.01	2.26	90%
<b>COMPONENTES DE TRANSPORTADOR TIPO CADENA</b>	Motor eléctrico	3.73	7.17	7.10	4.57	4.28	0.94	3.49	82%
<b>COMPONENTES DE VOLTEADOR Y RECOLECTOR</b>	Motor eléctrico	3.73	7.17	7.10	4.57	4.28	0.94	3.49	82%

Tabla 4.4 Cálculo del índice de eficiencia

#### 4.5. Análisis e interpretación de resultados

Con base en la información obtenida de las mediciones de corriente, el cálculo del factor de carga de los motores y los índices de eficiencia desarrollados en la investigación, se pueden hacer las siguientes interpretaciones:

Las mediciones de corriente revelan que existe un desbalance significativo en las fases, lo que indica una distribución desigual de la carga en el motor. Esto puede generar sobrecargas en una o más fases, aumentando las pérdidas de eficiencia debido al calentamiento y elevando la temperatura de los devanados, lo que afecta considerablemente la resistencia del aislamiento eléctrico. Además, este desbalance incrementa no solo el riesgo de fallas eléctricas, sino también las vibraciones resultantes de fuerzas desiguales en los devanados. Estas vibraciones pueden afectar la potencia mecánica del motor y causar un mayor desgaste en los rodamientos, lo que eventualmente podría provocar desalineaciones en el rotor y hasta causar daños severos en el estator.

En cuanto al factor de carga calculado, se observa que el 55.2% de los motores (16 de 29) en la planta industrial operan en condiciones de sobrecarga, ya que demandan más corriente de la que permite su capacidad nominal. Esto incrementa las pérdidas de eficiencia debido a las altas temperaturas internas de operación, acelerando el deterioro de los aislamientos y reduciendo la vida útil del motor. Por otro lado, el 44.8% de los motores (13 de 29) trabajan en condiciones óptimas, con un factor de carga en el rango del 80% al 100%, considerado ideal para la mayoría de los motores industriales. En este rango, los motores operan cerca de su máxima eficiencia, minimizando las pérdidas mecánicas y eléctricas, y permitiendo un uso eficiente de la energía. No se ha identificado subutilización o sobredimensionamiento en los motores, ya que, para considerarse bajo estos criterios, el factor de carga debería estar por debajo del 75%.

Respecto al índice de eficiencia del motor, aunque alto bajo condiciones normales, como se detalla en la tabla 4.5, este se ve afectado negativamente por el desbalance de fases. Esto provoca pérdidas adicionales de energía, reduciendo la eficiencia operativa del sistema y resultando en un mayor consumo de energía sin un aumento proporcional en la potencia de salida útil en el eje del motor.

<b>CUADRO RESUMEN DE % EFICIENCIA</b>	
<b>% DE EFICIENCIA</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>82%</b>	<b>8</b>
<b>90%</b>	<b>21</b>

Tabla 4.5 Cuadro resumen de eficiencia

Los datos obtenidos resaltan la necesidad de implementar sistemas de monitoreo continuo, como sensores de temperatura y vibración, para detectar en tiempo real cualquier desbalance de corriente o desviación en el factor de carga. Estas herramientas de mantenimiento predictivo permitirán tomar decisiones basadas en datos, interviniendo los equipos antes de que se produzcan fallas. Las cargas desiguales observadas en las mediciones, provocadas por el desbalance eléctrico, también pueden afectar los componentes mecánicos del motor, especialmente los rodamientos. La implementación de una estrategia de mantenimiento enfocada en el monitoreo constante de estos elementos es crucial para prevenir fallas mecánicas prematuras. En resumen, aunque el motor muestra una alta eficiencia, el desbalance de corriente y el factor de carga elevado indican problemas que podrían comprometer su operación a largo plazo, aumentando el riesgo de fallas y el desgaste de los componentes. Por lo tanto, es esencial tomar medidas correctivas y aplicar un mantenimiento preventivo adecuado.

#### 4.6. Identificación de medidas de mejora

A pesar de que, por medio de las mediciones realizadas y los cálculos de eficiencia energética como se muestra en la tabla 4.6, se ha comprobado que las condiciones operativas de los motores de los diferentes sistemas de la planta de producción de bloques de concreto MEGA 1, están en buenas condiciones.

<b>INDICES DE EFICIENCIA A CONSIDERAR PARA LA SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO</b>		
<b>EFICIENCIA</b>	<b>CONDICIONES OPERATIVAS</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
82%	Existe notable desbalance de corriente en motores eléctricos que provoca pérdidas de energía efectiva, ya que genera calor adicional debido a la fricción interna y fuerzas desiguales en los componentes. Aunque parte de esta energía perdida es normal, el desbalance la incrementa más allá de lo razonable aumentando el factor de carga, reduciendo la eficiencia y acelerando el desgaste del motor. Esto resulta en un mayor consumo de energía sin un aumento proporcional en la potencia útil, afectando el rendimiento y aumentando los costos operativos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar balance de cargas para mejorar el factor de carga en aquellos motores que están trabajando en condición de sobrecarga.</li> <li>• Monitoreo de rodamientos y verificar funcionamiento de ventiladores</li> <li>• Hacer revisión de lubricaciones, del alineado y balanceo de los ejes.</li> <li>• Revisiones de aislamiento de las bobinas y dimensionado del motor</li> <li>• En caso de poder usar variadores de frecuencia, se recomienda el uso de estos</li> <li>• Constante monitoreo de vibración, temperatura y consumo de corriente</li> </ul>
90%.		

Tabla 4.6 Condición operativa de los motores

Las oportunidades de mejora que se han identificado y se detallan a continuación:

1. Realizar balance energético en la planta de producción de bloques de concreto, para realizar evaluaciones más puntuales que permitirán a calcular cuanta energía eléctrica demanda la producción de los diferentes productos.
2. Establecer controles rutinarios para los sistemas críticos de la planta de producción de bloques de concreto.
3. Programar constante monitoreo de los parámetros eléctricos en los sistemas críticos de la planta de producción de bloques de concreto. Ver Anexo A, Anexo B y Anexo C, en los cuales se detallan propuestas de formatos de inspecciones para motores eléctricos en general, motorreductor y Bandas transportadores en general.
4. Instalar horómetros en los sistemas críticos para poder controlar y monitorear las posibles fallas y la frecuencia de estas en función a horas de trabajo del sistema.
5. Realizar auditorías energéticas y verificar que los sistemas están funcionando en óptimas condiciones.
6. Establecer programas de capacitación del personal técnico.

#### **4.7. Implementación y seguimiento**

Con base en la identificación de medidas de mejora y comprobando que los equipos están en aceptables condiciones operativas, se ha determinado que el área con mayores oportunidades de mejora es la capacitación del personal. Es crucial que el personal técnico cuente con las capacidades técnicas necesarias para la buena aplicación de la estrategia de mantenimiento que se identifique como apropiada. Como es bien sabido, el activo más importante de las organizaciones son las personas que las integran, y no es la excepción en los departamentos de mantenimiento y operación de equipos. Es el personal en general quien construye e impulsa los vínculos y relaciones con todo el entorno de la organización, y son los técnicos quienes se encargan de que las estrategias de mantenimiento se ejecuten y mantengan de forma efectiva y permanente. Ellos son quienes construyen y mantienen la cultura organizacional, un factor clave y diferenciador de las organizaciones. Invertir en la formación de los técnicos y personal en general no debe considerarse un gasto, ya que también contribuye a su desarrollo profesional, lo que aumenta su satisfacción laboral y ayuda a retener talento. Un entorno que promueve el aprendizaje continuo no solo mejora la motivación de los empleados, sino que también crea un clima laboral positivo. Además, una buena formación asegura que los equipos se mantengan en óptimas condiciones, garantizando una producción continua. La capacitación juega un papel crucial en la eficiencia energética, por lo que es necesario instruir a los técnicos y todo el personal involucrado en los procesos de producción en los

temas inherentes a este propósito. Esto les permitirá tomar decisiones con criterios técnicos bien fundamentados, que se evidenciarán en buenas prácticas para minimizar el consumo energético que se reflejará en la reducción de los costos de la factura de energía eléctrica. En cuanto a la seguridad, un buen programa de capacitación garantiza que los técnicos sigan las mejores prácticas, reduciendo así el riesgo de accidentes y lesiones. Una vez capacitado el personal, serán ellos mismos quienes se encargarán de establecer controles rutinarios y programas de monitoreo para los sistemas críticos de la planta de producción de bloques de concreto MEGA 1. Junto con los jefes y supervisores del departamento, también llevarán a cabo las acciones necesarias para hacer balances y auditorías de consumo energético.

Por esta razón, en la Tabla 4.7 se presenta una propuesta de los contenidos que deben ser considerados para realizar un programa de capacitación del personal técnico de la planta de producción de bloques de concreto MEGA 1.

<b>PROPUESTA DE CAPACITACIONES PARA PERSONAL TECNICO</b>			
<b>ÁREA</b>	<b>TEMA DE CAPACITACIÓN</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>MÉTODOS DE CAPACITACIÓN</b>
<b>Mecánicos</b>	Mantenimiento Preventivo y Predictivo	Técnicas de lubricación, monitoreo de condiciones, alineación y balanceo	Sesiones teóricas, prácticas en campo
	Sistemas de Transmisión	Mantenimiento y ajuste de engranajes y correas, rodamientos	Sesiones teóricas, prácticas en campo
	Optimización de Equipos Mecánicos	Diseño y selección de componentes, reducción de fricción y desgaste	Sesiones teóricas, prácticas en campo
<b>Electricistas</b>	Mantenimiento de Motores Eléctricos	Diagnóstico y reparación de motores, monitoreo de parámetros eléctricos	Sesiones teóricas, prácticas en campo
	Gestión de la Energía	Importancia del factor de potencia, calidad de la energía	Sesiones teóricas, prácticas en campo
	Automatización y Control	Uso y programación de VFD, sistemas de control inteligente	Sesiones teóricas, prácticas en campo
<b>Personal de operación</b>	Operaciones eficientes de equipos	Optimización de la carga de trabajo de los equipos Prácticas de apagado y encendido eficiente	Sesiones teóricas, prácticas en campo
	Control y monitoreo de parámetros de consumo	Lectura y monitoreo de indicadores energéticos Uso eficiente de variadores de frecuencia Monitoreo de tiempo de procesos	Sesiones teóricas, prácticas en campo
	Manejo de materiales y logística interna	Optimización de rutas y manejo de materiales	Sesiones teóricas, prácticas en campo

<b>PROPUESTA DE CAPACITACIONES PARA PERSONAL TECNICO</b>			
		Planificación de secuencia operativa	
	Mantenimiento correctivo y preventivo básico	Mantenimiento autónomo del operador (protocolos de inspección de equipos)	Sesiones teóricas, prácticas en campo
	Reducción de tiempos muertos y optimización de procesos	Optimización de flujo de trabajo Diseño y mejora de procesos de producción	Sesiones teóricas, prácticas en campo
<b>Común para todos técnicos</b>	Eficiencia Energética	Principios de eficiencia energética, auditorías energéticas	Sesiones teóricas, prácticas en campo
	Normativas y Estándares	Regulaciones y estándares, certificaciones de equipos	Sesiones teóricas, cursos y certificaciones
	Tecnologías Emergentes	Conocimiento de tecnologías y tendencias en eficiencia energética, implementación de nuevas tecnologías	Sesiones teóricas, prácticas en campo
	Seguridad Industrial	Prácticas de seguridad, prevención de riesgos	Sesiones teóricas, prácticas en campo
	Gestión del Tiempo	Técnicas de priorización, planificación diaria/semanal, uso de herramientas de gestión del tiempo	Sesiones teóricas, talleres prácticos
	Organización del Área de Trabajo	Metodología 5S, organización de herramientas y materiales, mantenimiento del orden	Sesiones teóricas, prácticas en campo
	Resolución de Problemas	Técnicas de análisis y resolución de problemas, métodos de identificación de causas raíz	Sesiones teóricas, talleres prácticos
	Documentación y Registro	Importancia de la documentación precisa, uso de registros de mantenimiento, software de gestión	Sesiones teóricas, prácticas en campo
	Sostenibilidad y Medio Ambiente	Impacto ambiental, prácticas sostenibles	Sesiones teóricas, prácticas en campo
<b>Habilidades de Gestión para todos técnicos</b>	Trabajo en Equipo	Comunicación efectiva, colaboración, resolución de conflictos	Sesiones teóricas, talleres prácticos
	Planificación y Programación de Mantenimiento	Creación de planes de mantenimiento, programación de tareas, asignación de recursos	Sesiones teóricas, prácticas en campo
	Mejora Continua	Implementación de metodologías de mejora continua como Kaizen, Lean Manufacturing	Sesiones teóricas, talleres prácticos

Tabla 4.7 Propuesta de plan de capacitaciones

#### 4.8. Reevaluaciones y ajustes

La reevaluación y seguimiento facilitan la detección y corrección temprana de ineficiencias, evitando problemas mayores que pueden reflejarse en el aumento de los costos de mantenimiento y de repuestos, logrando la optimización constante en el uso de la energía. También permite que la organización cumpla con las normativas ambientales y en la reducción de riesgos. Asimismo, estos procesos contribuyen a la baja significativa de los costos operativos, lo que mejora la competitividad, y fomentan una cultura organizacional de mejora continua e innovación.

En la Tabla 4.8 que se muestra a continuación, se describen los pasos que se sugieren para darle el seguimiento apropiado a la reevaluación y ajustes de los indicadores de eficiencia energética.

<b>PROCESO PARA REEVALUACION Y SEGUIMIENTO DE INDICES DE EFICIENCIA</b>	
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>Medición y revisión de Datos Actuales</b>	<p><b>Recopilación de datos:</b> El personal técnico será el encargado de recopilar y revisar los datos actuales de consumo energético y los índices de eficiencia energética previamente establecidos</p> <p><b>Análisis de tendencias:</b> Se realizará revisión y análisis de las tendencias del consumo energético a lo largo del tiempo para identificar variaciones o patrones que indiquen pérdidas de eficiencia o posibles averías.</p>
<b>Análisis de la curva de desviación</b>	<p><b>Comparación con estándares:</b> Se compararán los índices de eficiencia actuales con los índices que se han determinado como objetivos internos que se espera alcanzar, también se comparará con los datos históricos para identificar desviaciones o áreas de mejora.</p> <p><b>Diagnóstico de causas:</b> El personal técnico se encargará de diagnosticar las causas de cualquier desviación, utilizando sus habilidades en análisis de datos y resolución de problemas que han sido obtenidas en los procesos de formación y capacitación.</p>
<b>Evaluación de Factores Externos e Internos</b>	<p><b>Cambios en el ritmo de la operación:</b> Se evaluarán cambios en las operaciones, como variaciones en la producción asociados a los diferentes productos que pasan a procesos de fabricación, modificaciones en los sistemas por introducción de nuevos equipos o procesos, que puedan crear variaciones en la eficiencia energética.</p> <p><b>Impacto de factores externos:</b> Se analizará las fluctuaciones en el suministro los precios de energía o cambios en las regulaciones.</p>
<b>Propuesta de Ajustes</b>	<p><b>Revisión de objetivos:</b> el personal técnico, tomando como referencia los datos históricos del análisis de los índices, deberá proponer ajustes en los objetivos de eficiencia energética para alinearlos con la realidad operativa actual. Objetivos que busquen ir mejorando</p> <p><b>Actualización de estrategias:</b> Se ajustarán las estrategias de mantenimiento y operación para mejorar los índices, implementando tecnologías o prácticas más eficientes.</p>

<b>PROCESO PARA REEVALUACION Y SEGUIMIENTO DE INDICES DE EFICIENCIA</b>	
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>Implementación de Ajustes</b>	<p><b>Aplicación de ajustes:</b> El personal del departamento de mantenimiento implementará las medidas correctivas o mejoras necesarias, estas medidas pueden ser optimización de procesos, ajustes en la operación de equipos, o cambios en las rutinas de monitoreo, inspecciones o mantenimiento.</p> <p><b>Monitoreo:</b> Se establecerán programas de monitoreo para evaluar continuamente el impacto de los ajustes realizados.</p>
<b>Capacitación y compromiso</b>	<p><b>Formación continua:</b> encargados del departamento de mantenimiento son los responsables que el personal continúe recibiendo formación sobre las mejores prácticas en eficiencia energética y los temas relacionados al mejoramiento de las habilidades técnicas.</p> <p><b>Compromiso:</b> El equipo será concientizado sobre la importancia de la eficiencia energética y su rol en el cumplimiento de los objetivos.</p>
<b>Reevaluación constante</b>	<p><b>Revisión periódica:</b> Se establecerá un cronograma para la reevaluación periódica de los índices de eficiencia, permitiendo la constante búsqueda de oportunidades de mejora y ajustes continuos para el cumplimiento de los objetivos.</p> <p><b>Documentación y reporte:</b> Se documentarán los cambios realizados y los resultados obtenidos, comunicando a la alta dirección y ajustando la estrategia de mantenimiento según sea necesario</p>

Tabla 4.8 Proceso de reevaluación y ajustes

#### 4.9. Evaluación de Estrategias de Mantenimiento

##### 4.9.1. Estrategias de mantenimiento por considerar para la idoneidad de la aplicación.

- **Mantenimiento Correctivo:** Reparación después de la falla. Útil para equipos no críticos.
- **Mantenimiento Preventivo:** Basado en un calendario regular de mantenimiento o a una programación con base a las horas de operación de los equipos. Adecuado para equipos con riesgo de fallos periódicos.
- **Mantenimiento Predictivo:** requiere el uso de datos en tiempo real y análisis para predecir fallos antes de que ocurran y que puedan causar consecuencias económicas mayores. Ideal para equipos críticos y tecnología avanzada.
- **Mantenimiento Basado en Condición:** se realiza una programación de mantenimiento cuando las condiciones del equipo lo indiquen. Basado en monitoreo continuo de todos los parámetros operativos, tomando como referencia los datos proporcionados por los fabricantes.
- **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM):** requiere una evaluación de la criticidad y jerarquización de los equipos. También es necesario el desarrollo de un plan de mantenimiento enfocado en la confiabilidad operativa y la prevención de fallas.

#### **4.9.2. Criterios por considerar para la selección de la estrategia de mantenimiento.**

Sabiendo que la eficiencia energética no es el único criterio que existe para la selección de una estrategia de mantenimiento, a continuación, se detallan otros aspectos que también deben tomarse en cuenta al momento de hacer la selección de la estrategia de mantenimiento que se considere apropiada para esta planta de producción

- **Condiciones Operativas de la Planta:**

Régimen de trabajo: Se debe considerar la intensidad de utilización las máquinas y equipos, el régimen de trabajo y las programaciones de producción.

Ambiente operativo: Es necesario considerar aspectos como la temperatura, humedad, y la presencia de polvo o químicos que puedan afectar el equipo.

- **Características del Equipamiento:**

Edad y estado del equipo: Equipos más antiguos pueden requerir más mantenimiento preventivo o correctivo y como consecuencia costos mayores.

Complejidad tecnológica: Equipos tecnológicamente más complejos trabajan mejor y más eficientes con estrategias predictivas o basadas en condición.

- **Costos y Presupuesto:**

Costos de implementación y operación: se deben de tomar en cuenta los costos de la tecnología necesaria para estrategias predictivas o basadas en condición.

Disponibilidad de recursos financieros: se debe hacer estudio de evaluación para la asignación de presupuesto disponible para mantenimiento.

- **Personal y Capacitación:**

Nivel de habilidades del personal: Se debe tener claro las capacidades técnicas y habilidades del equipo de mantenimiento.

Disponibilidad de capacitación adicional: Posibilidad de entrenar al personal en nuevas tecnologías y estrategias.

- **Consecuencias de los paros de producción:**

Impacto de fallas: Consecuencias de paradas no planificadas en la producción.

Tolerancia a interrupciones: considerar la capacidad de la planta para manejar interrupciones en la producción.

- **Historial de Mantenimiento y Datos:**

Registros históricos: Datos de fallas y reparaciones previas.

Análisis de causas raíz: Identificación de causas subyacentes de fallas recurrentes.

- **Eficiencia Energética:**

Consumo energético: Estrategias que ayuden a optimizar el uso de energía.

Índices de eficiencia energética: Medición y mejora de la eficiencia energética de los equipos.

- **Disponibilidad de Tecnología y Herramientas:**

Herramientas de diagnóstico: disponibilidad de herramientas tecnológicas para monitoreo y análisis.

Software de gestión de mantenimiento: Utilización de sistemas CMMS (Computerized Maintenance Management Systems).

- **Sostenibilidad y Medio Ambiente:**

Impacto ambiental: evaluación de la estrategia que minimicen el impacto ambiental.

Políticas de sostenibilidad: Alineación con políticas de sostenibilidad de la empresa.

Para facilitar la comprensión y visualización de estos criterios, en la Tabla 4.9 se presenta un cuadro resumen de los criterios para evaluación de estrategias de mantenimiento

<b>CUADRO RESUMEN DE LOS CRITERIOS PARA EVALUACION DE ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO</b>						
<b>CRITERIO</b>		<b>CORRECTIVO</b>	<b>PREVENTIVO</b>	<b>PREDICTIVO</b>	<b>BASADO EN CONDICIÓN</b>	<b>RCM</b>
<b>Condiciones particulares de la operación</b>	<b>Frecuencia y carga de trabajo</b>	Adecuado para baja utilización	Útil para uso constante	Ideal para alta utilización	Beneficioso para cargas variables	Evaluación integrada
	<b>Ambiente operativo</b>	No ideal para ambientes adversos	Adecuado para ambientes predecibles	Esencial en ambientes adversos	Útil para condiciones imprevisibles	Evaluación del impacto
<b>Características del Equipamiento</b>	<b>Edad y estado del equipo</b>	Para equipos más antiguos	Para equipos en buen estado	Ideal para equipos nuevos o avanzados	Útil para equipos con vida útil significativa	Evaluación de criticidad
	<b>Complejidad tecnológica</b>	No recomendado para equipos complejos	Útil pero no suficiente	Esencial para tecnología avanzada	Beneficioso con monitoreo integrado	Evaluación completa
<b>Costos y Presupuesto</b>	<b>Costos de implementación y operación</b>	Bajo costo inicial, alto a largo plazo	Costos moderados y predecibles	Alto costo inicial, reducción a largo plazo	Costos variables según monitoreo	Optimización de costos
	<b>Disponibilidad de recursos financieros</b>	Adecuado para presupuestos limitados	Requiere presupuesto moderado y constante	Necesita inversión significativa	Necesita presupuesto flexible	Justificación de recursos

**CUADRO RESUMEN DE LOS CRITERIOS PARA EVALUACION DE ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO**

<b>CRITERIO</b>		<b>CORRECTIVO</b>	<b>PREVENTIVO</b>	<b>PREDICTIVO</b>	<b>BASADO EN CONDICIÓN</b>	<b>RCM</b>
<b>Personal y Capacitación</b>	<b>Nivel de habilidades personal</b>	Habilidades básicas	Técnicos con habilidades regulares	Personal capacitado en análisis de datos	Habilidades en monitoreo y análisis	Capacitación en confiabilidad
	<b>Disponibilidad de capacitación adicional</b>	Menor necesidad	Capacitación regular	Capacitación continua	Capacitación en herramientas de monitoreo	Capacitación en métodos de análisis
<b>Impacto en la Producción</b>	<b>Impacto de fallas</b>	Alto riesgo de impacto negativo	Reduce riesgo de fallas imprevistas	Minimiza impacto al anticipar fallas	Balancea necesidad de intervención	Estrategia integrada
	<b>Tolerancia a interrupciones</b>	No ideal para operaciones sin tolerancia	Útil para planificar interrupciones	Ideal para minimizar interrupciones	Adecuado para ajustes según condiciones	Minimiza interrupciones
<b>Historial de Mantenimiento y Datos</b>	<b>Registros históricos</b>	No aprovecha plenamente	Utiliza para planificar intervenciones	Depende de datos históricos y en tiempo real	Usa datos para establecer umbrales	Análisis de datos para evaluación
	<b>Análisis de causas raíz</b>	Menor enfoque	Incorpora para planificar mantenimiento	Mejora predicciones	Ajusta estrategias	Evaluación de causas raíz
<b>Eficiencia Energética</b>	<b>Consumo energético</b>	Ineficiencia debido a fallas	Mantiene consumo estable	Optimiza al evitar fallas	Monitorea y ajusta	Estrategia integrada

<b>CUADRO RESUMEN DE LOS CRITERIOS PARA EVALUACION DE ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO</b>						
<b>CRITERIO</b>		<b>CORRECTIVO</b>	<b>PREVENTIVO</b>	<b>PREDICTIVO</b>	<b>BASADO EN CONDICIÓN</b>	<b>RCM</b>
	<b>Indices de eficiencia energética</b>	Difícil de mantener	Mantiene índices con intervenciones regulares	Mejora al predecir fallas	Ajusta para mantener eficiencia	Optimización de índices
<b>Disponibilidad de Tecnología y Herramientas</b>	<b>Herramientas de diagnóstico</b>	Uso limitado	Utiliza para inspecciones regulares	Depende de herramientas avanzadas	Necesita para monitoreo continuo	Integración de herramientas
	<b>Software de gestión de mantenimiento</b>	Uso básico	Utiliza para programar y registrar	Requiere CMMS avanzado	Necesita CMMS para monitoreo	Integración de CMMS
<b>Sostenibilidad y Medio Ambiente</b>	<b>Impacto ambiental</b>	Mayor riesgo de impacto	Reduce impacto mediante mantenimientos	Minimiza impacto al prevenir fallas	Monitorea para reducir impacto	Minimiza impacto mediante optimización
	<b>Políticas de sostenibilidad</b>	Puede no alinearse	Ayuda a cumplir con políticas	Alinea con políticas avanzadas	Adapta intervenciones	Optimiza cumplimiento de políticas

Tabla 4.9 Cuadro resumen de los criterios para evaluación de estrategias de mantenimiento

#### 4.10. Análisis de Resultados

Con base en los criterios antes mencionados y tomando en consideración que lo que se busca es el mejor aprovechamiento de la energía eléctrica, en la Tabla 4.10, se denota el significativo beneficio que cada una de las estrategias de mantenimiento aportan a la eficiencia energética.

<b>COMPARACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO RESPECTO A SU CONTRIBUCION EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.</b>	
<b>Mantenimiento Correctivo</b>	Normalmente es menos eficiente energéticamente debido a las ocurrencias de fallas inesperadas y las reparaciones de emergencia que pueden resultar en un uso ineficiente de los recursos.
<b>Mantenimiento Preventivo</b>	Esta estrategia de mantenimiento ayuda a mantener los equipos en buenas condiciones mediante intervenciones programadas, asegurando un consumo energético estable y eficiente a lo largo del tiempo de la vida útil de los equipos.
<b>Mantenimiento Predictivo</b>	Esta estrategia es una buena opción, ya que utiliza tecnologías avanzadas y análisis de datos para predecir y prevenir fallas, optimizando el uso de energía y reduciendo paradas inesperadas que pueden ser energéticamente ineficientes.
<b>Mantenimiento Basado en Condición</b>	Consiste en el monitoreo constante las condiciones del equipo para realizar intervenciones cuando sea necesario, evitando el uso innecesario de energía y manteniendo los equipos operando en sus niveles óptimos.
<b>RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)</b>	Optimiza las estrategias de mantenimiento para maximizar la confiabilidad y eficiencia energética del equipo, considerando todos los factores que impactan la operación.

Tabla 4.10 Estrategias de mantenimiento vs índices de eficiencia energética

Si se combinan los criterios que se han resumido en la Tabla 4.9 con el aporte que las estrategias de mantenimiento a la eficiencia energética señalados en la Tabla 4.10, se puede señalar que la estrategia de mantenimiento que más se acerca a lo que se busca, el RCM es la estrategia ya que:

- RCM se enfoca en comprender la criticidad de cada equipo y proceso dentro de la planta. Esta evaluación permite identificar aquellos equipos de los cuales sus paros no programados impactan fuertemente en la eficiencia energética, este enfoque lleva a priorizar aquellos que deben ser objeto de mantenimiento más minucioso para asegurar un funcionamiento óptimo y eficiente.
- RCM facilita el desarrollo de planes de mantenimiento específicos que optimizan el consumo energético. Al centrarse en la confiabilidad operativa de los equipos, reduciendo el desperdicio de energía y mejorando la eficiencia energética.
- RCM ayuda a anticiparse a la ocurrencia de fallas inesperadas, y minimiza las paradas de emergencia y las paradas no planificadas, que son causas principales de ineficiencia energética. Con RCM se garantiza una operación continua y eficiente, evitando el consumo excesivo de

energía asociado con arranques de paradas frecuentes que generan altos picos de consumo de energía.

- RCM utiliza datos históricos y en tiempo real para monitorear el rendimiento de los equipos. Esta estrategia permite ajustar el mantenimiento según las condiciones reales de operación, asegurando que los equipos siempre funcionen en óptimas condiciones.
- RCM facilita el cumplimiento de normativas y estándares energéticos mediante la implementación de prácticas de mantenimiento que aseguran el cumplimiento regulatorio. También promueve la sostenibilidad al reducir el consumo de energía y las emisiones asociadas.
- RCM puede justificarse económicamente al demostrar que la inversión inicial en tecnologías de monitoreo y análisis se recupera rápidamente mediante la reducción de costos operativos y el ahorro energético. La mejora en la eficiencia energética resulta en una disminución de los gastos en energía a largo plazo.
- RCM permite una mejora constante basada en la retroalimentación y el análisis de los datos recopilados. Esto asegura que la planta siempre esté adaptándose y mejorando sus índices de eficiencia energética.
- RCM incluye la capacitación del personal en técnicas avanzadas de mantenimiento y análisis, lo que mejora la capacidad del equipo para identificar y solucionar problemas de eficiencia energética de manera proactiva.

## 5. Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

- i. Las mediciones realizadas demuestran que existe un desbalance considerable en el suministro de energía. Este desbalance afecta directamente de forma negativa en el rendimiento operativo y de consumo de corriente de los motores de los diferentes sistemas. A pesar de que las mediciones realizadas, fueron pocas y encorto periodo de tiempo, sí demuestran que existen fallas graves en la red eléctrica.
- ii. Este estudio ha demostrado que los índices de eficiencia energética desarrollados son herramientas de que aportan gran valor para evaluar el desempeño energético de los equipos de la planta de fabricación de bloques de concreto MEGA 1. Estos índices proporcionan una representación clara y cuantificable del consumo de energía, lo que permite identificar de manera precisa las áreas susceptibles de mejora. La implementación de estos índices en la planta MEGA 1 confirma su efectividad y aplicabilidad para medir, optimizar y mejorar la eficiencia energética del proceso productivo
- iii. La aplicación de estos índices de eficiencia energética en la selección de estrategias de mantenimiento reveló que la estrategia que mejor se apega a lo que se persigue es (RCM) ya que aplicado de forma efectiva puede reducir el consumo energético y mejorar la confiabilidad operativa de la planta MEGA 1. Ya que permite realizar intervenciones oportunas basadas en el constante monitoreo del estado real de los equipos, evitando los consumos innecesarios de electricidad asociado con mantenimientos innecesarios y reduciendo el riesgo de fallos inesperados.
- iv. La implementación de estrategias de mantenimiento basadas en índices de eficiencia energética tiene el potencial de mejorar considerablemente tanto los costos operativos como el consumo de energía. Esto no solo incrementa la rentabilidad de la planta MEGA 1, sino que también destaca la importancia de integrar la eficiencia energética en la estrategia de mantenimiento.
- v. El estudio denota la necesidad de realizar un enfoque integrado que combine las evaluaciones de la eficiencia energética con la selección de estrategias de mantenimiento. Esta integración permite un mejor aprovechamiento de los recursos y una mejor alineación de las prácticas de mantenimiento con los objetivos de eficiencia energética.

## Recomendaciones

- i. Se recomienda realizar un análisis detallado de la red eléctrica para identificar y corregir el origen del desbalance de fases. Esta revisión puede incluir ajustes en la distribución de cargas, revisión de las conexiones eléctricas y, de ser necesario, la instalación de equipos de corrección de fase, como equilibradores o filtros.
- ii. Se recomienda realizar el estudio detallado de la calidad de energía en la planta de producción, con el fin de identificar y mitigar posibles anomalías en el suministro eléctrico que afecten la eficiencia energética y la confiabilidad de los equipos.
- iii. Se recomienda que la planta de fabricación de bloques de concreto MEGA 1 adopte los índices de eficiencia energética desarrollados como parte fundamental de su sistema de gestión del mantenimiento. Para que este tenga una correcta implementación de estos índices, es esencial que el personal técnico reciba capacitación adecuada sobre su creación, uso y aplicación. Los programas de formación deben abarcar la interpretación de los índices y la implementación de estrategias de mantenimiento basadas en el análisis de datos históricos, asegurando así una gestión efectiva y orientada a la mejora continua de la eficiencia energética.
- iv. Se recomienda realizar constante monitoreo de los parámetros energéticos para mantener la eficacia de los índices de eficiencia energética, y actualizar los índices conforme a los cambios en las condiciones operativas. Se debe establecer un sistema de revisión periódica para asegurar que los índices sigan siendo relevantes y efectivos en la optimización del consumo energético.
- v. Se recomienda la inversión en investigación y desarrollo para explorar nuevas tecnologías y enfoques que complementen los índices de eficiencia energética existentes. La incorporación del análisis predictivo avanzado podría mejorar aún más la capacidad de los índices para optimizar el consumo energético y la gestión del mantenimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (IEA), I. E. (2020). *Energy Technology Perspectives 2020: Special Report on Clean Energy Innovation*. International Energy Agency.
- (NIST), U. N. (2019). *Maintenance Strategies: Corrective, Preventive, and Predictive*. .
- Abduljabbar, H. F.-C. (2018). Condition-based maintenance: A review of methodology and applications. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 24(3), 346-367.
- ausand, M. &. (2020). *Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications*.
- automatismoindustrial. (s.f.). *Formación para la Industria 4.0*. Obtenido de Carga de un motor: <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/motores/1-3-3-motores-asincronos/carga-de-un-motor/>
- Bamber, C. J. (2021). *Maintenance Management: A Guide to Maintenance Improvement*. Routledge.
- Banjevic, D. &. (2019). Benefits of Condition-Based Maintenance Strategies in Industrial Applications. . *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 25(4), 511-526.
- Basak, S. &. (2018). Energy Policy. *Techno-economic analysis of energy efficiency improvement in industrial sectors*, 123, 278-291.
- Bayar, Y. &. (2019). "Energy efficiency, renewable energy, economic growth: Evidence from emerging market economies.". *Quality & Quantity*, 53(4), 2221–2234.
- Bock, T. &. (2017). Robot-oriented design: Advanced construction techniques by industrial robots. . *Automation in Construction*, 85, 100-112.
- Capehart, B. L. (2020). *Guide to Energy Management (9th ed.)*.
- Chong, W. K. (2020). Limitations and Challenges of Preventive Maintenance. *Journal of Facilities Management*, , 18(1), 12-25.
- DCM LINE. (2018). *DOAN MINH CONG JOINT STOCK COMPANY*. Obtenido de <https://dmcline.vn/en/d15-concrete-block-making-machine.html>
- Energy, A. I. (2019). *Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics and Methodologies*. International Energy Agency.
- Energy., U. D. (2021). *Evaluating Maintenance Effectiveness in Industrial Facilities*.
- Erol, I. &. (2018). Energy efficiency and productivity growth: A panel data analysis for the industrial sector. *Energy Economics*, 74, 343-353.
- European Commission. (2020). Brussels: European Commission Publications. *Energy Efficiency Indicators: Understanding the Global Energy Efficiency Market*.
- Fan, H. &. (2018). "Technological innovation, trade openness, CO2 emission and economic growth: comparative analysis between China and India.". *International Journal of Energy Economics and Policy*, , 8(6), 240.

- <https://dmcline.vn>. (2018). *dmcline.en*. Obtenido de DOAN MINH CONG JOINT STOCK COMPANY: <https://dmcline.vn/en/d15-concrete-block-making-machine.html>
- International Energy Agency. (2018). *Energy Efficiency 2018: Analysis and Outlook to 2040*. Paris: IEA Publications.
- Jannuzzi, G. M. (2018). Indicators for energy security and sustainability in Brazil: The role of energy efficiency indicators. *Energy Policy*, 121, 170-179.
- Jardine, A. K. (2020). *Predictive Maintenance of Complex Systems*. Springer.
- Koul, S. &. (2019). Benefits of Preventive Maintenance Strategies in Reducing Equipment Downtime. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 25(2), 237-251.
- Kumar, U. &. (2019). A review of maintenance management: Concepts and practices. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 25(1), 18-47.
- Li, X. &. (2022). Energy Reports. *Optimization of environmental energy efficiency in industrial manufacturing: A focus on reducing CO2 emissions through technology adoption.*, 8, 1643-1653.
- Liu, H. &. (2021). Limitations and Challenges of Implementing Condition-Based Maintenance. *Journal of Maintenance Engineering*, 13(2), 185-200.
- Liyanage, J. P. (2018). A comprehensive review of corrective maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 24(2), 150-171.
- López, J. &. (2020). Evaluación del rendimiento energético en motores industriales: una revisión. *Revista de Energía y Sostenibilidad*, 15(3), 45-56.
- Martinez, A. &. (2021). Challenges and Drawbacks of Reactive Maintenance in Industrial Operations. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 27(2), 254-267.
- Mobley, R. K. (2019). *An introduction to predictive maintenance (2nd ed.)*. Elsevier.
- Motordirect.es™. (2018). *WIKI MotorDirect*. Obtenido de [https://motordirect.es/WIKI/eficiencia\\_energetica\\_en\\_motores\\_electricos.html](https://motordirect.es/WIKI/eficiencia_energetica_en_motores_electricos.html)
- Moubray, J. (2019). *Reliability-Centered Maintenance*. 3rd ed. Butterworth-Heinemann.
- National Research Council. (2019). *Improving Maintenance Strategies: Challenges and Solution*. National Academies Press.
- Nordin, N. &. (2019). A review on preventive maintenance scheduling: Issues and challenges. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 25(2), 299-324.
- Omidvar, M. &. (2021). Enhancing Maintenance Efficiency through Resource Optimization: A Case Study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 27(1), 45-60.
- Patel, S. &. (2021). Optimization of Load Factor to Improve Energy Efficiency in Industrial Processes. *Energy Reports*, 7, 240-250.
- Phylipsen, D. B. (2020). *Methods for the Analysis of Energy Efficiency Indicators: Practical Guide for Data Collection and Analysis*.

- Porter, M. E. (2020). The Link Between Sustainability and Competitive Advantage: Energy Efficiency in Industrial Sectors. *Journal of Business Strategy*, 41(3), 20-35.
- Rodrigues, A. M. (2021). Productivity in Maintenance Operations: Measuring and Improving Performance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 27(2), 165-180.
- Santamarina, J. C. (2020). Journal of Cleaner Production. *Energy efficiency indicators in the context of sustainable industrial processes*.
- Schwab, K. (2019). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Business.
- Smith, D. J. (2019). The Benefits of Reliability-Centered Maintenance in Industrial Applications. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, , 25(4), 485-501.
- Smith, T. &. (2020). Energy Efficiency in Industrial Processes. En T. &. Smith.
- Srinivas, K. &. (2018). Predictive maintenance using big data analytics: A literature review and research agenda. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, , 24(4), 492-518.
- Standardization, I. O. (2019). ISO 50001:2018. *Energy Management Systems: Requirements with Guidance for Use*.
- Turner, C. (2020). *Condition-Based Maintenance: An Approach to Improve Reliability and Optimize Maintenance*. . CRC Press.
- U.S. Department of Energy. (2020). Challenges and Limitations of Condition-Based Maintenance.
- United Nations. (2020). Sustainable Development Goal 7: Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all. *New York: United Nations Publications*.
- Wamba, S. F. (2020). Case Studies and Analysis. *Journal of Manufacturing Processes*. *Benefits of Corrective Maintenance Strategies in Manufacturing Systems*, 56, 349-362.
- Wang, H. &. (2018). Development and Application of Energy Efficiency Indices in Industrial Systems. *Energy Efficiency Journal*, 11(2), 323-334.
- Wang, Q. &. (2020). Evaluating CO2 Emissions in Energy Production: A Comparative Analysis. *Journal of Cleaner Production*, 276.
- Zhang, X. &. (2019). The Role of Energy Efficiency in Achieving Sustainability: A Review of the Environmental Benefits. . *Energy Policy*, 128, 647-658.
- Zhang, Y. &. (2021). Energy Reports. *A technical analysis on the energy efficiency of industrial processes*, 7, 1449-1461.
- Zhou, P. A. (2019). A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. . *European Journal of Operational Research*, 490-509.

FECHA:		TECNICO:					
SISTEMA	COMPONENTE	POTENCIA (HP)	HORA DE MEDICION	VOLTAJE	MEDICION DE CORRIENTE		
					F1	F2	F3
COMPONENTES PRINCIPALES DE SILO PRIMARIO	Compresor de aire	7.5					
COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADORA	Motor	7.5					
	Motor	7.5					
COMPONENTES DE TRANSPORTADOR TIPO TORNILLO	Motorreductor de dosificador	5.0					
COMPONENTES DE MEZCLADOR DE ARIDOS	Motorreductor	25.0					
COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADORA PRIMARIA	Motor	7.5					
COMPONENTES DE MECANISMO DISTRIBUIDOR DE MATERIALES	Motor	7.5					
COMPONENTES DE COMPACTADOR	Bomba hidráulica alta presión	60.0					
	Bomba hidráulica baja presión	60.0					
COMPONENTES DE TRANSPORTADOR DE BLOQUES	Motor	5.0					
COMPONENTES DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Bomba de Agua	5.0					
	Ventilador	7.5					
COMPONENTES DE ALIMENTACION DE COLOR	Agitador	7.5					
COMPONENTES DE ALIMENTADOR DE PIGMENTOS	Motor	7.5					
COMPONENTES DE MEZCLADOR SECUNDARIO	Motorreductor	25.0					
COMPONENTES DE SILO SECUNDARIO	Compresor de aire	7.5					
COMPONENTES DE BANDA TRANSPORTADORA SECUNDARIA	Motor	7.5					
COMPONENTES DE TRANSPORTADOR TIPO TORNILLO DEL SISTEMA SECUNDARIO	motor	5.0					
	Motorreductor de dosificador	5.0					
COMPONENTES DE ELEVADOR DE BANDEJAS	Motor eléctrico	25.0					
	Motor eléctrico	25.0					
COMPONENTES DE CARRO DE TRASBORDO	Motor eléctrico	25.0					
	Motor eléctrico	25.0					
COMPONENTES DE DESCENSOR	Motor eléctrico	25.0					
COMPONENTES DE TRANSPORTADOR DE BLOQUES SECADOS	Motor hidráulico	5.0					
COMPONENTES DE TRANSPORTADOR HORIZONTAL	Motor electrico	5.0					
COMPONENTES DE CUBADOR	Motor eléctrico	5.0					
	Motor de rotación	3.0					
COMPONENTES DE TRANSPORTADOR TIPO CADENA	Motor electrico	5.0					
COMPONENTES DE VOLTEADOR Y RECOLECTOR	Motor electrico	5.0					

**ANEXO A. Formato para recolección de información.**

**ANEXO B. Tabulación de mediciones realizadas y valor promedio.**

MEDICION DE VOLTAJE	
FECHA	440 VDC
7/5/2024	435.20
8/5/2024	432.91
9/5/2024	442.61
10/5/2024	439.48
11/5/2024	436.86
12/5/2024	438.24
13/5/2024	438.13
14/5/2024	436.32
15/5/2024	436.94
16/5/2024	434.37
17/5/2024	435.15
18/5/2024	440.56
19/5/2024	440.09
20/5/2024	431.67
21/5/2024	437.48
22/5/2024	432.87
23/5/2024	442.71
24/5/2024	444.07
25/5/2024	436.90
26/5/2024	430.14
27/5/2024	438.73
28/5/2024	435.21
29/5/2024	435.48
30/5/2024	437.76
31/5/2024	434.60
<b>PROMEDIO</b>	<b>436.98</b>

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)
SILO PRIMARIO	COMPRESOR DE AIRE	1.0	7.5
FECHA	FASE A	FASE B	FASE C
7/5/2024	11.3	11.3	11.1
8/5/2024	9.3	9.0	10.6
9/5/2024	10.9	10.2	9.3
10/5/2024	10.1	10.2	10.4
11/5/2024	11.1	10.9	11.3
12/5/2024	10.7	10.4	11.1
13/5/2024	10.1	10.2	9.6
14/5/2024	11.1	9.8	10.9
15/5/2024	9.0	10.9	9.5
16/5/2024	10.0	10.0	10.0
17/5/2024	9.2	9.3	10.5
18/5/2024	11.2	11.3	10.4
19/5/2024	10.5	9.1	10.5
20/5/2024	10.9	10.7	9.1
21/5/2024	9.7	10.4	9.0
22/5/2024	10.5	11.2	10.6
23/5/2024	11.3	9.7	10.3
24/5/2024	10.2	9.8	10.2
25/5/2024	9.0	9.3	9.7
26/5/2024	10.7	11.4	10.2
27/5/2024	10.7	10.1	11.1
28/5/2024	9.8	10.8	9.4
29/5/2024	10.5	9.8	11.4
30/5/2024	10.9	10.1	10.0
31/5/2024	10.3	10.9	10.4
<b>PROMEDIO</b>	<b>10.4</b>	<b>9.9</b>	<b>10.1</b>
		<b>10.4</b>	

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)
BANDA TRANSPORTADORA	1. MOTOR ELECTRICO	1.0	7.5	2. MOTOR ELECTRICO	1.0	7.5
FECHA	FASE A	FASE B	FASE C	FASE A	FASE B	FASE C
7/5/2024	9.9	9.5	9.5	9.5	9.4	9.0
8/5/2024	11.0	9.7	9.2	10.1	11.0	10.5
9/5/2024	10.3	10.9	11.3	11.1	11.2	9.3
10/5/2024	10.2	11.1	9.4	11.3	9.1	9.2
11/5/2024	10.5	11.4	10.4	11.5	11.1	9.6
12/5/2024	9.3	10.8	10.6	9.7	10.6	10.3
13/5/2024	9.8	10.5	9.1	10.2	11.4	9.8
14/5/2024	10.9	10.0	9.4	10.1	11.2	10.5
15/5/2024	11.2	9.0	10.7	11.4	9.2	10.9
16/5/2024	10.0	9.6	10.3	9.2	10.7	9.3
17/5/2024	9.6	10.9	10.2	9.6	10.3	9.4
18/5/2024	10.7	9.2	10.2	9.3	9.3	10.8
19/5/2024	10.6	10.8	11.1	11.0	11.2	10.3
20/5/2024	9.3	9.7	9.4	10.2	10.7	11.3
21/5/2024	10.0	10.9	9.5	10.1	10.8	10.9
22/5/2024	9.2	10.8	9.9	9.8	10.6	10.9
23/5/2024	9.1	9.9	10.4	11.1	9.8	9.6
24/5/2024	9.9	10.8	10.8	10.3	11.1	9.3
25/5/2024	9.3	11.5	10.6	9.4	9.5	11.3
26/5/2024	10.9	9.4	10.8	9.2	10.3	10.2
27/5/2024	9.3	9.8	10.0	9.5	10.0	10.4
28/5/2024	9.5	10.0	10.2	10.9	9.7	11.1
29/5/2024	9.5	9.0	9.6	10.5	10.1	10.7
30/5/2024	9.4	9.8	11.4	10.7	9.9	10.6
31/5/2024	9.6	9.1	9.6	9.6	9.5	10.0
<b>ROMEDIO</b>	<b>9.9</b>	<b>10.1</b>	<b>10.0</b>	<b>10.2</b>	<b>10.0</b>	<b>10.1</b>
	<b>10.0</b>			<b>10.1</b>		

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)	SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)
<b>TRANSPORTADOR TIPO TORNILLO</b>	<b>MOTOREDUCTOR DOSIFICADOR</b>	<b>1.0</b>	<b>5.0</b>	<b>MEZCLADOR DE ARIDOS</b>	<b>MOTOREDUCTOR</b>	<b>1.0</b>	<b>25.0</b>
<b>FECHA</b>	<b>FASE A</b>	<b>FASE B</b>	<b>FASE C</b>	<b>FECHA</b>	<b>FASE A</b>	<b>FASE B</b>	<b>FASE C</b>
7/5/2024	7.3	7.2	6.4	7/5/2024	36.1	37.5	36.9
8/5/2024	6.5	7.1	7.2	8/5/2024	36.5	37.9	37.7
9/5/2024	6.7	6.5	7.3	9/5/2024	36.7	36.0	37.7
10/5/2024	7.2	6.3	7.6	10/5/2024	36.5	36.2	36.3
11/5/2024	7.1	6.8	6.4	11/5/2024	37.0	37.5	36.5
12/5/2024	6.5	7.4	7.6	12/5/2024	36.3	38.0	38.1
13/5/2024	7.4	7.5	6.7	13/5/2024	37.1	38.0	36.4
14/5/2024	7.5	6.7	6.8	14/5/2024	37.2	37.1	36.8
15/5/2024	7.4	6.7	7.0	15/5/2024	37.6	36.1	37.4
16/5/2024	7.2	7.1	7.0	16/5/2024	37.1	37.9	37.1
17/5/2024	7.0	6.5	7.4	17/5/2024	38.1	37.9	37.2
18/5/2024	6.7	7.0	7.5	18/5/2024	36.8	37.7	37.4
19/5/2024	6.4	6.9	7.5	19/5/2024	36.0	36.9	36.8
20/5/2024	6.2	6.8	7.4	20/5/2024	37.1	36.1	37.8
21/5/2024	7.1	7.3	7.2	21/5/2024	36.7	37.8	36.6
22/5/2024	6.4	7.0	7.4	22/5/2024	37.3	36.5	36.1
23/5/2024	7.6	6.8	6.9	23/5/2024	38.0	37.0	36.7
24/5/2024	6.3	6.5	7.1	24/5/2024	36.3	37.2	37.6
25/5/2024	7.3	6.5	6.3	25/5/2024	36.8	37.8	38.0
26/5/2024	7.5	6.5	7.5	26/5/2024	37.0	36.6	37.0
27/5/2024	6.9	6.6	6.5	27/5/2024	36.2	37.9	37.5
28/5/2024	6.8	6.9	6.3	28/5/2024	37.8	37.3	37.8
29/5/2024	6.3	6.8	7.1	29/5/2024	38.0	38.1	37.0
30/5/2024	6.9	6.6	7.3	30/5/2024	38.2	37.0	36.1
31/5/2024	6.4	6.7	6.9	31/5/2024	36.4	36.6	36.5
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.9</b>	<b>6.6</b>	<b>7.0</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>37.0</b>	<b>35.8</b>	<b>36.6</b>
	<b>6.8</b>				<b>36.5</b>		

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)	SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)
BANDA TRANSPORTADORA PRIMARIA	Motor	1.0	7.5	MECANISMO DISTRIBUIDOR	Motor	1.0	7.5
FECHA	FASE A	FASE B	FASE C	FECHA	FASE A	FASE B	FASE C
7/5/2024	9.2	10.8	9.7	7/5/2024	10.4	11.2	11.2
8/5/2024	11.2	11.3	11.2	8/5/2024	9.7	11.2	11.2
9/5/2024	10.4	11.0	9.7	9/5/2024	11.2	11.3	9.5
10/5/2024	10.5	10.1	10.0	10/5/2024	10.0	10.4	10.4
11/5/2024	9.8	9.2	9.7	11/5/2024	10.1	10.0	11.2
12/5/2024	9.6	11.4	10.4	12/5/2024	10.7	10.1	9.2
13/5/2024	11.2	9.7	11.1	13/5/2024	10.0	9.2	9.5
14/5/2024	9.3	10.5	9.9	14/5/2024	9.8	11.0	10.7
15/5/2024	10.5	10.1	9.0	15/5/2024	11.4	10.6	9.6
16/5/2024	9.6	10.5	9.6	16/5/2024	9.3	10.7	10.3
17/5/2024	11.4	10.1	9.7	17/5/2024	11.3	11.4	11.0
18/5/2024	9.8	10.3	9.4	18/5/2024	9.5	10.0	10.5
19/5/2024	10.7	10.4	10.8	19/5/2024	10.8	10.5	9.2
20/5/2024	9.0	9.1	9.8	20/5/2024	11.1	9.8	9.9
21/5/2024	10.0	10.8	11.3	21/5/2024	9.9	11.3	11.1
22/5/2024	9.7	10.7	10.7	22/5/2024	9.8	11.1	9.7
23/5/2024	9.9	9.3	10.3	23/5/2024	9.5	10.8	11.1
24/5/2024	9.2	9.7	10.2	24/5/2024	11.3	10.0	9.6
25/5/2024	10.3	9.2	9.2	25/5/2024	10.6	9.6	10.2
26/5/2024	10.1	9.1	10.8	26/5/2024	10.0	11.1	10.3
27/5/2024	11.4	9.4	11.3	27/5/2024	10.4	11.0	10.3
28/5/2024	10.8	11.0	10.8	28/5/2024	10.7	9.2	10.2
29/5/2024	11.2	9.5	9.7	29/5/2024	9.6	11.4	10.2
30/5/2024	9.9	9.9	11.4	30/5/2024	10.5	10.0	10.5
31/5/2024	9.3	9.0	11.3	31/5/2024	10.9	9.7	10.9
<b>PROMEDIO</b>	<b>10.2</b>	<b>9.7</b>	<b>10.2</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>10.3</b>	<b>10.1</b>	<b>10.2</b>
	<b>10.0</b>				<b>10.2</b>		

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)
COMPACTADOR	1. BOMBA HIDRAULICA	1.0	60.0	2. BOMBA HIDRAULICA	1.0	60.0
FECHA	FASE A	FASE B	FASE C	FASE A	FASE B	FASE C
7/5/2024	90.1	87.5	91.4	90.2	90.7	87.5
8/5/2024	87.3	88.4	86.5	87.5	88.4	87.3
9/5/2024	88.7	91.6	85.8	88.3	90.6	89.1
10/5/2024	88.1	90.9	89.5	90.0	89.4	91.6
11/5/2024	89.3	88.9	85.8	85.9	85.0	85.6
12/5/2024	90.5	86.1	87.0	87.4	88.7	88.5
13/5/2024	88.9	87.4	91.3	86.6	85.9	87.6
14/5/2024	90.6	89.6	88.1	89.9	89.0	86.2
15/5/2024	89.2	89.5	86.8	86.7	86.6	87.3
16/5/2024	90.3	87.8	89.7	87.3	90.8	91.6
17/5/2024	90.8	89.7	87.9	91.0	86.7	90.7
18/5/2024	88.4	89.7	91.5	86.8	87.6	90.2
19/5/2024	91.5	85.5	86.2	91.0	87.0	85.6
20/5/2024	87.4	91.4	87.2	86.4	90.4	86.6
21/5/2024	89.4	85.4	90.3	88.1	86.2	85.7
22/5/2024	86.1	87.4	86.1	86.6	87.4	88.8
23/5/2024	86.7	90.6	90.1	87.7	88.9	86.5
24/5/2024	91.3	86.9	87.3	88.0	90.8	89.6
25/5/2024	88.0	89.5	85.5	87.7	88.6	89.1
26/5/2024	86.4	91.5	90.8	86.2	86.1	88.5
27/5/2024	89.1	87.3	90.3	90.0	90.6	90.1
28/5/2024	90.2	91.0	88.1	86.1	86.3	91.5
29/5/2024	88.1	85.5	85.8	88.5	88.4	85.6
30/5/2024	90.9	88.6	89.9	88.3	89.5	88.2
31/5/2024	89.0	89.1	88.2	87.1	87.9	89.8
<b>PROMEDIO</b>	<b>89.1</b>	<b>85.3</b>	<b>87.2</b>	<b>88.0</b>	<b>84.9</b>	<b>87.3</b>
	<b>87.2</b>			<b>86.7</b>		

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Bomba de Agua	1.0	5.0	Ventilador	1.0	7.5
FECHA	FASE A	FASE B	FASE C	FASE A	FASE B	FASE C
7/5/2024	6.9	6.1	6.4	11.0	10.9	10.6
8/5/2024	6.3	7.1	7.3	11.0	10.9	11.2
9/5/2024	7.0	6.3	7.2	10.6	10.1	10.2
10/5/2024	6.3	7.3	7.3	11.2	10.9	11.2
11/5/2024	7.0	6.2	7.1	10.0	10.7	11.0
12/5/2024	7.0	6.3	6.9	11.3	10.7	10.3
13/5/2024	6.5	6.7	6.2	11.2	11.0	11.0
14/5/2024	6.1	7.1	6.3	10.4	10.8	10.2
15/5/2024	6.6	6.2	6.9	10.9	10.8	10.4
16/5/2024	7.2	6.5	7.2	10.3	10.1	10.4
17/5/2024	6.3	6.7	6.3	10.1	10.4	10.1
18/5/2024	7.1	6.2	7.0	11.1	10.2	11.3
19/5/2024	6.6	7.0	6.3	10.5	10.6	11.1
20/5/2024	6.3	6.9	6.5	10.6	10.9	10.7
21/5/2024	6.4	6.3	7.1	10.2	10.1	11.1
22/5/2024	6.2	6.5	7.0	10.5	10.5	10.5
23/5/2024	6.8	7.2	6.6	10.2	11.3	11.3
24/5/2024	6.6	6.7	7.3	10.7	11.1	10.3
25/5/2024	6.8	7.1	7.3	10.7	10.8	10.1
26/5/2024	6.6	6.9	6.5	10.7	10.9	11.0
27/5/2024	6.1	6.9	6.8	10.1	10.4	10.3
28/5/2024	6.8	6.1	6.3	10.2	10.2	10.3
29/5/2024	6.8	6.7	6.4	10.2	10.2	11.2
30/5/2024	6.8	6.4	7.3	10.1	10.8	11.1
31/5/2024	6.4	6.3	6.5	11.1	10.8	10.8
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.6</b>	<b>6.4</b>	<b>6.7</b>	<b>10.6</b>	<b>10.3</b>	<b>10.6</b>
	<b>6.6</b>			<b>10.5</b>		

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)	SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)
TRANSPORTADOR DE BLOQUES	Motor	1.0	5.0	ALIMENTACION DE COLOR	AGITADOR	1.0	7.5
FECHA	FASE A	FASE B	FASE C	FECHA	FASE A	FASE B	FASE C
7/5/2024	7.0	6.7	7.2	7/5/2024	10.4	11.1	10.6
8/5/2024	6.7	6.9	6.5	8/5/2024	9.6	10.2	10.9
9/5/2024	7.1	6.2	6.8	9/5/2024	10.3	10.1	11.0
10/5/2024	6.4	6.6	7.3	10/5/2024	11.0	10.6	10.4
11/5/2024	6.9	6.4	7.2	11/5/2024	10.3	10.1	10.8
12/5/2024	7.2	7.0	6.6	12/5/2024	9.6	10.1	10.1
13/5/2024	6.2	7.3	6.5	13/5/2024	10.5	10.3	11.0
14/5/2024	6.6	7.0	6.4	14/5/2024	10.3	11.0	10.4
15/5/2024	6.4	6.5	7.2	15/5/2024	10.7	10.3	11.4
16/5/2024	7.1	6.8	6.5	16/5/2024	11.2	10.8	11.2
17/5/2024	6.7	6.5	6.2	17/5/2024	11.1	10.1	9.9
18/5/2024	7.0	7.2	6.7	18/5/2024	10.9	9.9	10.9
19/5/2024	6.2	6.1	7.0	19/5/2024	9.6	10.4	9.8
20/5/2024	6.7	6.9	6.7	20/5/2024	9.8	9.7	11.4
21/5/2024	7.3	6.5	7.2	21/5/2024	10.5	10.5	9.7
22/5/2024	6.9	7.1	7.2	22/5/2024	10.0	9.8	10.1
23/5/2024	6.5	6.7	7.1	23/5/2024	9.8	10.1	9.8
24/5/2024	7.1	7.0	6.3	24/5/2024	9.9	11.1	10.4
25/5/2024	6.9	6.9	7.0	25/5/2024	10.5	11.0	10.4
26/5/2024	6.5	6.2	6.5	26/5/2024	10.2	11.4	10.6
27/5/2024	7.1	6.8	6.3	27/5/2024	11.3	9.9	10.3
28/5/2024	7.3	6.8	6.4	28/5/2024	10.3	10.7	9.7
29/5/2024	6.9	7.1	6.3	29/5/2024	10.7	11.3	11.4
30/5/2024	7.0	6.8	7.0	30/5/2024	10.8	9.7	11.4
31/5/2024	6.9	6.8	6.3	31/5/2024	9.9	9.9	10.3
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.8</b>	<b>6.5</b>	<b>6.7</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>10.4</b>	<b>10.0</b>	<b>10.4</b>
	<b>6.7</b>				<b>10.3</b>		

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA ( HP )	SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA ( HP )
ALIMENTADOR DE PIGMENTOS	MOTOR	1.0	7.5	MEZCLADOR SECUNDARIO	MOTOREDUCTOR	1.0	25.0
FECHA	FASE A	FASE B	FASE C	FECHA	FASE A	FASE B	FASE C
7/5/2024	10.9	10.6	11.2	7/5/2024	36.2	36.8	38.0
8/5/2024	10.5	10.9	11.3	8/5/2024	38.2	37.7	37.6
9/5/2024	11.1	11.0	10.5	9/5/2024	37.6	36.6	36.2
10/5/2024	11.0	10.9	11.3	10/5/2024	36.9	36.4	38.3
11/5/2024	10.5	11.1	11.0	11/5/2024	36.8	36.1	36.7
12/5/2024	10.9	11.3	11.2	12/5/2024	36.2	37.9	38.1
13/5/2024	11.1	11.1	10.7	13/5/2024	37.2	37.1	36.8
14/5/2024	10.9	11.4	10.8	14/5/2024	36.1	37.6	36.2
15/5/2024	11.1	11.4	11.1	15/5/2024	37.1	37.8	37.0
16/5/2024	11.4	11.2	11.3	16/5/2024	36.6	37.5	36.6
17/5/2024	11.0	11.0	11.4	17/5/2024	36.0	36.1	37.6
18/5/2024	10.6	10.7	10.5	18/5/2024	36.7	36.5	36.3
19/5/2024	10.9	10.5	10.9	19/5/2024	38.1	37.0	37.6
20/5/2024	11.1	10.5	11.5	20/5/2024	37.7	37.4	36.7
21/5/2024	11.2	10.6	10.7	21/5/2024	37.7	38.2	36.0
22/5/2024	11.0	10.9	10.9	22/5/2024	37.0	36.1	37.5
23/5/2024	11.0	10.8	10.7	23/5/2024	36.2	37.7	36.6
24/5/2024	11.2	10.7	10.7	24/5/2024	37.6	37.6	36.4
25/5/2024	11.3	10.5	10.7	25/5/2024	37.5	36.7	36.6
26/5/2024	11.3	10.9	10.8	26/5/2024	36.0	37.1	37.0
27/5/2024	10.9	10.8	11.3	27/5/2024	38.0	36.5	36.5
28/5/2024	10.5	10.9	11.0	28/5/2024	38.0	36.7	36.5
29/5/2024	11.3	10.6	11.1	29/5/2024	38.1	37.5	36.2
30/5/2024	10.7	10.9	11.3	30/5/2024	36.2	38.3	37.0
31/5/2024	10.7	11.4	11.2	31/5/2024	36.8	37.9	37.9
<b>PROMEDIO</b>	<b>11.0</b>	<b>10.5</b>	<b>10.9</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>37.1</b>	<b>35.8</b>	<b>36.5</b>
	<b>10.8</b>				<b>36.4</b>		

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA ( HP )	SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA ( HP )
SILO SECUNDARIO	COMPRESOR DE AIRE	1.0	7.5	BANDA TRANSP. SECUNDARIO	COMPRESOR DE AIRE	1.0	7.5
FECHA	FASE A	FASE B	FASE C	FECHA	FASE A	FASE B	FASE C
7/5/2024	10.8	11.0	9.3	7/5/2024	11.3	9.4	9.5
8/5/2024	10.2	9.8	10.1	8/5/2024	11.1	11.1	10.9
9/5/2024	10.7	10.8	9.5	9/5/2024	10.7	10.1	9.2
10/5/2024	10.5	9.9	10.0	10/5/2024	10.9	10.8	9.9
11/5/2024	11.0	9.4	10.4	11/5/2024	10.2	9.8	10.3
12/5/2024	10.4	9.3	10.0	12/5/2024	11.3	10.1	10.8
13/5/2024	9.8	9.3	9.8	13/5/2024	10.4	11.2	9.7
14/5/2024	9.5	9.7	9.5	14/5/2024	10.8	11.4	9.8
15/5/2024	9.4	10.8	10.1	15/5/2024	10.1	9.1	10.0
16/5/2024	9.5	9.2	9.1	16/5/2024	11.2	9.4	9.2
17/5/2024	9.6	10.2	9.7	17/5/2024	9.1	10.8	9.8
18/5/2024	10.3	9.1	9.9	18/5/2024	11.3	9.6	10.8
19/5/2024	9.1	9.3	9.4	19/5/2024	11.0	9.2	10.0
20/5/2024	9.9	10.7	9.9	20/5/2024	10.9	9.7	10.9
21/5/2024	10.5	9.8	9.5	21/5/2024	10.9	11.1	9.6
22/5/2024	9.5	9.9	10.8	22/5/2024	10.7	11.4	10.5
23/5/2024	10.7	10.3	10.4	23/5/2024	11.3	10.8	9.3
24/5/2024	10.4	10.9	9.7	24/5/2024	10.3	10.9	11.2
25/5/2024	9.7	10.2	11.0	25/5/2024	11.0	11.3	10.9
26/5/2024	9.4	10.5	10.6	26/5/2024	9.6	9.9	11.2
27/5/2024	10.8	11.0	10.1	27/5/2024	9.9	9.0	9.8
28/5/2024	10.2	9.2	9.5	28/5/2024	10.7	9.4	9.8
29/5/2024	9.2	9.7	10.1	29/5/2024	9.4	10.0	9.2
30/5/2024	10.3	10.0	9.5	30/5/2024	9.9	11.2	10.0
31/5/2024	10.8	10.1	10.3	31/5/2024	10.3	9.7	10.9
<b>PROMEDIO</b>	<b>10.1</b>	<b>9.7</b>	<b>9.8</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>10.6</b>	<b>9.9</b>	<b>10.0</b>
	<b>9.9</b>				<b>10.2</b>		

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)
ELEVADOR DE BANDEJAS	1 MOTOR ELECTRICO	1.0	25.0	2. MOTOR ELECTRICO	1.0	25.0
FECHA	FASE A	FASE B	FASE C	FASE A	FASE B	FASE C
7/5/2024	37.1	37.2	36.7	36.4	37.9	36.9
8/5/2024	36.3	37.7	38.3	37.6	36.9	37.5
9/5/2024	38.0	38.0	36.3	36.5	38.2	36.5
10/5/2024	38.1	37.5	37.7	38.1	37.0	37.4
11/5/2024	36.6	36.9	36.2	36.3	38.1	38.0
12/5/2024	37.3	37.2	37.4	37.8	36.6	36.1
13/5/2024	38.1	37.4	38.1	36.6	36.0	37.9
14/5/2024	38.1	38.1	37.6	37.8	37.3	37.5
15/5/2024	36.1	37.2	37.6	38.1	37.5	37.1
16/5/2024	38.3	36.2	38.2	36.6	36.6	36.1
17/5/2024	38.0	37.6	36.9	37.1	37.4	37.4
18/5/2024	36.4	37.2	37.9	36.8	38.0	36.9
19/5/2024	37.1	38.0	38.0	37.6	38.1	36.3
20/5/2024	37.5	36.4	37.7	37.0	37.9	37.9
21/5/2024	37.9	36.1	37.1	36.9	36.3	38.0
22/5/2024	38.0	37.3	38.0	37.9	38.1	36.0
23/5/2024	38.0	36.4	37.2	36.6	38.0	37.5
24/5/2024	38.1	36.0	37.6	37.0	37.6	37.6
25/5/2024	37.2	36.6	38.1	37.5	37.5	36.0
26/5/2024	36.0	36.8	37.2	37.2	36.1	37.5
27/5/2024	37.7	36.9	37.2	36.7	36.8	36.9
28/5/2024	37.8	36.0	36.3	37.8	37.0	38.1
29/5/2024	36.2	36.0	37.6	37.9	37.5	36.7
30/5/2024	36.9	37.5	36.8	36.5	36.9	37.6
31/5/2024	37.9	36.3	36.7	38.3	37.0	37.0
<b>PROMEDIO</b>	<b>37.4</b>	<b>35.6</b>	<b>36.9</b>	<b>37.2</b>	<b>35.9</b>	<b>36.7</b>
	<b>36.6</b>			<b>36.6</b>		

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)
CARRO DE TRASBORDO	1. MOTOR ELECTRICO	1.0	25.0	2.MOTOR ELECTRICO	1.0	25.0
FECHA	FASE A	FASE B	FASE C	FASE A	FASE B	FASE C
7/5/2024	35.2	37.4	37.8	35.9	35.9	37.4
8/5/2024	36.3	35.5	37.8	35.1	36.6	35.6
9/5/2024	37.7	37.5	36.5	35.2	36.9	35.1
10/5/2024	37.0	36.2	36.4	36.3	37.2	35.7
11/5/2024	35.1	36.8	35.5	37.1	37.8	37.0
12/5/2024	37.9	35.5	37.8	37.7	36.8	36.4
13/5/2024	35.3	36.1	35.3	36.7	35.5	36.1
14/5/2024	37.0	37.6	36.6	35.2	37.9	37.8
15/5/2024	37.5	36.8	35.0	37.4	37.8	36.1
16/5/2024	35.3	35.5	36.4	36.6	37.3	35.8
17/5/2024	35.6	36.5	36.3	36.6	37.8	37.8
18/5/2024	36.3	36.7	36.0	35.9	36.4	36.4
19/5/2024	37.2	35.7	35.3	37.4	37.0	37.4
20/5/2024	36.2	37.3	35.7	37.6	37.7	37.1
21/5/2024	36.9	35.9	37.2	37.1	37.8	35.2
22/5/2024	36.4	37.1	36.0	36.2	36.5	36.0
23/5/2024	36.3	35.6	35.0	35.2	37.8	36.1
24/5/2024	37.1	36.2	37.0	36.9	37.0	36.7
25/5/2024	37.2	37.3	36.1	35.3	36.6	37.9
26/5/2024	36.4	35.8	37.0	36.4	36.9	37.4
27/5/2024	35.1	36.2	37.1	37.6	35.1	35.3
28/5/2024	35.4	37.7	36.7	37.3	37.7	36.5
29/5/2024	35.6	35.0	36.9	37.4	37.1	35.2
30/5/2024	35.0	35.4	36.0	37.9	35.9	37.7
31/5/2024	36.5	36.5	36.9	35.8	35.4	35.2
<b>PROMEDIO</b>	<b>36.3</b>	<b>35.0</b>	<b>36.0</b>	<b>36.6</b>	<b>35.5</b>	<b>36.0</b>
	<b>35.8</b>			<b>36.0</b>		

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)	SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)
TRANSPORTADOR TIPO TORNILLO DEL SISTEMA SECUNDARIO	MOTOR	1.0	7.5	DESCENSOR	MOTOR ELECTRICO	1.0	25.0
FECHA	FASE A	FASE B	FASE C	FECHA	FASE A	FASE B	FASE C
7/5/2024	9.4	7.6	7.6	7/5/2024	37.3	35.1	37.2
8/5/2024	11.1	7.0	7.2	8/5/2024	36.2	36.9	36.3
9/5/2024	10.1	7.1	7.1	9/5/2024	37.2	37.1	36.1
10/5/2024	10.8	7.1	6.5	10/5/2024	35.3	35.5	35.7
11/5/2024	9.8	6.8	7.1	11/5/2024	35.6	35.2	35.2
12/5/2024	10.1	6.6	6.7	12/5/2024	36.9	36.0	36.7
13/5/2024	11.2	6.6	6.8	13/5/2024	35.2	37.2	36.0
14/5/2024	11.4	7.2	6.6	14/5/2024	36.8	35.4	36.2
15/5/2024	9.1	6.7	6.9	15/5/2024	35.5	36.7	36.9
16/5/2024	9.4	6.6	7.2	16/5/2024	35.0	35.9	36.7
17/5/2024	10.8	6.8	6.6	17/5/2024	35.1	36.0	36.6
18/5/2024	9.6	6.6	7.4	18/5/2024	35.0	35.8	35.7
19/5/2024	9.2	7.2	7.6	19/5/2024	37.4	35.3	35.7
20/5/2024	9.7	7.4	7.4	20/5/2024	36.8	37.3	35.8
21/5/2024	11.1	7.4	6.7	21/5/2024	37.3	37.4	36.4
22/5/2024	11.4	6.7	6.9	22/5/2024	36.0	35.2	37.1
23/5/2024	10.8	6.6	7.5	23/5/2024	37.1	37.2	37.4
24/5/2024	10.9	7.3	6.9	24/5/2024	36.5	35.0	35.1
25/5/2024	11.3	6.7	7.5	25/5/2024	36.2	35.5	35.2
26/5/2024	9.9	7.1	7.4	26/5/2024	36.5	36.9	36.4
27/5/2024	9.0	6.6	7.4	27/5/2024	36.5	36.2	35.1
28/5/2024	9.4	7.3	7.2	28/5/2024	36.5	35.5	36.1
29/5/2024	10.0	7.2	7.0	29/5/2024	35.7	37.2	35.7
30/5/2024	11.2	7.2	7.4	30/5/2024	37.3	36.4	37.3
31/5/2024	9.7	6.8	6.9	31/5/2024	35.9	37.4	36.9
<b>PROMEDIO</b>	<b>10.3</b>	<b>6.7</b>	<b>7.1</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>36.3</b>	<b>34.9</b>	<b>35.8</b>
		<b>8.0</b>				<b>35.6</b>	

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)	SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)
TRANSPORTADOR DE BLOQUES SECADOS	MOTOR ELECTRICO	1.0	5.0	TRANSPORTADOR HORIZONTAL	MOTOR ELECTRICO	1.0	5.0
FECHA	FASE A	FASE B	FASE C	FECHA	FASE A	FASE B	FASE C
7/5/2024	7.6	7.6	7.6	7/5/2024	6.7	6.6	7.1
8/5/2024	6.7	6.7	7.4	8/5/2024	7.1	7.6	6.6
9/5/2024	6.4	6.9	7.0	9/5/2024	7.5	7.3	6.7
10/5/2024	6.2	7.3	7.3	10/5/2024	6.4	7.5	6.6
11/5/2024	6.9	7.1	6.9	11/5/2024	6.1	7.2	7.3
12/5/2024	6.4	7.5	6.9	12/5/2024	6.4	6.9	7.2
13/5/2024	6.4	6.8	6.9	13/5/2024	7.4	6.5	7.3
14/5/2024	7.0	6.5	7.4	14/5/2024	6.7	7.5	7.3
15/5/2024	6.7	7.3	7.0	15/5/2024	7.5	7.4	7.6
16/5/2024	6.6	6.6	7.1	16/5/2024	6.4	7.4	7.6
17/5/2024	6.6	6.8	6.6	17/5/2024	6.1	7.5	7.3
18/5/2024	7.1	7.3	6.8	18/5/2024	7.2	6.5	7.5
19/5/2024	7.0	6.7	6.7	19/5/2024	6.9	7.1	7.0
20/5/2024	6.4	7.4	7.4	20/5/2024	7.2	7.3	6.8
21/5/2024	6.8	7.2	7.4	21/5/2024	7.5	7.5	6.8
22/5/2024	7.4	6.6	7.5	22/5/2024	6.5	6.9	7.3
23/5/2024	6.6	6.5	6.8	23/5/2024	6.7	7.2	6.7
24/5/2024	6.7	7.3	6.7	24/5/2024	6.1	6.6	7.6
25/5/2024	7.4	7.5	6.6	25/5/2024	6.8	6.6	7.2
26/5/2024	6.5	6.9	7.4	26/5/2024	6.9	6.9	6.6
27/5/2024	6.8	6.6	6.7	27/5/2024	6.1	6.7	7.2
28/5/2024	6.9	7.2	6.7	28/5/2024	7.0	7.0	6.8
29/5/2024	7.0	6.9	7.1	29/5/2024	6.7	7.0	7.3
30/5/2024	6.6	7.4	7.4	30/5/2024	6.9	7.3	6.6
31/5/2024	6.9	7.4	7.1	31/5/2024	6.4	7.6	7.2
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.8</b>	<b>6.8</b>	<b>7.0</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>6.8</b>	<b>6.9</b>	<b>7.0</b>
	<b>6.9</b>				<b>6.9</b>		

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)
CUBADOR	MOTOR ELECTRICO	1.0	5.0	MOTOR ELECTRICO	1.0	3.0
FECHA	FASE A	FASE B	FASE C	FASE A	FASE B	FASE C
7/5/2024	7.2	7.0	7.3	4.1	3.8	4.0
8/5/2024	6.8	7.1	6.9	4.6	3.8	3.8
9/5/2024	7.1	6.8	6.5	4.6	4.4	4.4
10/5/2024	7.1	7.3	6.9	4.3	4.1	4.3
11/5/2024	7.4	7.1	7.5	4.0	4.0	4.0
12/5/2024	7.3	6.6	6.9	4.0	4.4	3.9
13/5/2024	6.8	6.6	6.8	4.0	4.0	4.5
14/5/2024	7.2	7.5	7.4	4.0	4.1	4.2
15/5/2024	6.9	6.7	7.2	4.4	4.2	4.6
16/5/2024	7.0	7.5	6.8	3.9	4.4	4.6
17/5/2024	6.1	7.0	6.9	4.0	4.5	4.3
18/5/2024	7.0	7.1	7.2	3.9	3.8	4.6
19/5/2024	7.2	7.6	6.9	4.1	3.9	4.5
20/5/2024	6.2	7.2	7.2	4.2	4.2	4.4
21/5/2024	7.0	7.5	6.8	3.9	4.5	4.4
22/5/2024	6.4	7.2	7.0	4.2	4.3	4.2
23/5/2024	6.0	7.4	7.0	4.3	4.4	3.8
24/5/2024	7.1	6.7	6.6	4.5	4.2	4.6
25/5/2024	7.5	7.0	7.4	4.1	4.6	3.9
26/5/2024	7.3	7.3	7.3	4.2	4.4	4.1
27/5/2024	6.0	7.5	7.5	4.5	4.6	4.5
28/5/2024	7.4	7.5	7.4	3.9	4.4	4.0
29/5/2024	6.5	6.5	7.5	4.5	3.9	4.1
30/5/2024	6.2	7.5	7.4	4.5	4.0	4.2
31/5/2024	6.6	7.3	7.4	4.5	3.9	4.3
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.8</b>	<b>6.9</b>	<b>7.0</b>	<b>4.2</b>	<b>4.1</b>	<b>4.2</b>
	<b>6.9</b>			<b>4.2</b>		

SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)	SISTEMA	COMPONENTE	CANTIDAD	POTENCIA (HP)
TRANSPORTADOR TIPO CADENA	Motor electrico	1.0	5.0	VOLTEADOR Y RECOLECTOR	MOTOR ELECTRICO	1.0	5.0
FECHA	FASE A	FASE B	FASE C	FECHA	FASE A	FASE B	FASE C
7/5/2024	7.3	7.5	7.3	7/5/2024	7.0	6.7	7.1
8/5/2024	7.0	7.6	7.0	8/5/2024	7.1	7.6	7.5
9/5/2024	7.2	7.3	6.7	9/5/2024	7.3	7.3	7.0
10/5/2024	6.7	7.2	6.8	10/5/2024	7.4	6.9	7.0
11/5/2024	6.9	7.0	6.7	11/5/2024	7.2	7.5	7.6
12/5/2024	7.5	7.4	7.2	12/5/2024	7.4	6.7	7.3
13/5/2024	7.4	7.2	6.9	13/5/2024	7.5	7.3	7.6
14/5/2024	6.7	6.9	6.9	14/5/2024	7.2	7.6	7.1
15/5/2024	7.5	7.3	7.4	15/5/2024	6.8	7.3	7.4
16/5/2024	6.9	7.0	7.5	16/5/2024	6.7	7.1	6.7
17/5/2024	6.9	6.8	7.3	17/5/2024	7.1	7.3	7.5
18/5/2024	7.1	7.4	7.0	18/5/2024	7.5	6.9	6.8
19/5/2024	7.1	7.6	7.2	19/5/2024	7.1	7.3	7.4
20/5/2024	7.3	7.6	7.1	20/5/2024	7.1	7.2	7.4
21/5/2024	7.6	7.5	7.5	21/5/2024	7.0	7.1	7.1
22/5/2024	7.0	7.5	6.7	22/5/2024	7.1	7.0	6.9
23/5/2024	7.5	7.0	7.3	23/5/2024	7.3	7.6	7.4
24/5/2024	6.7	7.3	7.2	24/5/2024	6.8	6.9	7.4
25/5/2024	7.6	7.5	6.8	25/5/2024	6.8	7.5	7.0
26/5/2024	6.9	7.6	6.7	26/5/2024	7.4	6.9	7.3
27/5/2024	7.4	7.4	7.6	27/5/2024	7.1	7.2	6.9
28/5/2024	7.3	7.2	7.4	28/5/2024	6.9	7.1	7.0
29/5/2024	7.4	7.0	6.9	29/5/2024	6.7	7.3	6.8
30/5/2024	6.8	7.0	7.2	30/5/2024	7.0	7.4	7.0
31/5/2024	7.1	6.8	7.5	31/5/2024	7.4	7.5	7.6
<b>PROMEDIO</b>	<b>7.2</b>	<b>7.0</b>	<b>7.0</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>7.1</b>	<b>7.0</b>	<b>7.1</b>
		<b>7.1</b>				<b>7.1</b>	

**ANEXO C. Formato de inspección de motores.**

<b>FORMATO DE INSPECCIONES DE MOTORES</b>				
<b>PLANTA</b>		<b>SISTEMA</b>		
<b>INSPECCION REALIZADA</b>				
<b>HORA</b>	<b>FECHA</b>	<b>TECNICO</b>	<b>NOMBRE</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Parámetro/Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Comentarios/Observaciones</b>	
<b>Motor Eléctrico</b>	Medir voltaje	Diario	Nominal	Real
	Medir corriente	Diario		
	<b>A 1:</b>	<b>A 2:</b>	<b>A 3:</b>	
	Verificar temperatura del motor	Diario	Medir y comparar con valores permitidos	
	Inspeccionar conexiones eléctricas	Diario	Asegurarse de que estén seguras y sin corrosión	
	Medir vibraciones	Semanal	Usar un medidor de vibraciones	
	Inspeccionar aislamiento eléctrico	Trimestral	Realizar pruebas de resistencia de aislamiento	
	Verificar alineación del motor	Mensual	Ajustar si es necesario	
	Inspeccionar estado del cableado	Mensual	Buscar signos de desgaste o daño	
	Verificar acoplamiento del motor	Mensual	Asegurarse de que esté bien alineado y ajustado	
	Limpiar el motor	Semanal	Remover polvo y residuos	
<b>Sistema de Lubricación</b>	Verificar nivel de aceite/grasas	Mensual	Reponer si es necesario	
<b>Sistema de Enfriamiento</b>	Verificar ventilador del motor	Semanal	Asegurarse de que esté funcionando correctamente	
	Limpiar rejillas y conductos de aire	Semanal	Remover obstrucciones	
<b>Seguridad</b>	Verificar dispositivos de seguridad	Mensual	Asegurarse de que todos los dispositivos funcionen correctamente	
	Inspeccionar paradas de emergencia	Mensual	Probar funcionamiento	
<b>Limpieza General</b>	Limpiar alrededor del motor	Diario	Mantener área libre de obstrucciones	

**ANEXO D. Formato de inspección de motorreductores.**

FORMATO DE INSPECCIONES DE MOTOREDUCTORES				
PLANTA		SISTEMA		
INSPECCION REALIZADA				
HORA	FECHA	TECNICO	NOMBRE	
ELEMENTO	PARÁMETRO/ACTIVIDAD	FRECUENCIA	COMENTARIOS/OBSERVACIONES	
Motor Eléctrico	Medir voltaje	Diario	Nominal	Real
	Medir corriente	Diario	A Nominal	
	A 1:	A 2:	A 3:	
	Inspeccionar conexiones eléctricas	Diario		
	Verificar temperatura del motor	Diario	T °:	
	Inspeccionar aislamiento eléctrico	Trimestral		
Motorreductor	Verificar nivel de aceite	Semanal		
	inspección sellos	Semanal		
	Inspección de acoples	Mensual		
	Temperatura de trabajo	Diario		
	Ruidos inusuales	Diario		
	Estructura y soporte	Mensual		
Seguridad	Verificar guardas de seguridad	Mensual		
	Inspeccionar botón de paro de emergencia	Mensual		
Limpieza General	Limpieza del equipo	Diario		
ACCIONES CORRECTIVAS:				

**ANEXO E. Formato de inspección de bandas transportadoras.**

<b>FORMATO DE INSPECCIONES DE BANDAS TRANSPORTADORAS</b>				
<b>PLANTA</b>		<b>SISTEMA</b>		
<b>INSPECCION REALIZADA</b>				
<b>HORA</b>	<b>FECHA</b>	<b>TECNICO</b>	<b>NOMBRE</b>	
<b>ELEMENTO</b>	<b>PARÁMETRO/ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>COMENTARIOS OBSERVACIONES</b> /	
<b>Banda Transportadora</b>	Inspeccionar estado general	Diario		
	Verificar alineación	Semanal		
	Inspeccionar tensado	Semanal		
	Limpiar la banda	Diario		
<b>Rodillos y Poleas</b>	Verificar estado de los rodillos	Mensual		
	Inspeccionar poleas	Mensual		
<b>Sistema de Tensión</b>	Verificar tensión de la banda	Semanal		
<b>Estructura</b>	Inspeccionar soporte y estructura	Mensual		
<b>Motor Eléctrico</b>	Medir voltaje	Diario	Nominal	Real
	Medir corriente	Diario	A Nominal	
	<b>A 1:</b>	<b>A 2:</b>	<b>A 3:</b>	
	Inspeccionar conexiones eléctricas	Diario		
	Verificar temperatura del motor	Diario	<b>T 0:</b>	
	Inspeccionar aislamiento eléctrico	Trimestral		
<b>Reductor</b>	Verificar nivel de aceite	Mensual		
	Inspeccionar sellos	Mensual		
<b>Seguridad</b>	Verificar guardas de seguridad	Mensual		
	Inspeccionar botón de paro de emergencia	Mensual		
<b>Limpieza General</b>	Limpiar alrededor de la banda	Diario		
<b>ACCIONES CORRECTIVAS:</b>				