



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO**

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga

Departamento de Ingenierías

**REPORTE FINAL PARA ACREDITAR RESIDENCIA  
PROFESIONAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PRESENTA:  
JUAN SIERRA GONZÁLEZ**

**CARRERA:  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ANÁLISIS Y MEJORA DE EFICIENCIA DE HORNO DE TRATAMIENTO  
TÉRMICO”**



**Nissan Mexicana S.A. de C.V.**

Ing. Omar Alexander Gómez Lozada

Mtro. Alejandro Puga Vargas

Diciembre, 2022

# ***CAPÍTULO 1: PRELIMINARES***

## **I. AGRADECIMIENTOS.**

Primero quiero dar mi primer agradecimiento a Dios, porque es el principal impulsor de vida y fortaleza para siempre estar de pie. Es para mí muy importante que mis padres y mis hermanos estén conmigo, cuando en momentos de cansancio, sacrificios y pruebas de vida siempre hay una ilusión de que se solucionará, doy gracias por permitirme estar siempre con ellos.

A mi mamá Lucia González Martínez y a mi papá Ramiro Sierra Jáuregui, para mí son las mejores figuras paternas para seguir, quienes han forjado en mí amor, cariño, valores y apoyo constante.

A mis hermanos Mayte, Adilene, Karla y Luis Antonio, por todo el apoyo y por darme energías para salir adelante, agradezco la compañía y la disposición de estar siempre al pendiente de mí.

A mis amigos de la escuela Alexis Romo, Tania Jacqueline, Julio Cesar y Deisy Macías por el apoyo constante, los que nunca me dejaron atrás y porque siempre me alientan a salir adelante, más que sólo estudiar, hemos pasado muchos buenos momentos de compañerismo, de alegría y algunas ocasiones de nostalgia.

A los docentes del **ITPA**, quienes muestran siempre interés en el aprendizaje de todos los alumnos, quienes dedican jornadas largas de trabajo, agradezco a cada uno de ellos por los buenos comentarios, las retroalimentaciones y los conocimientos que me transmitieron.

A mi asesor externo, Ing. Omar Alexander Gómez Lozada, por el apoyo que me brindó como residente, por la confianza que tuvo en mí para darme la oportunidad de aprender y formarme como ingeniero, y con su actitud me forja siempre a aprender y mantener una buena actitud optimista.

A mi asesor interno, Mtro. Alejandro Puga Vargas, quien se tomó el tiempo de asesorarme durante el tiempo en que realicé mi proyecto, estuve aprendiendo mucho con él, sé que gracias a su retroalimentación voy a ser uno de los mejores profesionistas egresados del **ITPA**.

## **II. RESUMEN.**

Las metodologías de Lean Six Sigma son herramientas que las industrias están utilizando para mejorar sus procesos productivos, las ventajas de estas es que ofrecen

una vista más amplia de los procesos y a su vez soluciones más específicas que van guiadas hacia objetivos de calidad y productividad. Para este proyecto, se utilizaron algunas de estas herramientas para encontrar el origen de los problemas de variabilidad en la eficiencia de los equipos que conforman el área de Fundición 3 de la empresa Nissan Mexicana. Una vez que se han determinado los problemas a resolver y realizado las proyecciones necesarias, se realizan mejoras al proceso, orientándose a la parte técnica y de mantenimiento, que son las que pueden generar soluciones más eficaces.

### **III. ÍNDICE.**

#### **Contenido**

<i>CAPÍTULO 1: PRELIMINARES</i> .....	2
<i>III. ÍNDICE</i> .....	4
<i>Lista de Figuras</i> .....	5
<i>Lista de Tablas</i> .....	6
<i>CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO</i> .....	7
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	8
<i>6. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.</i> .....	9
<i>7. Problemas a resolver, priorizándolos.</i> .....	11
<i>8. Justificación</i> .....	12
<i>9. Objetivos (General y Específicos)</i> .....	13
<i>CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO</i> .....	14
<i>10. Marco Teórico (fundamentos teóricos).</i> .....	15
<i>CAPÍTULO 4: DESARROLLO</i> .....	23
<i>11. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.</i> .....	24
<i>Cronograma de actividades</i> .....	27

<i>CAPÍTULO 5: RESULTADOS</i> .....	31
11. <i>Resultados</i> .....	32
<i>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES</i> .....	52
13. <i>Conclusiones del Proyecto</i> .....	53
<i>CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS</i> .....	54
14. <i>Competencias desarrolladas y/o aplicadas.</i> .....	55
<i>CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN</i> .....	56
15. <i>Fuentes de información</i> .....	57
Bibliografía .....	57
<i>CAPÍTULO 9: ANEXOS</i> .....	59
17. <i>Anexos</i> .....	60
18. <i>Registros de Productos</i> .....	60

***Lista de Figuras***

Ilustración 2.1: Organigrama del área. Fuente: Propia.....	10
Ilustración 4.1: Layout de alcance .....	24
Ilustración 4.2: Mapa de proceso .....	24
Ilustración 4.3: Datos OEE inicial. ....	265
Ilustración 4.4: Gráfico OEE inicial.....	266
Ilustración 4.5: Diagrama de Pareto. Fuente: Propia. ....	266
Ilustración 4.6: Proyección de OEE. Fuente: Propia. ....	27
Ilustración 5.1: Tiempo de paro antes de los cambios. Fuente: Propia. ....	32
Ilustración 5.2: Variador de frecuencia. Fuente: (Mitsubishi electric corporation, 2022)	33
Ilustración 5.3: Señales. Fuente: (Mitsubishi electric corporation, 2022) .....	34
Ilustración 5.4: Conexiones eléctricas. Fuente: (Mitsubishi electric corporation, 2022).	35
Ilustración 5.5: Diagrama de conexión eléctrica. Fuente: (Mitsubishi electric corporation, 2022). ....	36

Ilustración 5.6: Diagrama eléctrico, antes. Fuente: Propia.....	37
Ilustración 5.7: Nuevo diagrama eléctrico. Fuente: Propia.....	38
Ilustración 5.8: Antes y después. Fuente: Propia.....	39
Ilustración 5.9: Layout inicial. Fuente: Propia.....	40
Ilustración 5.10: Grafico de NG. Fuente: Propia.....	42
Ilustración 5.11: Parámetros de la máquina. Fuente: Propia.....	43
Ilustración 5.12: Conexiones del PLC. Fuente: Propia.....	44
Ilustración 5.13: Conexiones. Fuente: Propia.....	45
Ilustración 5.14: Controladores. Fuente: Propia.....	46
Ilustración 5.15: Cableado de señales. Fuente: Propia.....	47
Ilustración 5.16: Área de robot. Fuente: Propia.....	48
Ilustración 5.17: Configuración digital. Fuente: Propia.....	49
Ilustración 5.18: Vista general. Fuente: Propia.....	50
Ilustración 5.19: Lector de códigos 2D. Fuente: Propia.....	50
Ilustración 5.20: Centralizador de pieza. Fuente: Propia.....	51

***Lista de Tablas***

Tabla 1: Cronograma de actividades. Fuente: Propia.....	29
---	----

## ***CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO***

## **INTRODUCCIÓN**

En una gran industria, la eficiencia de los equipos es un factor determinante para el cumplimiento de los requerimientos del cliente en tiempo y forma, cualquier fallo en un equipo representa retrasos en la cadena de producción, además de formar parte de los desperdicios que se deben evitar según la metodología Lean Six Sigma. Es por ello que, utilizando las herramientas de dicha metodología, se buscan los problemas principales que afectan el flujo productivo del área Fundición 3 y se proponen y ejecutan soluciones que generen ahorro en diferentes aspectos.

Este proyecto se conforma de varios capítulos, cuya composición se describe a continuación.

Se encuentran las preliminares del proyecto, agradecimientos, resumen e índice de figuras, así como las generalidades del proyecto, desde una breve descripción de la empresa hasta los objetivos del proyecto, pasando por una justificación del mismo y la descripción de los problemas a resolver.

Se desarrolla un breve marco teórico con los términos requeridos para la comprensión del tema y actividades del proyecto, prosiguiendo con el desarrollo del mismo enumerando las actividades a realizar y describiendo una parte de estas, además de presentar el cronograma a seguir durante la ejecución del proyecto, para proceder con los resultados obtenidos, separando los mismos en objetivos para que el lector pueda visualizar paso a paso el cumplimiento de estos.

Por último, se muestran las conclusiones del proyecto, así como las competencias desarrolladas y las fuentes de información consultadas, conformando estos temas los capítulos seis, siete y ocho respectivamente, mientras que, en el capítulo noveno se encuentran los anexos.



## **6. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.**

Nissan Mexicana, S.A. de C.V. es una filial de Nissan Motor Co., Ltd. que se estableció en México en 1961. Cuenta con instalaciones corporativas en Mercadotecnia, Ventas, Manufactura, Distribución y Diseño en las ciudades de Aguascalientes, Distrito Federal, Cuernavaca, Manzanillo y Toluca. Actualmente, emplea a más de 15 mil trabajadores y empleados.

En 2015, comercializó en México 347,124 vehículos, con una participación de mercado de 25.7 por ciento y produjo 822,948 unidades para los mercados interno y de exportación. Nissan está enfocada al mejoramiento del medio ambiente bajo el programa ambiental Nissan Green Program 2016, cuyos objetivos son la reducción de emisiones de CO2 y el incremento del reciclaje.

Asimismo, la Fundación ANDANAC/Nissan administra un Fondo de Ayuda Social para la construcción de escuelas primarias públicas: en 15 años se han construido y equipado más de 80 escuelas para beneficio de 150 mil niños de escasos recursos en la República.

Misión: Como compañía digna de confianza, Nissan ofrece productos y servicios automotrices únicos e innovadores que brindan valores medibles y superiores a todos nuestros acreedores\*

\*Nuestros acreedores incluyen clientes, accionistas, empleados, distribuidores, proveedores, así como las comunidades donde trabajamos y tenemos operaciones. La sociedad en general ha sido acreedora de Nissan, en medio ambiente, seguridad, etc.

Visión: Impulsar la innovación para enriquecer la vida de las personas.

Valores:

La promesa de marca: Como Nissan, seremos reflexivamente audaces y estableceremos nuestros propios estándares.

El símbolo de la marca: Representa la marca de Nissan para promover los productos, las ventas y servicios. El símbolo de marca Nissan es el elemento central de información de la marca a nuestros clientes.

En esta empresa, el residente se desempeña como técnico electromecánico en el área de horno de tratamiento térmico (véase Ilustración), que es el lugar en el que se ejecutó la mejora.

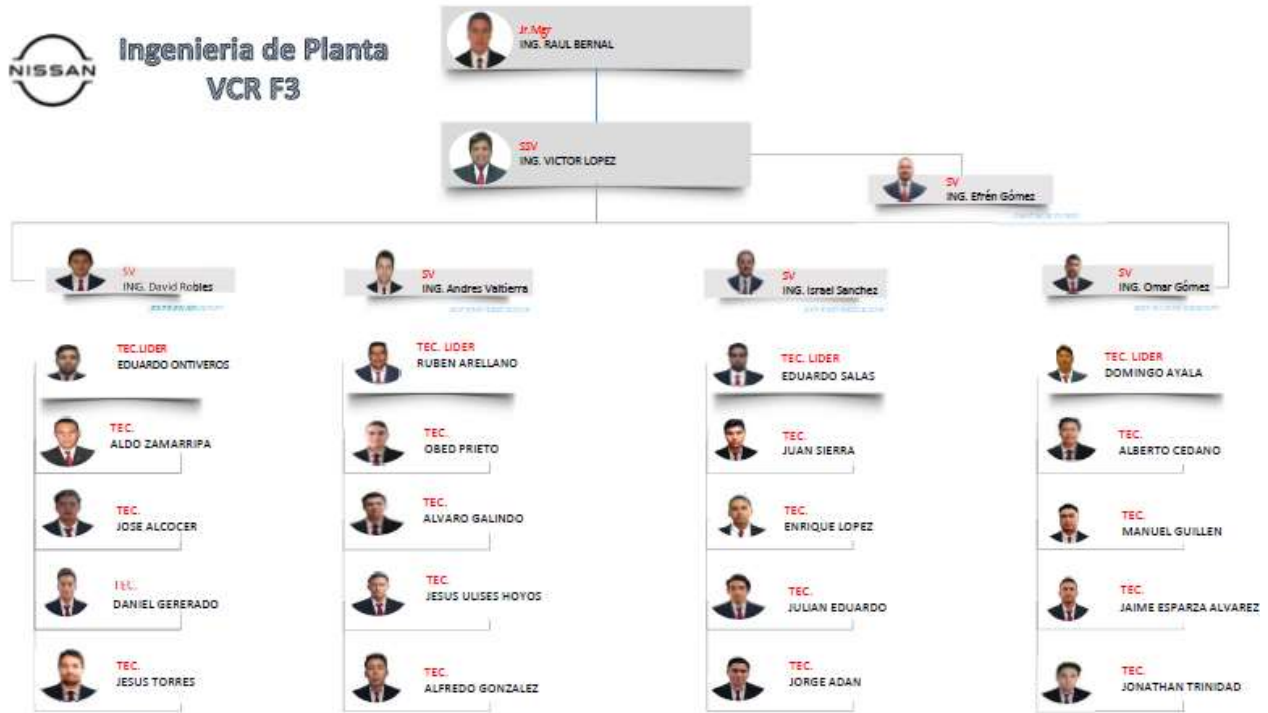


Ilustración 2.1: Organigrama del área. Fuente: Propia.

### ***7. Problemas a resolver, priorizándolos.***

Los transportadores de entrada y salida del horno de tratamiento térmico , presentan fallas en los motores eléctricos, debido a que son controlados de manera dinámica, los motores siempre están girando en su totalidad de RPM, este factor genera desgaste en rodillos, cadenas, rodamientos, estos efectos generan sobrecargas eléctricas a los motores, debido a los atoramientos que se generan y en algunos casos los motores tienden a quemarse, ya que la protección termo magnética necesita de tiempo para reaccionar. Estos problemas de falla afectan directamente al JPH del horno de tratamiento térmico, generando un alto requerimiento de intervención por el departamento de mantenimiento.

Comunicación entre equipos y dispositivos de seguridad, estos problemas se presentan debido a la saturación de la red del PLC, lo que provoca que el PLC entre en modo falla y se apague completamente los hornos, este fenómeno ocasiona que las piezas que estén en proceso de tratamiento térmico sean NG.

Identificación de modelo de piezas (KH1T y KH5T), este problema ocasiona que los robots no puedan diferenciar entre modelos de pieza, generando colisiones en ambos robots (principal y auxiliar) y daños en gripper, ya que esta condición no permite que el robot pueda correr la rutina que corresponde para el modelo de pieza.

## **8. Justificación**

Nissan Mexicana, S.A. de C.V. Planta Power Train, Fundición 3. Esta planta se dedica a la fabricación de cabezas de cilindros para los vehículos Premium de la marca, se fabrican dos tipos de modelo cabezas de cilindros, tales como; KH1T este modelo es una cabeza para 4 cilindros que es utilizada para el motor de Nissan Altima y Nissan Maxima, El modelo de KH5T de 3 cilindros es fabricada para la marca Infiniti, es utilizado en el motor de Infiniti Qx50. Ambos modelos son de exportación para las ensambladoras de Estados Unidos.

Los paros de línea de producción cada vez son más frecuentes, ya que las fallas que se presentan en el transportadores de entrada y salida de horno de tratamiento térmico, se presentan en los motores eléctricos, debido a que son controlados de manera dinámica, los motores siempre están girando en su totalidad de RPM, este factor genera desgaste en rodillos, cadenas, rodamientos, estos efectos generan sobrecargas eléctricas a los motores, debido a los atoramientos causados y en algunos casos los motores tienden a quemarse, ya que la protección termo magnética necesita de tiempo para reaccionar. Estos problemas de falla afectan directamente al JPH del horno de tratamiento térmico, generando un alto requerimiento de intervención por el departamento de mantenimiento, ya que en el mes pasado se generaron 3 eventos con afectaciones significativas en tiempo. En el primer evento tuvo una afectación de 400 minutos de paro, en el segundo 320 minutos y en el tercero de 380 minutos.

Fallas de comunicación, estos problemas se presentan debido a la saturación de la red del PLC, lo que provoca que el PLC entre en modo falla y se apague completamente los hornos, este fenómeno ocasiona que las piezas que estén en proceso de tratamiento térmico sean NG, para determinar el impacto que tiene este problema se revisa el histórico de piezas NG generadas durante 3 meses con un total de 422 en el mes de mayo, en junio 357 y en julio 410.

Fallas de identificación de modelo, este problema ocasiona que los robots no puedan diferenciar entre modelos de pieza, generando colisiones en ambos robots (principal y auxiliar) y daños en gripper, ya que esta condición no permite que el robot pueda correr la rutina que corresponde para el modelo de pieza.

## **9. Objetivos (General y Específicos)**

General:

Elevar la eficiencia del horno en un 10%, así como reducción del defectivo generado por malas condiciones del horno.

Específicos:

- Eliminar la cantidad de paros de línea generados por daños de motores en un 80%.
- Disminuir la cantidad de piezas NG por fallas de comunicación en un 50%.
- Aumentar la cantidad de señales en la comunicación del horno principal al robot secundario para aumentar la eficiencia de carga y descarga de piezas 10%.

Delimitación:

Este proyecto será ejecutado en la empresa de Nissan Mexicana, S.A. de C.V. Planta Power Train, Fundición 3 en el proceso de tratamiento térmico de cabezas de cilindros, en el horno T7 (AYF-108-B), el tiempo que está planteado para la ejecución de este proyecto son 5 meses.

## ***CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO***

## **10. Marco Teórico (fundamentos teóricos).**

### **INDUSTRIA 4.0**

La “invención” de la Industria 4.0 data del año 2011, cuando el concepto fue presentado en la Feria de Hannover (Giovanna Culot, 2020); el término hace referencia a la “Cuarta Revolución Industrial”, debido a su potencial y beneficios relacionados con la integración, innovación y autonomía de los procesos; este junto al concepto de manufactura inteligente son relativamente nuevos y contemplan la introducción de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC’s) (Cortés, 2017).

### **LEAN SIX SIGMA**

La adopción de la metodología Lean Six Sigma, como una conjugación de ambos métodos o metodologías (Lean Manufacturing y Six Sigma), ha propiciado la disminución de la variabilidad de los procesos y la eliminación de los desperdicios, dándole prioridad a las exigencias de los clientes, relacionadas con los requisitos preestablecidos del producto final, entendiendo a la metodología Six Sigma como un método basado en datos para aumentar la calidad y la disminución de la variabilidad en los procesos de producción, que aseguren la entrega de un producto o servicio al cliente con la menor cantidad de fallos posibles; a su vez, se entenderá como metodología Lean Manufacturing al modelo de gestión para la minimización de las pérdidas en el proceso de producción y maximización de valor para el cliente final, imprimiéndole velocidad a los procesos de producción (Ramírez Pérez, 2021).

Para su adecuada implementación, Lean Six Sigma utiliza la metodología DMAIC (del inglés, Define, Measure, Analyze, Improve y Control), la cual define seis etapas o pasos:

- **Definir:** implica el establecimiento detallado de la situación actual de la organización, por medio de los procesos existentes. Se definen los procesos a ser evaluados tal como se ejecutan en la realidad, no como son establecidos en los manuales. **Medir:** incluye la medición y registro de todos los datos existentes para que sea posible la evaluación de la efectividad de los procesos. Esta etapa se basa en un precepto de Peter Drucker, que establece que lo que no se puede medir, no se puede mejorar.
- **Analizar:** se examinan de manera detallada cada una de las actividades del proceso, basado en las estadísticas obtenidas de la etapa anterior, de manera

que se puedan distinguir las actividades que aportan valor añadido, para poder arribar a conclusiones.

- **Mejorar:** dadas las actividades que aportan valor añadido a la organización, la próxima tarea es potenciarlas para ser más eficientes. Para ello, se procede a la reducción y/o eliminación de los desperdicios o desechos que no aportan valor añadido, tales como los defectos, las esperas, la sobreproducción, el talento no empleado y el inventario.
- **Controlar:** abarca el control y la monitorización constante de los resultados, para mantenerlos y mejorarlos en el tiempo, única vía posible para lograr la mejora continua (Ramírez Pérez, 2021).

Para este proyecto se llevarán a cabo algunas de las etapas de DMAIC para la identificación del problema, su interpretación y la mejora, las herramientas utilizadas son OEE y el diagrama de Pareto.

## **OEE**

La medición de indicadores OEE (Overall Equipment Effectiveness), eficiencia general de los equipos, pretende establecer un punto de partida para las oportunidades de mejora, donde se evalúe la situación inicial de la empresa y una situación después de implementar las metodologías existentes para lograr dichos fines. La medición con indicadores OEE destaca por mantener una evaluación integral de una planta industrial lo que implica en unificar esfuerzos de todas las áreas que componen la cadena de valor en estas empresas (Durán-Tenesaca, 2022).

## **DIAGRAMA DE PARETO**

El Diagrama De Pareto, es una herramienta de análisis que ayuda a tomar decisiones en función de prioridades, el diagrama se basa en el principio enunciado por Wilfredo Pareto que dice; "El 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan".

El diagrama de Pareto es un caso particular del gráfico de barras, en el que las barras que representan los factores correspondientes a una magnitud cualquiera están



ordenadas de mayor a menor (en orden descendente) y de izquierda a derecha. Este principio empírico que se presenta en todos los ámbitos se aplica al análisis de problemas entendiendo que existen unos pocos factores (o causas) que originan la mayor parte de un problema (Ríos Ríos, 2021).

Utilizadas las herramientas anteriores, se procede a la búsqueda de información teórica de los aspectos más técnicos que componen el problema.

## **MOTOR ELECTRICO**

El motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica mediante campos magnéticos cambiantes, los motores eléctricos se conforman en dos piezas una fija llamada estator y una móvil llamada rotor.

En las actividades industriales y comerciales, es necesario mover diferentes procesos de producción, maquinaria y equipos diversos, como ventiladores, cintas transportadoras, bombas de agua, escaleras mecánicas, compresores, brocas, es decir, una variedad de aplicaciones mecánicas que necesitan ser movidas; por motores eléctricos.

Los motores eléctricos están conformados por dos partes principales: un estator fijo y un rotor móvil.

Estator fijo: Es la parte externa del motor que no gira, en el que encuentra la capacidad magnética del motor, está integrado por polos magnéticos es decir por imanes y un embobinado de alambres de cobre.

El motor eléctrico usa los polos magnéticos; para producir el movimiento del rotor. El accionar de los motores se basa en la ley fundamental de los imanes: cargas opuestas se atraen e iguales se repelen. Dentro de un motor eléctrico por el embobinado de cobre circula corriente eléctrica, que a su vez genera su campo magnético, asegurando con ello que los polos magnéticos del rotor siempre se encuentren en repulsión, huyendo del estator por la similitud de cargas. Entonces las fuerzas de atracción y repulsión producen el movimiento circular del rotor, expresada físicamente como una fuerza axial denominada torque, al cual se le agrega una extensión llamada flecha o eje, que luego es acoplada al equipo que aprovecha el movimiento que se está produciendo.

Rotor móvil: Es la parte del motor que gira a gran velocidad, debido a la acción de los campos magnéticos creados en el motor, su velocidad de rotación expresada en revoluciones por minuto (r.p.m.) depende del número de polos magnéticos del estator. Esta parte se apoya en cojinetes de rozamiento también denominados baleros (Franklin Hernán Carrillo López, 2022).

## **HORNOS DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

Dentro de la metalurgia, los procesos de tratamientos térmicos son fundamentales para la creación de materiales o para la modificación de propiedades y esto es posible lograrlo por medio de la aplicación de distintas operaciones y variaciones de temperatura a las que son sometidas los materiales durante lapsos determinados de tiempo, lo que provoca cambios y alteraciones desde el punto de vista mecánico, de forma o de estructura y a su vez genera cambios en las características físicas, químicas o mecánicas de los mismos.

Para realizar el proceso de tratamientos térmicos es necesario utilizar ciertos hornos que pueden ser de distintos tipos según el producto que se desee fabricar y éstos deben alcanzar temperaturas específicas muy por encima de la temperatura ambiente antes de introducir el material, por lo que los tiempos de espera de calentamiento del horno son bastante considerables y las temperaturas de trabajo deben ser muy precisas para evitar fracturas en la microestructura de los materiales además que el control de calentamiento y enfriamiento debe ser sumamente preciso.

Existen ciertas variables durante el proceso de tratamiento térmico, que son:

- Temperatura de calentamiento: Es la temperatura máxima que se requiere alcanzar para que ocurra un cambio de fase o transformación en el material que se está tratando.
- Tiempo de permanencia: Es el tiempo durante el cual perdura el material de manera uniforme a la temperatura de calentamiento para lograr el cambio microestructural parcial o total.
- Velocidad de calentamiento: está dada por la velocidad a la que ocurre el cambio gradual de temperatura en un lapso específico de tiempo.

- Velocidad de enfriamiento: se refiere a la velocidad a la cual es enfriado el material durante un tiempo específico luego del cambio en su microestructura para conferir las características finales deseadas (Solís Santamaria, 2022).

En Nissan la pieza tiene tiempos, en donde al transcurrir por el proceso del horno de tratamiento térmico, si alguno se encuentra fuera de tiempo, la pieza en automático se hace NG.

El tiempo más crítico al apagarse o detener el horno, es el tiempo de permanencia dentro de la parte de envejecimiento, esta tiene un tiempo máximo de estancia de 16860seg (4.68Hrs) y tiempo mínimo de 13260 (3.68Hrs) por lo que se centra el tiempo a la media de la siguiente manera:

El horno tiene 13 estaciones, pero entre la puerta de entrada y la de salida siempre hay una estación desocupada por lo que son 12, pero al llegar a la posición de salida, en seguida las sacas del horno, por lo que solamente quedan se cuentan 11. El horno gira 1 estación cada 1330 segundos que multiplicado por las 12 estaciones en las que se tarda en llegar el horno a la salida da como resultado 14630seg (4.06hrs).

Por lo que, si se detiene el horno, máximo se tiene 37 min para sacar las piezas, en el mejor de los casos, pero hay veces que vienen con el tiempo justo por lo que cualquier paro de equipo las convierte en NG.

## **PLC**

Un Controlador Lógico Programable (PLC) es un equipo electrónico que permite ejecutar o realizar tareas individuales o conjuntas, con monitoreo constante, gracias a la integración de una CPU, que garantiza que los procesos que se estén interviniendo por medio de este dispositivo sean realizados de manera confiable y que en caso de errores o fallas en el programa o en el sistema, estos puedan ser detectados oportunamente, garantizando la integridad de los productos y los equipos que hacen parte del proceso (Gutiérrez, 2021).

## **ANTECEDENTES**

En agosto de 2020, alumnos de la Universidad Técnica de Ambato, realizan un trabajo de investigación en el que se analiza el entorno interno del departamento de Logística

de la empresa Megaprofer S.A., con el fin de establecer métodos que permitan estandarizar procesos, minimizar tiempos muertos y reducir la duplicidad de actividades. Los datos obtenidos demostraron que los trabajadores del departamento de Logística no se encontraban familiarizados con las metodologías aplicadas en los procesos de almacenamiento y despacho, también se evidenciaron falencias en el área de bodega que fue necesario corregir; en cuanto a los jefes del departamento se manifiesta que es alto el porcentaje de rotación de personal, además de presentar inconvenientes en el proceso de despacho. La propuesta resultante de la investigación fue un diseño de caracterización estandarizado que se adapte a todos los procesos desarrollados en la empresa y un diagrama tortuga que detalle los procedimientos con su respectivo encargado (Jiménez Castro Wilson Fernando, 2020).

Para 2019, se realiza la tesis de posgrado en la que se fundamenta la investigación para el mejoramiento del proceso de producción de la línea de envasado en una planta de agroquímicos, para el análisis se tomó la información de los siete últimos meses del año 2016 y los tres primeros del 2017. Se encontraron procesos y operaciones rutinarias y empíricas que no generaban valor a la línea, creando desperdicios en tiempo y recursos y ocasionando pérdidas en las ventas por no disponer de producto justo a tiempo o devoluciones por parte de clientes, se estudió la situación de la compañía en su cadena de valor y se utilizaron diferentes metodologías y herramientas como el ciclo de Deming, diagrama de Pareto y control de procesos (Vilema Romero, 2019).

En el mismo año, se lleva a cabo un trabajo de investigación en una empresa manufacturera en el área de producción, cuyo objetivo general fue determinar si la implementación de las Herramientas del TPM mejoran la OEE, en la prensa de producción de tapas. El desarrollo del estudio fue de tipo aplicado, se empleó un diseño Pre- Experimental y de enfoque cuantitativo. Se utilizaron las herramientas del TPM como el Mantenimiento Programado, Mantenimiento Autónomo y el SMED en la prensa de producción de tapas para incrementar la OEE así lograr una optimización de la disponibilidad, rendimiento y calidad (Calderon Condor Italo Socimo, 2019).

En 2018 se realiza el trabajo “Propuesta de mejora para el incremento de la productividad mediante la reducción de demoras en el proceso de despacho de mercancías en un supermercado de la ciudad de Lima”, teniendo como objetivo principal desarrollar una propuesta de mejora que maximice la productividad en el proceso de despacho de

mercancías mediante la reducción de demoras en el proceso en una empresa retail de productos de consumo masivo sobre la base de una metodología denominada estudio de métodos en este proceso crítico de almacén, asimismo se utilizan herramientas como diagramas de flujo, Ishikawa, Pareto, diagrama de recorrido, DAP e indicadores de gestión para evidenciar la mejora. Finalmente, se determina que la propuesta de mejora basada en el uso del método ABC parara el lay-out de almacén y reordenamiento en medios de despachos sí logra optimizar el tiempo de ciclo del proceso de despacho, también aumenta la cantidad de despacho de mercancías por día, asimismo se logra aumentar la tasa de capacitación del personal del área de almacén, con lo mencionado se logró establecer buenas prácticas y criterios sobre la base de dicha metodología para las mercancías despachadas y su aplicación en el proceso se valida desde el punto el aspecto operacional, y con respecto a la evaluación económica esta reporta un ratio costo-beneficio de 2.34, de manera que es viable su aplicación en la empresa analizada (Beatriz, 2018).

En el mismo año, se hacen públicos los resultados obtenidos a lo largo de dos años de trabajo sobre el estudio e implementación del sistema de eficiencia global de los equipos (OEE), el cual se desarrolló en una empresa dedicada a la elaboración de tambores metálicos, llamada Rheem chilena. El objetivo principal fue medir todas las variables de capacidad de las distintas líneas productivas, la calidad de sus producciones y los productos elaborados, la disponibilidad de las máquinas y del operador, entre otros, esto con la finalidad de entregar una herramienta inexistente en el proceso que mostrará de forma visual dónde se presentan las mayores pérdidas, buscando la aproximación al rendimiento máximo de las líneas (Alejandro, 2018).

Igualmente, para 2018 se presenta el trabajo de investigación titulado, “Estudio de métodos y tiempos en el área de producción para incrementar la productividad de la empresa Calzados Kristell - 2018”, donde estuvo enmarcado en las teorías de la mejora de estudios de tiempos, la metodología de métodos de estudio del trabajo y la productividad. Para lograr el objetivo propuesto se emplearon técnicas y herramientas como lo son: estudio de tiempos, entrevista, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, DAP, DOP, diagrama de recorrido, metodología 5S, balance de líneas (Angel, 2018).

Durante 2017, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, se presenta un trabajo de tesis que trata de un análisis y diagnóstico de una empresa que confecciona polos, en

donde se identifican los principales problemas que aumentan sus costos y tiempos de producción. A partir de las problemáticas identificadas, se procede a plantear propuestas de mejora mediante el uso de algunas herramientas de manufactura esbelta, los cuales son las 5S, la mejora continua, el mantenimiento autónomo y SMED, además de herramientas de gestión que garanticen que los cambios realizados se mantengan constantes en el trabajo de la empresa (Enrique, 2017).

Siguiendo con 2017, se presenta el trabajo de tesis titulado “Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la eficiencia global de los equipos Seydel en el área tops de la empresa Sudamericana de Fibras S.A., Callao, 2017”, la que tuvo como objetivo principal determinar cómo la aplicación del Mantenimiento Productivo Total mejorará la eficiencia global de los equipos. Al finalizar el estudio se llegó a la conclusión que con la aplicación de la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM), se disminuyó los paros en la maquinaria, se obtuvo menos productos contaminados y aumentó la producción, es decir, se mejoró la eficiencia global de los equipos (Omar, 2017).

En 2016, en la empresa Induamerica S.A.C., se realiza un trabajo de tesis en donde el principal objetivo es “Proponer un sistema de mejora continua basado en la filosofía de Mantenimiento Productivo Total, para reducir los desperdicios, dentro del sistema de mejora”, el que muestra que la empresa, realice todos sus procesos de manera ordenada y eficiente logrando disminuir costos y ejercer control de las áreas involucradas así como de elevar la disponibilidad de los equipos, bajo dicha premisa se llegó a la conclusión de proponer un Sistema de Mantenimiento Total, que permita realizar la línea de producción eficientemente, evitar continuos paradas y de esta manera lograr reducir costos innecesarios, reducir desperdicios (Maldonado Mondragon, 2017).

En diciembre de 2016, se publica un artículo en la “Revista de Docencia e Investigación” sobre la implementación de un OEE como herramienta de mejora en una línea de producción, aplicando un muestreo de trabajo con un 95% de confiabilidad en la línea de producción y culminando en el mapeo de procesos de la línea. Al finalizar el proyecto el porcentaje de disponibilidad aumentó un 43.19%, el desempeño tuvo una mejoría de 7.32%; así mismo la calidad mejoró un 3.96% con la reducción del tiempo muerto ocasionado por averías y esperas (González Torres Arturo, 2016).

## ***CAPÍTULO 4: DESARROLLO***

## 11. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

### Delimitación del área de trabajo

Debido a las necesidades de la planta y el proyecto mismo se vuelve necesaria la ejecución de mejoras en un área específica, definiendo así, como área de alcance la correspondiente a tratamiento térmico en el proceso de fundición 3, misma que se muestra en la Ilustración.

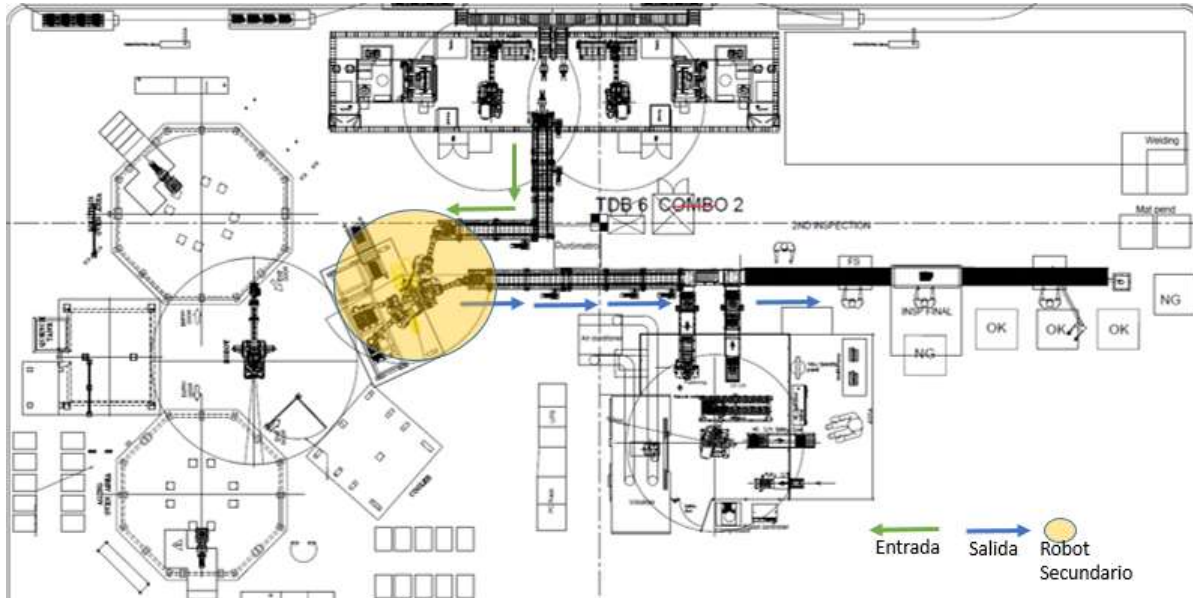


Ilustración 4.1: Layout de alcance

Una vez definido el espacio se procede a obtener información bibliográfica referente a la Industria 4.0 y Lean Six Sigma, esto con el fin de conocer los alcances y herramientas que se pueden utilizar para definir el mayor problema y las posibles soluciones a este, delimitando en el mapa de proceso mostrado en la Ilustración el área a la cual se le aplicaran las herramientas consultadas.



Ilustración 4.2: Mapa de proceso

### Análisis de los datos



El análisis del OEE (Efectividad total de los equipos) ayuda a medir la eficiencia general de los equipos, entendiendo que un 100% indica que todos los equipos trabajaron en óptimas condiciones durante el tiempo requerido, cualquier problema que se presente en la máquina afectará este porcentaje; ahora bien, en el estado inicial de los equipos encontrados en Fundición 3, se encuentran los datos graficados en la Ilustración 4.3.

CYL. Head Marzo

TC	TTT hrs	ratio de moldes	OEE	Dias mes	TTT Mes	TTT mes-Ratio	TT Mes min	pzas 100%	Pzas OEE actual
1.75	19.83	0.84	45.0%	31	614.73	516.3732	30,982.39	17,704	7,970

CYL. Head Abril

TC	TTT hrs	ratio de moldes	OEE	Dias mes	TTT Mes	TTT mes-Ratio	TT Mes min	pzas 100%	Pzas OEE actual
1.75	19.83	0.84	47.0%	30	594.9	499.716	29,982.96	17,133	8,060

CYL. Head Mayo

TC	TTT hrs	ratio de moldes	OEE	Dias mes	TTT Mes	TTT mes-Ratio	TT Mes min	pzas 100%	Pzas OEE actual
1.75	19.83	0.84	49.0%	31	614.73	516.3732	30,982.39	17,704	8,680

CYL. Head Junio

TC	TTT hrs	ratio de moldes	OEE	Dias mes	TTT Mes	TTT mes-Ratio	TT Mes min	pzas 100%	Pzas OEE actual
1.75	19.83	0.84	51.0%	30	594.9	499.716	29,982.96	17,133	8,730

CYL. Head agosto

TC	TTT hrs	ratio de moldes	OEE	Dias mes	TTT Mes	TTT mes-Ratio	TT Mes min	pzas 100%	Pzas OEE actual
1.75	19.83	0.84	52.0%	31	614.73	516.3732	30,982.39	17,704	9,200

*Ilustración 4.3: datos generales de OEE inicial.*

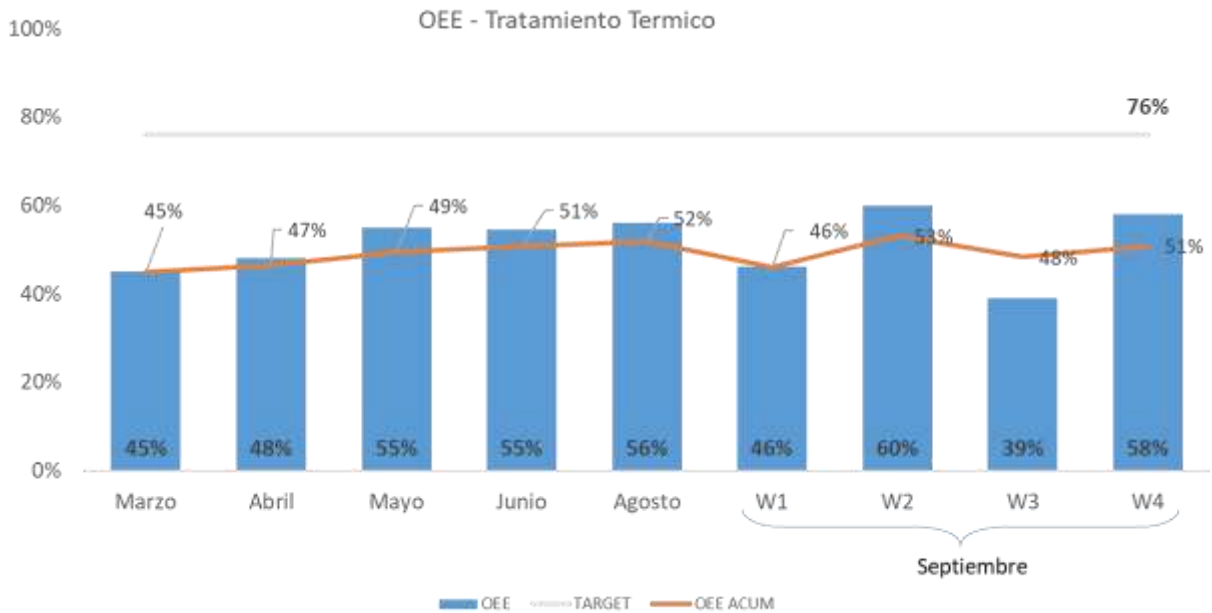


Ilustración 4.4: Gráfico OEE inicial.

Como se puede observar, existe una variación considerable en el rendimiento de los equipos mes con mes, por lo que se requiere un análisis directo de las posibles razones que afectan estadísticamente al rendimiento; con este fin se realiza un diagrama de Pareto, en el cual se enlistan todas las posibles causas de falla, aplicando entonces el famoso 80-20 se descubren los problemas que se tienen que resolver para lograr una mejora significativa en el proceso.

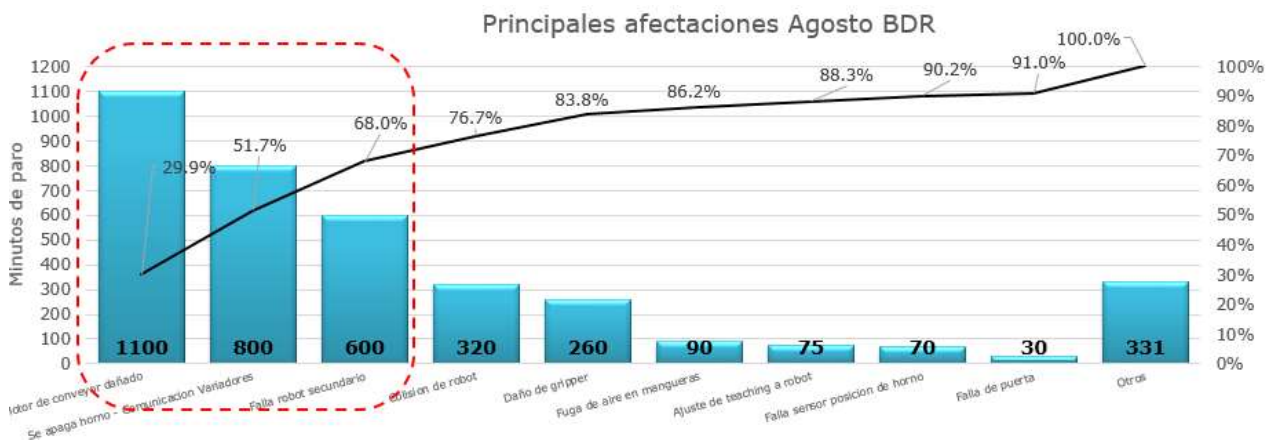


Ilustración 4.5: Diagrama de Pareto. Fuente: Propia.

En la Ilustración, se enlistan las siguientes razones y su respectivo número de repeticiones de falla:

- Motor de conveyor dañado - 1100.
- Se apaga horno – Comunicación variadores - 800.
- Falla robot secundario - 600.
- Oclusión de robot - 320.
- Daño de gripper - 260.
- Fuga de aire en mangueras - 90.
- Ajuste de teaching a robot - 75.
- Falla sensor posición de horno - 70.
- Falla de puerta - 30.
- Otros - 331.

Obteniendo las primeras tres razones como las principales causantes de la variación.

### Proyección

Como parte del análisis se realiza una proyección de la eficiencia de los equipos si las razones principales de falla obtenidas en el diagrama de Pareto fuesen eliminadas. La proyección puede verse en la Ilustración, teniendo en cuenta que esta es solo un supuesto.

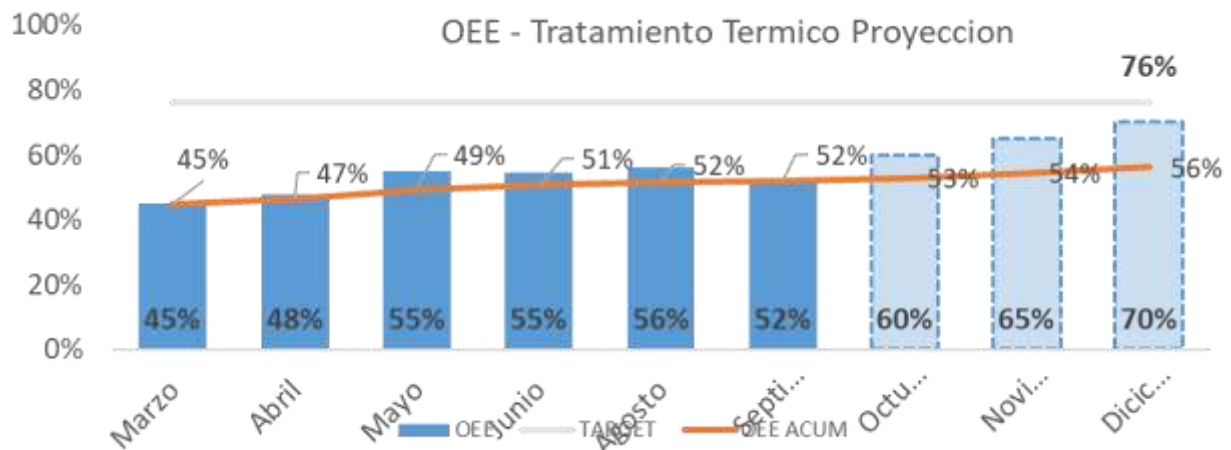


Ilustración 4.6: Proyección de OEE. Fuente: Propia.

### **Cronograma de actividades**

1. Analizar el historial de 1 mes la eficiencia del equipo con la finalidad de atacar top 3 que afecta la productividad del mismo

Transportadores

2. Selección de variadores de frecuencia de acuerdo a las especificaciones del motor.
3. Se reemplazará el control dinámico de los motores eléctricos por variadores de frecuencia, en esta actividad serán reemplazados contactos, relevadores, relevadores de sobrecarga, por un variador de frecuencia, este dispositivo será controlado con señales digitales que serán enviadas desde el PLC para arranques y paros.
4. Parametrizado de variador, en esta actividad se tomarán las características del motor, curvas de aceleración, curvas de desaceleración, sobrecarga y frecuencia de trabajo.

#### Agitadores de quench

5. Asignación de direcciones de los beats del PLC que controlaran los variadores de frecuencia.
6. Se cambiará el modo de trabajo de los variadores de frecuencia de agitadores de horno de tratamiento térmico, se cambiará modo red a trabajo por señales digitales y control dinámico.
7. Programación de en PLC, es esta actividad será programada la secuencia para pros y arranque de los agitadores.

#### Robot secundario-horno T7

8. En esta actividad se agregarán nuevas señales digitales que permitan la correcta identificación de modelo de pieza (KH1T/KH5T), estas señales serán dadas por centralizadores, fotoceldas, lector de código 2 D, así mismo cuando el robot secundario proceda a cargar pieza en buffer enviara retroalimentación de confirmación de modelo de pieza al horno t7 para que el robot principal pueda correr la rutina correcta según sea el modelo de pieza.
9. Programación de las nuevas condiciones de confirmación de modelo de pieza en PLC.
10. Analizar el historial de 1 mes la eficiencia del equipo con la finalidad verificar la implementación de las mejoras.

Tabla 1: Cronograma de actividades. Fuente: Propia.

Actividades	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1. Analizar el historial de 1 mes la eficiencia del equipo con la finalidad de atacar top 3 que afecta la productividad del mismo.					
2. Selección de variadores de frecuencia de acuerdo a las especificaciones del motor.					
3. Se reemplazará el control dinámico de los motores eléctricos por variadores de frecuencia, en esta actividad serán reemplazados contactos, relevadores, relevadores de sobrecarga, por un variador de frecuencia, este dispositivo será controlado con señales digitales que serán enviadas desde el PLC para arranques y paros.					
4. Parametrizado de variador, en esta actividad se tomarán las características del motor, curvas de aceleración, curvas de desaceleración, sobrecarga y frecuencia de trabajo.					
5. Asignación de direcciones de los beats del PLC que controlaran los variadores de frecuencia.					
6. Se cambiará el modo de trabajo de los variadores de frecuencia de agitadores de horno de tratamiento térmico, se cambiará modo red a trabajo por señales digitales y control dinámico.					

<p>7. Programación de en PLC, es esta actividad será programada la secuencia para pros y arranque de los agitadores.</p>					
<p>8. En esta actividad se agregarán nuevas señales digitales que permitan la correcta identificación de modelo de pieza (KH1T/KH5T), estas señales serán dadas por centralizadores, fotoceldas, lector de código 2 D, así mismo cuando el robot secundario proceda a cargar pieza en buffer enviara retroalimentación de confirmación de modelo de pieza al horno t7 para que el robot principal pueda correr la rutina correcta según sea el modelo de pieza.</p>					
<p>9. Programación de las nuevas condiciones de confirmación de modelo de pieza en PLC.</p>					
<p>10. Analizar el historial de 1 mes la eficiencia del equipo con la finalidad verificar la implementación de las mejoras.</p>					

## ***CAPÍTULO 5: RESULTADOS***

## 11. Resultados

### **Objetivo 1. Eliminar la cantidad de paros de línea generados por daños de motores.**

Se analizaron los factores potenciales que afectaban, obteniendo así la siguiente lista de cambios:

- Se cambia sistema de control de conexión eléctrica en los motores de línea de transportadores de entrada y salida a horno de tratamiento térmico.
- Se quita control por medio de contactores y se coloca inversores usando las mismas señales.
- Se cambian dos contactores (giro adelante y giro atrás) por un variador de frecuencia, con lo que se agregan al tablero 5 variadores mas).
- Los relés térmicos de sobrecarga están muy grandes (3 a 15amp) en comparación al consumo del motor (0.8Amp), por lo que también se realiza cambio.
- Se ajustan parámetros de variadores para tener un arranque y paro más suave, y ajustar la protección térmica.

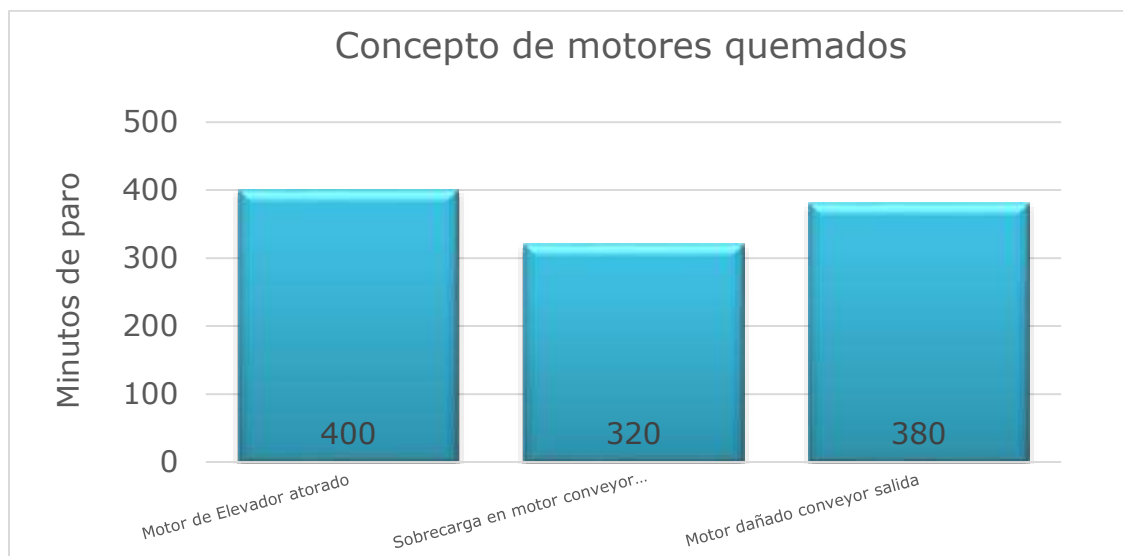


Ilustración 5.1: Tiempo de paro antes de los cambios. Fuente: Propia.



## Datos y especificación de variador de frecuencia

En la presente imagen se muestra el modelo de variador de frecuencia que será utilizado para el control de motores eléctricos de los transportadores de entrada y salida del horno, el modelo del variador es seleccionado de acuerdo a la especificación del motor eléctrico, tomando aspectos como: Numero de polos, voltaje, frecuencia, amperaje y torque.

### 1.1 Product checking and accessories

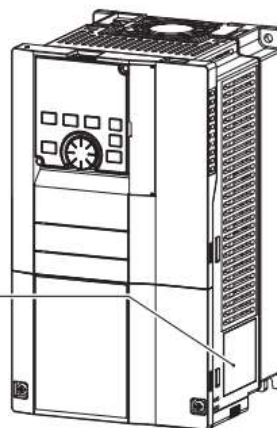
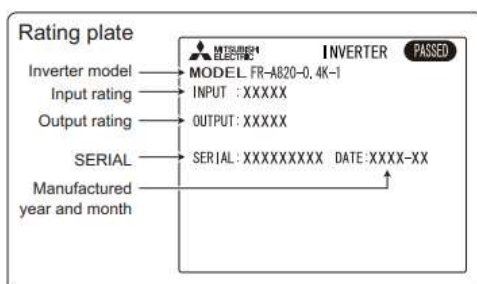
Unpack the product and check the capacity plate on the front cover and the rating plate on the side to ensure that the model agrees with the order and the product is intact.

#### ● Inverter model

Symbol	Voltage class	Symbol	Structure, functionality	Symbol	Description	Symbol	Type+1
2	200V class	0	Standard model	0.4K to 280K	ND rated inverter capacity (kW)	-1	FM
4	400V class	6	IP55 compatible model	00023 to 06830	SLD rated inverter current (A)	-2	CA

FR - A 8 2 0 - 0.4K - 1

Symbol	Circuit board coating (3C2)	Plated conductor
Not used	Not used	Not used
-60	With	Not used
-06	With	With



\*1 Specification differs by the type as follows.

Type	Motor output	Initial setting			
		Built-in EMC filter	Control logic	Rated frequency	Pr.19 Base frequency voltage
FM (terminal FM equipped model)	Terminal FM (pulse train output) Terminal AM (analog voltage output (0 to ±10 VDC))	OFF	Sink logic	60 Hz	9999 (same as the power supply voltage)
CA (terminal CA equipped model)	Terminal CA (analog current output (0 to 20 mADC)) Terminal AM (analog voltage output (0 to ±10 VDC))	ON	Source logic	50 Hz	8888 (95% of the power supply voltage)

Ilustración 5.2: Variador de frecuencia. Fuente: (Mitsubishi electric corporation, 2022)

## Descripción detallada de terminales

En siguiente imagen se puede mostrar la descripción de cada una de las terminales del variador de frecuencia, estas terminales son las que permiten que el variador de frecuencia pueda controlar el motor eléctrico, es decir, paros y arranques.

### (1) Input signal

Type	Terminal Symbol	Terminal name	Terminal function description		Rated specification
Contact input	STF	Forward rotation start	Turn ON the STF signal to start forward rotation and turn it OFF to stop.	When the STF and STR signals are turned ON simultaneously, the stop command is given.	Input resistance 4.7 kΩ Voltage when contacts are open: 21 to 27 VDC When contacts are short-circuited: 4 to 6 mADC
	STR	Reverse rotation start	Turn ON the STR signal to start reverse rotation and turn it OFF to stop.		
	STOP	Start self-holding selection	Turn ON the STOP signal to self-hold the start signal.		
	RH, RM, RL	Multi-speed selection	Multi-speed can be selected according to the combination of RH, RM and RL signals.		
	JOG	Jog mode selection	Turn ON the JOG signal to enable JOG operation (initial setting) and turn ON the start signal (STF or STR) to start JOG operation.	Terminal JOG is also used as a pulse train input terminal. To use as a pulse train input terminal, change the Pr.291 setting. (maximum input pulse: 100k pulses/s)	Input resistance 2 kΩ When contacts are short-circuited: 8 to 13 mADC
		Pulse train input			
	RT	Second function selection	Turn ON the RT signal to enable the second function. When the second function such as "second torque boost" and "second V/F (base frequency)" is set, turning ON the RT signal enables the selected function.	Input resistance 4.7 kΩ Voltage when contacts are open: 21 to 27 VDC When contacts are short-circuited: 4 to 6 mADC	
	MRS	Output stop	Turn ON the MRS signal (20 ms or more) to stop the inverter output. Use this signal to shut off the inverter output when stopping the motor with an electromagnetic brake.		
	RES	Reset	Use this signal to reset a fault output provided when a protective function is activated. Turn ON the RES signal for 0.1 s or longer, then turn it OFF. In the initial setting, reset is set always-enabled. By setting Pr.75, reset can be set enabled only at fault occurrence. The inverter recovers about 1 s after the reset is released.		
	AU	Terminal 4 input selection	The terminal 4 function is available only when the AU signal is turned ON. Turning the AU signal ON makes terminal 2 invalid.		
	CS	Selection of automatic restart after instantaneous power failure	When the CS signal is left ON, the inverter restarts automatically at power restoration. Note that restart setting is necessary for this operation. In the initial setting, a restart is disabled.	-----	
	SD	Contact input common (sink)->2	Common terminal for the contact input terminal (sink logic), terminal FM.		
		External transistor common (source)->3	Connect this terminal to the power supply common terminal of a transistor output (open collector output) device, such as a programmable controller, in the source logic to avoid malfunction by undesirable current.		
		24 VDC power supply common	Common terminal for the 24 VDC power supply (terminal PC, terminal +24). Isolated from terminals 5 and SE.		
PC	External transistor common (sink)->2	Connect this terminal to the power supply common terminal of a transistor output (open collector output) device, such as a programmable controller, in the sink logic to avoid malfunction by undesirable currents.	Power supply voltage range 19.2 to 28.8 VDC Permissible load current 100 mA		
	Contact input common (source)->3	Common terminal for contact input terminal (source logic):			
	24 VDC power supply	Can be used as a 24 VDC 0.1 A power supply.			

Ilustración 5.3: Señales. Fuente: (Mitsubishi electric corporation, 2022)

## Conexión eléctrica de terminales Variador

El siguiente diagrama se puede visualizar físicamente como están distribuidas las terminales de control del variador de frecuencia, también se especifica la función de cada una.

### (1) FM type

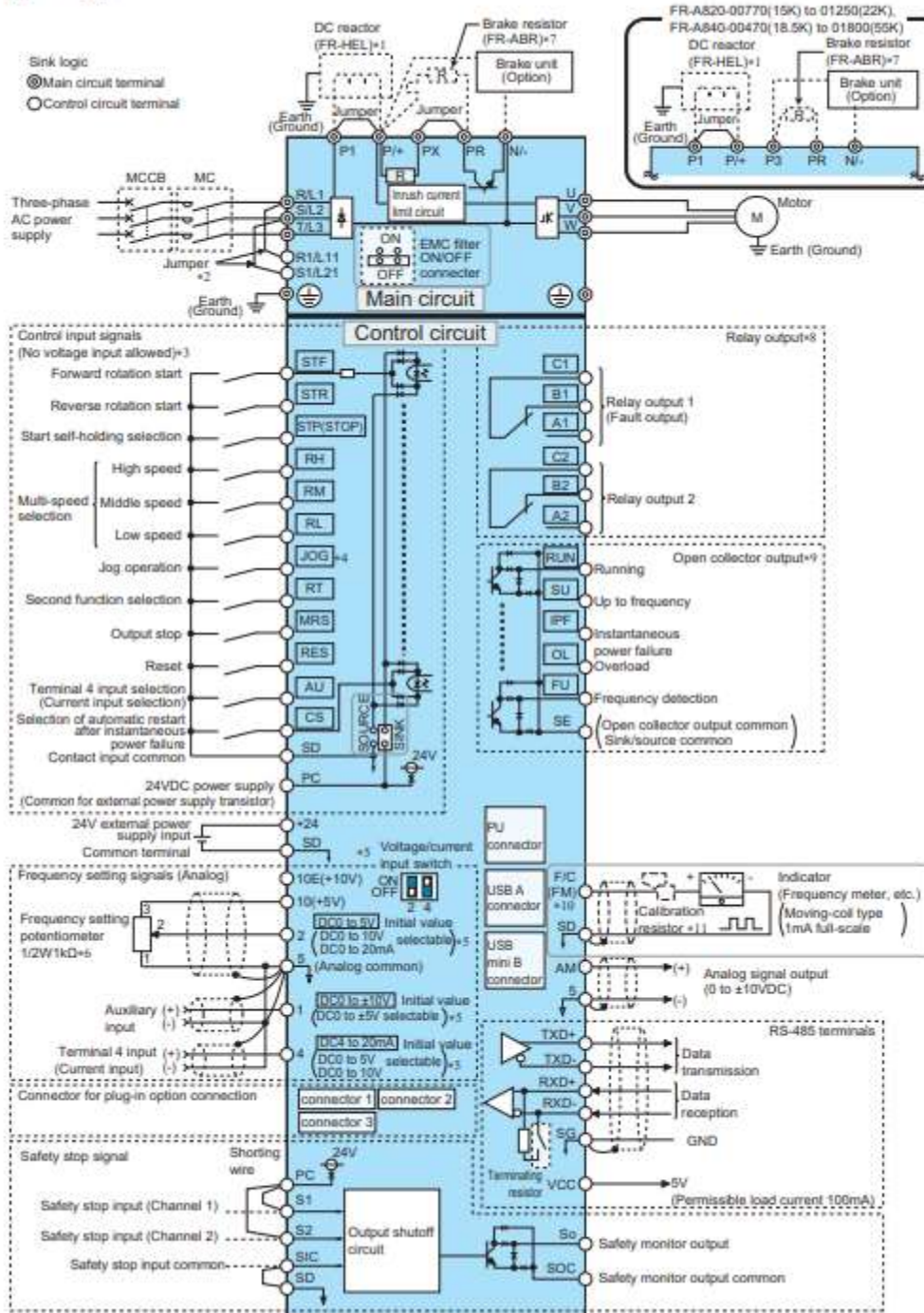


Ilustración 5.4: Conexiones eléctricas. Fuente: (Mitsubishi electric corporation, 2022)



## Conexión Eléctrica

En el presente diagrama se pueden visualizar los diferentes dispositivos que conforman el circuito eléctrico completo,

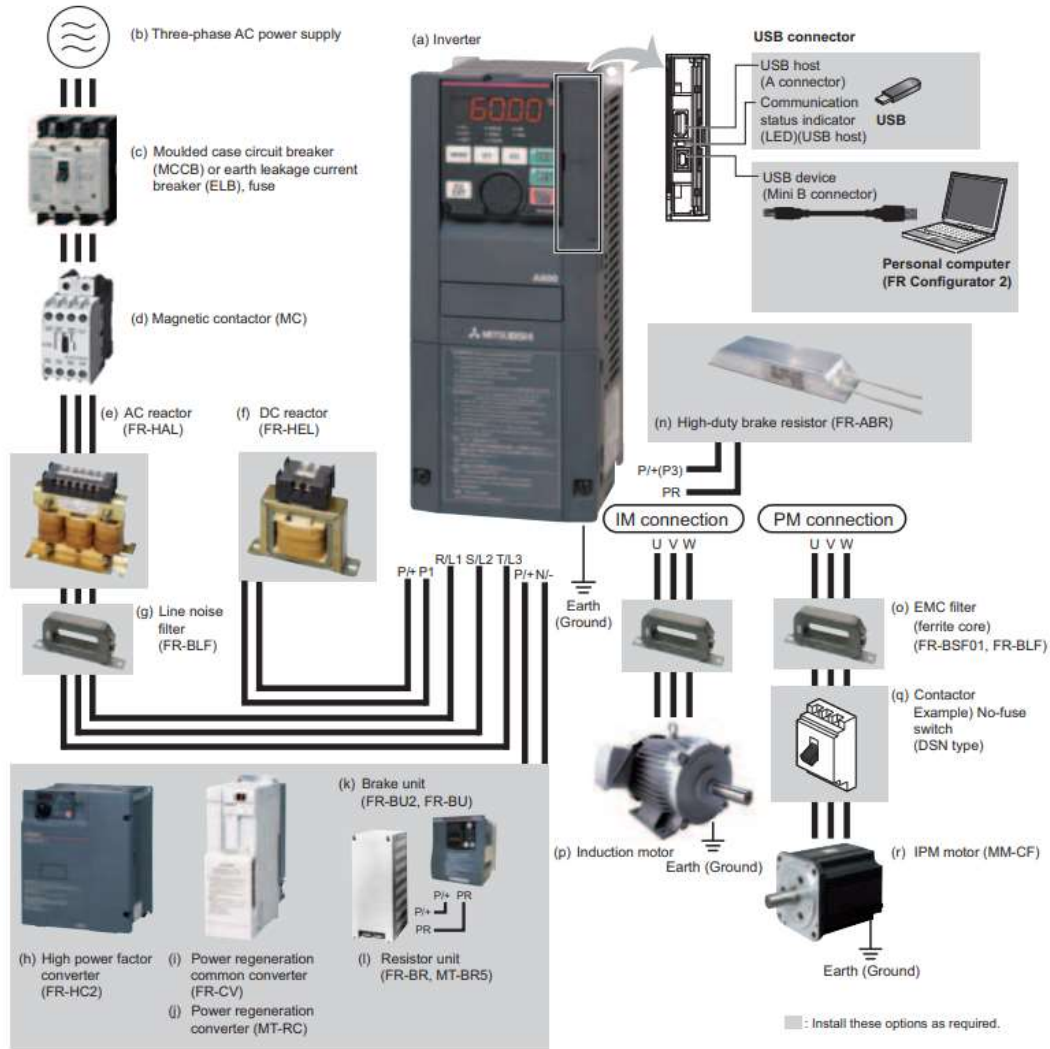


Ilustración 5.5: Diagrama de conexión eléctrica. Fuente: (Mitsubishi electric corporation, 2022).

## Antes

En el siguiente diagrama se puede visualizar que el control del motor es realizado por medio de contactores, estos dispositivos son inductivos, es decir, funcionan por medio de una bobina que tiene internamente, esta bobina al ser energizada genera un campo electromagnético que hace que un mecanismo interno cierre y genere el cierre del contacto por donde para la electricidad hacia el motor, estos dispositivos con el tiempo tienden a flamearse y dejan de funcionar.

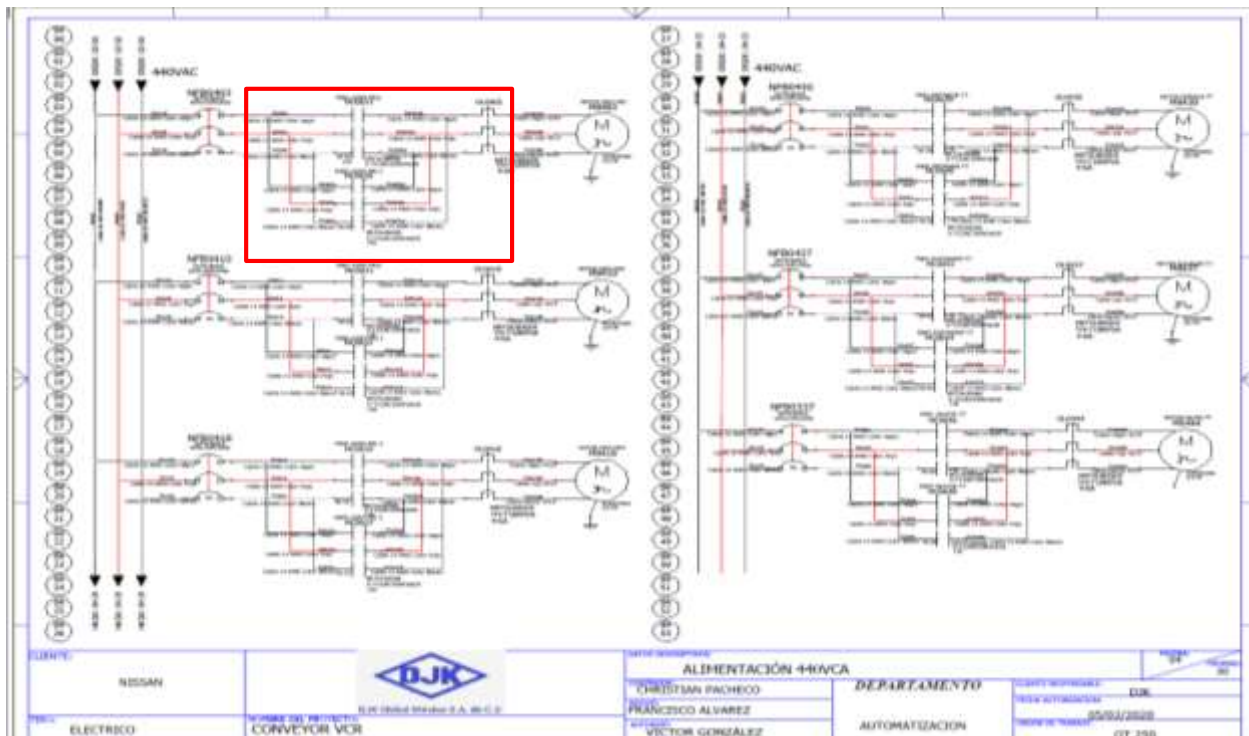


Ilustración 5.6: Diagrama eléctrico, antes. Fuente: Propia.

**Después**

Como se puede observar en el diagrama eléctrico, que el sistema dinámico es remplazado por el variador de frecuencia, este dispositivo fue programado para controlar Hertz de trabajo, rampas de aceleración y desaceleración, control de amperaje, paros y arranques, este dispositivo no cuenta con contactos mecánicos, lo que evita que se dañen las terminales por arcos eléctricos.

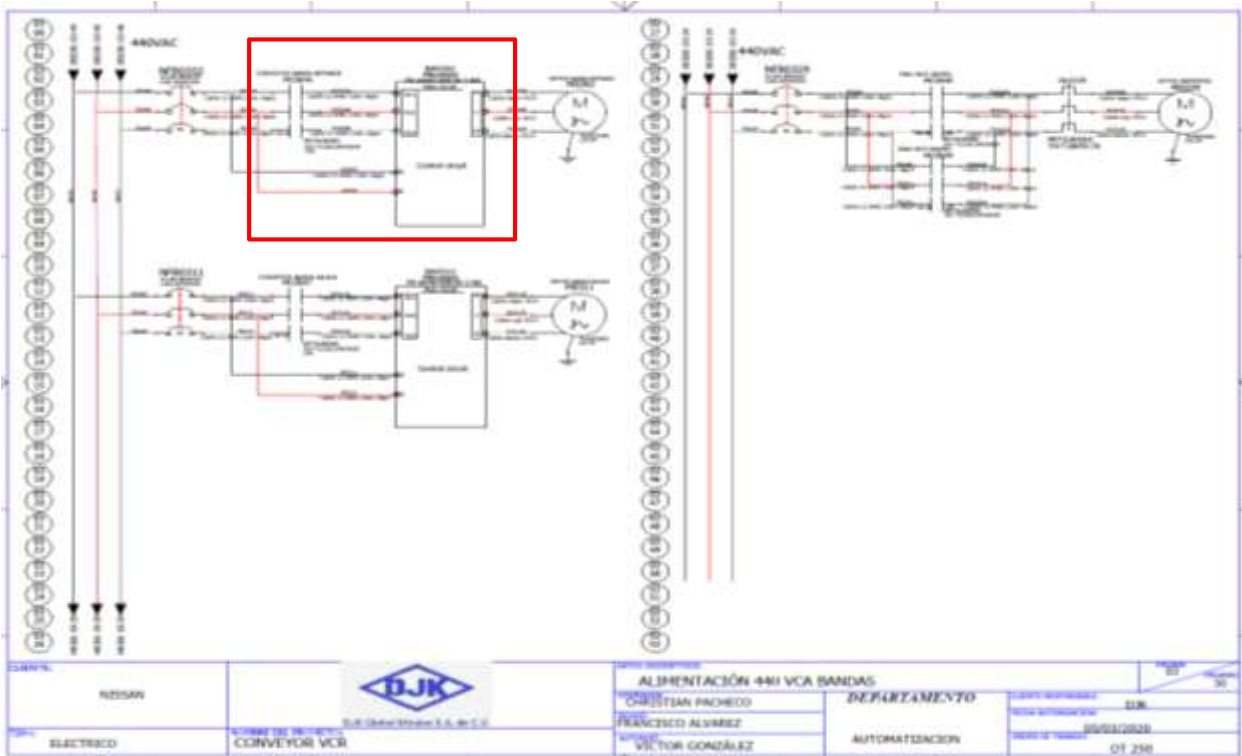


Ilustración 5.7: Nuevo diagrama eléctrico. Fuente: Propia.

### Antes y después de la mejora



Antes



Después

Ilustración 5.8: Antes y después. Fuente: Propia.

### Motores en los que se realizó la mejora

En la siguiente imagen se puede mostrar la distribución de los transportadores en los que se realizó la mejora.

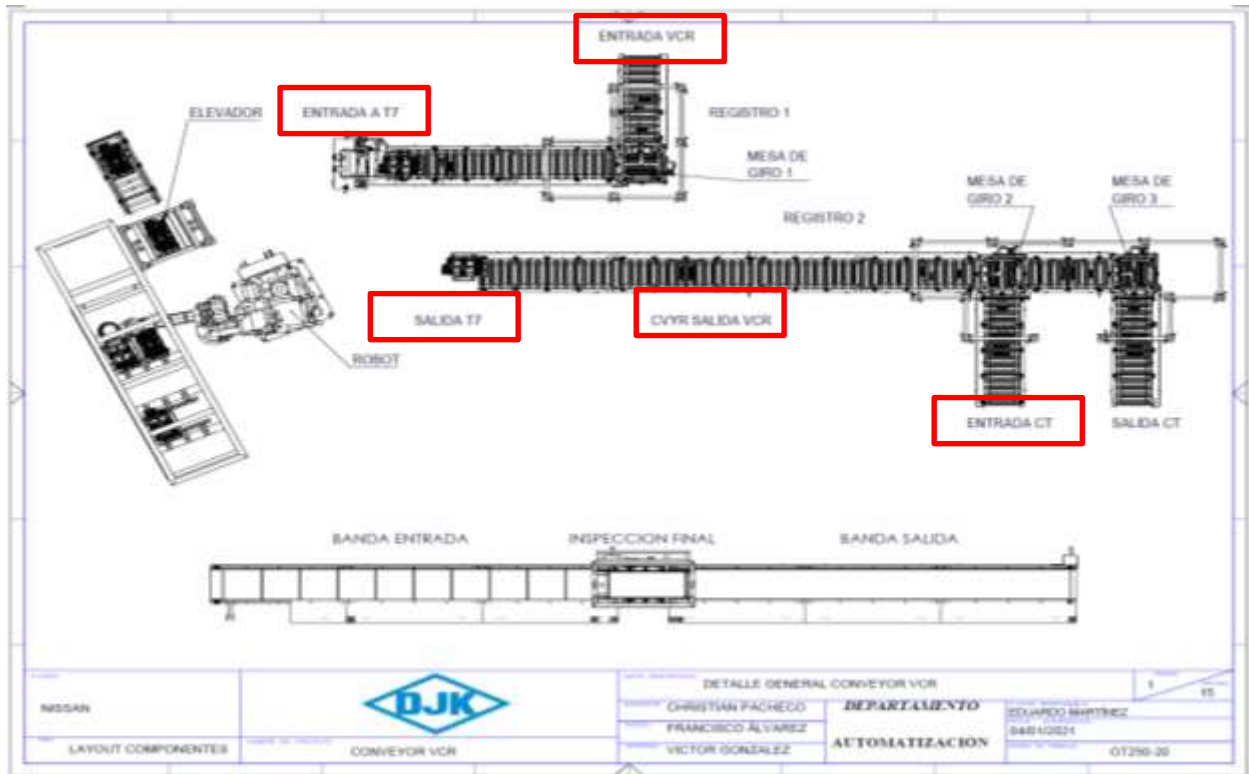


Ilustración 5.9: Motores e que se realizó la mejora. Fuente: Propia.



**Comparación del antes y después del tiempo de paro**

Como se puede visualizar el grafico se pudo hacer una reducción significativa en el tiempo de paro por concepto de fallas y daños en motores de transportadores.

**Antes**

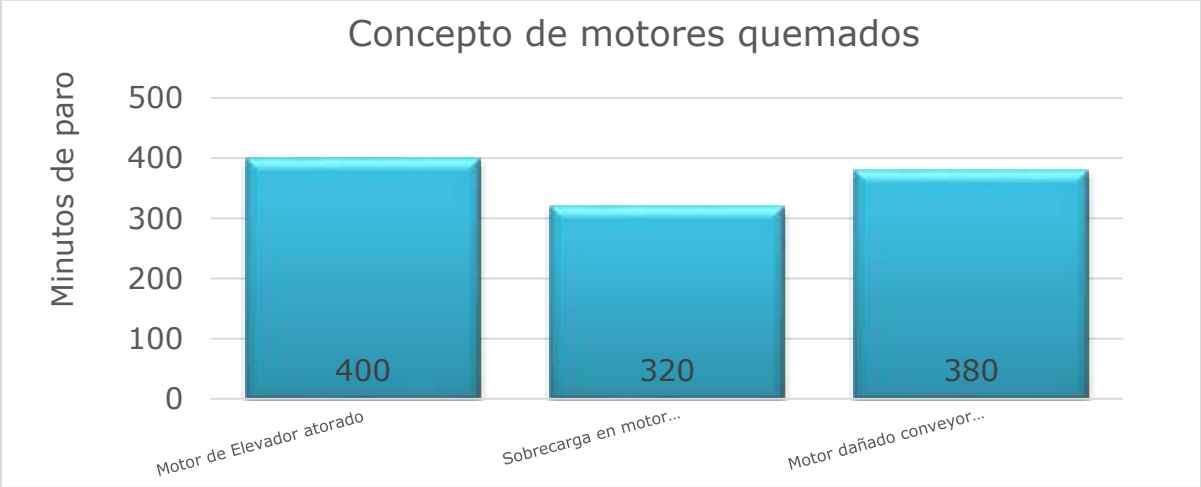


Ilustración 5.1: Tiempo de paro antes de los cambios. Fuente: Propia.

**Después**

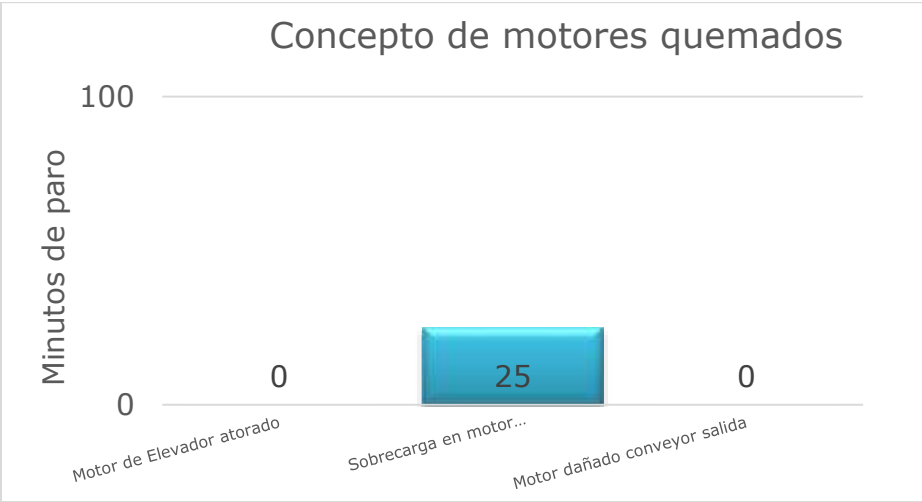


Ilustración 5.1: Tiempo de paro después de los cambios. Fuente: Propia.

**Objetivo 2. Disminuir la cantidad de piezas NG por fallas de comunicación**

La pieza tiene tiempos, en donde al transcurrir por el proceso del horno de tratamiento térmico, si alguno se encuentra fuera de tiempo, la pieza en automático se hace NG.

El tiempo más crítico al apagarse o detener el horno, es el tiempo de permanencia dentro de la parte de envejecimiento, esta tiene un tiempo máximo de estancia de 16860seg (4.68Hrs) y tiempo mínimo de 13260 (3.68Hrs) por lo que se centra el tiempo a la media de la siguiente manera:

El horno tiene 13 estaciones, pero entre la puerta de entrada y la de salida siempre hay una estación desocupada por lo que se consideran 12, pero al llegar a la posición de salida, en seguida son retiradas las piezas del horno, por lo que solamente se cuentan 11 estaciones. El horno gira 1 estación cada 1330 segundos que multiplicado por las 12 estaciones en las que se tarda en llegar el horno a la salida da como resultado 14630seg (4.06hrs).

Por lo que, si se detiene el horno, máximo se tiene 37 min para sacar las piezas, en el mejor de los casos, pero hay veces que vienen con el tiempo justo por lo que cualquier paro de equipo las convierte en NG.

En la Ilustración, se muestra una comparativa entre los meses de mayo, junio y julio, donde se pueden observar la cantidad de piezas defectuosas obtenidas por los problemas de quench, colisión y falla de comunicación.

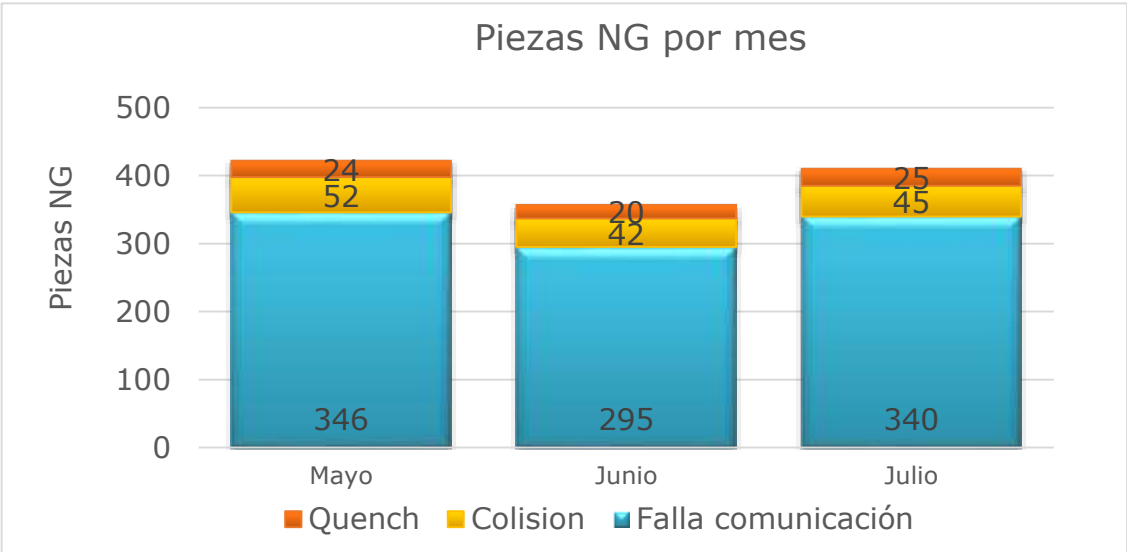


Ilustración 5.10: Grafico de NG. Fuente: Propia.

### Parámetros de trabajo de horno de tratamiento térmico

En la presente ilustración se pueden visualizar los parámetros de máquina para un funcionamiento óptimo.

CODIGO DE ERROR	DESCRIPCION	VALORES
1	TEMPERATURA DE HORNO DE SOLUCION FUERA DE NORMA	525 °C ± 10 °C
	TIEMPO DE TOLERANCIA DESDE QUE SE SALE DE NORMA LA TEMPERATURA EN SOLUCION (MILISEG)	1000 ms
2	TIEMPO MAXIMO DE TRANSLADO DE SOLUCION A QUENCH (SEG)	25 S
4	TEMPERATURA DE HORNO DE ENVEJECIMIENTO FUERA DE NORMA	215 °C ± 10 °C
	TIEMPO DE TOLERANCIA DESDE QUE SE SALE DE NORMA LA TEMPERATURA EN ENVEJECIMIENTO (MILISEG)	1000 ms
16	TEMPERATURA DE AGUA DE QUENCH FUERA DE NORMA	80 °C ± 5 °C
	TIEMPO DE TOLERANCIA DESDE QUE SE SALE DE NORMA LA TEMPERATURA EN QUENCH (MILISEG)	1 ms
64 32	TIEMPO MINIMO-MAXIMO DE ESTANCIA EN SOLUCION (SEG)	15060 S ~ 172800 S
256 128	TIEMPO MINIMO-MAXIMO DE ESTANCIA EN ENVEJECIMIENTO (SEG)	13260 S ~ 16860 S

Ilustración 5.11: Parámetros de la máquina. Fuente: Propia.

**Actividades de mejora:**

Se realiza desconexión de red 1 que se conforman por 4 nodos, que son: VDF Agitador 1, VFD agitador 2, VDF agitador 3 Y VDF Transportador; estos elementos son reconectados mediante salidas digitales directamente del PLC, también son eliminados

Maquina:AYF108 - Solucion  
 Problema: Constantes Apagones súbitos de todo el equipo (Kaizen)

**Diagrama de Comunicación**  
HOMO-SOLUCION

Este diagrama muestra una configuración de red compleja con múltiples dispositivos conectados a un switch central. Un nodo específico está etiquetado con el número 6 y una 'X' roja, indicando un punto de fallo o desconexión.

**Diagrama de Comunicación**  
HOMO-SOLUCION

Este diagrama muestra la configuración de red simplificada después de la mejora. Se eliminaron los nodos problemáticos, y se conectaron directamente los dispositivos restantes al PLC. Un checkmark verde indica que esta configuración es la solución correcta.

<p><b>RED 1 Abierta</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1- Switch Ethernet</li> <li>2- Panel de operación SCADA</li> <li>3- HMI</li> <li>4- VFD Recirculador Envejecimiento</li> <li>5- Puerto auxiliar Ethernet</li> <li>6- VFD Transportador</li> <li>7- PLC de Seguridad</li> </ul>	<p><b>RED 2 cerrada</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1- Servo Amplificador Horno Solución</li> <li>2- Tarjeta remota 1</li> <li>3- Tarjeta Remota 2</li> <li>4- Tarjeta Remota 3</li> <li>5- Tarjeta Remota 4</li> <li>6- Tarjeta Remota 5</li> <li>7- Servo Amplificador Horno de Envejecimiento</li> </ul>	<p><b>RED 3 Abierta</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1- Switch Ethernet</li> <li>2- Robot Principal</li> <li>3- Lector DR</li> <li>4- Robot Secundario</li> <li>5-</li> <li>6-</li> <li>7-</li> </ul>
---	--	---

Una fotografía de un gabinete de PLC con varios cables de red conectados a los puertos de salida. Un checkmark verde está superpuesto en la esquina superior derecha de la imagen.

**Actividad**

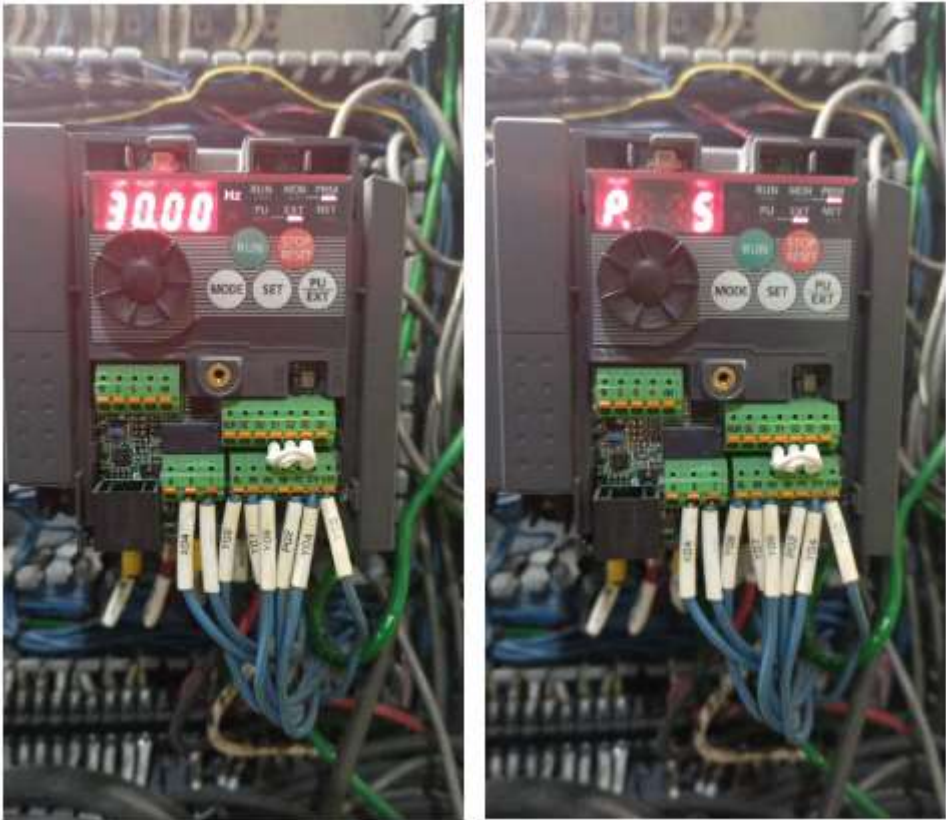
- Se realiza desconexión de la red 1, cuatro nodos.
- Se reconectan inversores directamente desde salidas de PLC
- Se modifica programa para eliminar los nodos que están fuera de operación.
- Se validara durante la semana esta actividad, para confirmar que no reincida apagón de horno

los nodos que están fuera de operación en el programa del PLC.

Ilustración 5.12: Conexiones del PLC. Fuente: Propia.

**Conexión Eléctrica y parametrizado de variadores**

En la presente imagen se puede visualizar como es parametrizado el variado de frecuencia, en esta parte se asignan todos los datos de placa del motor eléctrico, como; número de polos, voltaje, torque, amperaje,



*Ilustración 5.13: Conexiones. Fuente: Propia.*



*Ilustración 5.14: Controladores. Fuente: Propia.*



**Señales digitales que controlan paros y arranques de agitadores**

En esta imagen se muestra una tarjeta remota de salidas digitales que son enviadas por en plc del horno T7, estas señales son señales eléctricas a 24 voltios, estas van conectadas a las terminales del variador de frecuencia para su control.



*Ilustración 5.15: Cableado de señales. Fuente: Propia.*

**Objetivo 3. Aumentar la cantidad de señales en la comunicación del horno principal al robot secundario para aumentar la eficiencia de carga y descarga de piezas.**

Se analizaron los factores potenciales que afectan la carga y descarga de piezas KH1T y KH5T, se detecta que la causa potencial que afecta estas rutinas en el robot es la mala identificación del modelo, es decir, el robot no distingue si es KH1T o KH5T, por lo que el robot corre la rutina errónea, y esto ocasiona colisiones de robot y daños en gripper tanto de robot principal como robot auxiliar del horno T7.

Se generan nuevas condiciones para la identificación del modelo de la pieza, como fotoceldas, centralizadores y por terminación del código 2d.



*Ilustración 5.16: Área de robot. Fuente: Propia.*



### **Entradas digitales al robot de identificación de pieza**

Asignación de señales DI (entradas digitales), estas señales son enviadas por el plc de inspección final, que son generadas por el lector de código 2d y centralizadores, estas señales son enviadas a través de la red cc-link que permite la comunicación del robot fanuc al plc y viceversa.

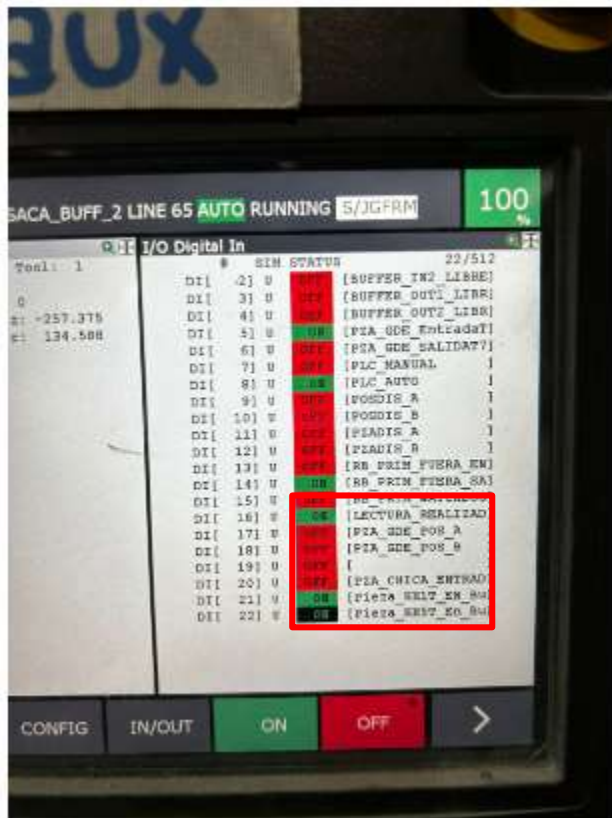


Ilustración 5.17: Configuración digital. Fuente: Propia.

## Identificación por código 2d

Esta identificación se realiza por medio de la terminación del código



Ilustración 5.18: Lector de códigos 2D. Fuente: Propia.



Ilustración 5.19: Vista general. Fuente: Propia.

### ***Identificación de pieza por centralizadores***

Este mecanismo funciona por medio de pistones neumáticos, el cual su función es centrar la pieza y a su vez detectar el tipo de modelo de acuerdo a la posición del pistón neumático.



*Ilustración 5.20: Centralizador de pieza. Fuente: Propia.*

## ***CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES***

### **13. Conclusiones del Proyecto**

La evolución de la industria ha dado paso a diferentes herramientas, estas ayudan a reconocer de manera más rápida y oportuna los problemas que pueden provocar problemas de eficiencia en un proceso. Las metodologías Lean Six Sigma ofrecen herramientas que nos dan una vista panorámica de los procesos y la certeza de que se está atacando el problema correcto, gracias a ello se pudo establecer un top tres de los principales problemas que afectan el funcionamiento de los hornos de tratamiento térmico.

Los beneficios de atacar y erradicar los problemas encontrados en el análisis es que estas condiciones por lo regular requieren de un alto requerimiento de intervenciones del departamento de mantenimiento, además del alto costo de refacciones para los equipos, así que se verán disminuidos costos y mano de obra a cambio de un mayor rendimiento de los equipos.

Como conclusión en el aspecto técnico, hoy día es muy importante el uso de dispositivos auxiliares que nos ayudan a controlar nuestra maquinaria y equipos de acuerdo a su especificación, como en el caso de los motores eléctricos, donde se utilizó un variador de frecuencia, este dispositivo permite realizar arranque y paros de manera suavizada, controlar frecuencia de trabajo y detectar picos de corriente o cortos circuitos sin afectar el funcionamiento principal del equipo, por lo tanto, se concluye que los dispositivos adicionales, aunque tienen un costo adicional, pueden actuar para generar ahorros económicos por fallas de equipos y al mismo tiempo reducir la carga de trabajo al personal encargado de ejecutar los mantenimientos.

# ***CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS***

#### **14. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.**

1. Entiende el funcionamiento de las herramientas Lean Six Sigma y las utiliza para la resolución de problemas.
2. Realiza análisis estadísticos y los interpreta en pro de los intereses de la empresa.
3. Comprende la importancia del pensamiento esbelto en la administración de los recursos de la empresa y utiliza herramientas que ayudan a generar ahorro.
4. Interpreta datos a partir de diagramas y dibujos para aplicar soluciones acertadas.
5. Propone mejoras y las ejecuta protegiendo siempre los intereses de la organización.
6. Desarrolla planes orientados a objetivos y los ejecuta en tiempo y forma.
7. Comprende y analiza los contenidos de los manuales de los equipos para encontrar soluciones y realizar mejoras.
8. Aplica la Ingeniería Industrial en el manejo eficiente de datos y búsqueda de soluciones, así como gestión de proyectos.

# ***CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN***



## 15. Fuentes de información

# Bibliografía

- Alejandro, C. V. (2018). *Implementación del sistema de indicadores de productividad OEE (eficiencia global de equipos) en planta metalico Rheem Chile*. Santiago - Chile: Universidad Andres Bello.
- Angel, M. M. (2018). *Estudio De Métodos Y Tiempos En El Área De Producción Para Incrementar La Productividad De La Empresa Calzados Kristel, 2018*. Trujillo - Perú: Universidad César Vallejo.
- Beatriz, T. M. (2018). *Propuesta de mejora para el incremento de la productividad mediante la reducción de demoras en el proceso de despacho de mercancías en un supermercado de la ciudad de Lima*. Lima: Repositorio de la Universidad Privada del Norte.
- Calderon Condor Italo Socimo, G. R. (2019). *Implementación de las herramientas del TPM para mejorar la OEE en la producción de tapas en una Empresa Manufacturera Lima, 2019*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Cortés, C. B. (2017). El entorno de la industria 4.0: implicaciones y perspectivas futuras. *Conciencia tecnológica.*, 54.
- Durán-Tenesaca, J. M.-N.-M. (2022). Medición OEE en manufactura de línea blanca, máquina inyectora de plásticos con tecnología 4.0. *CIENCIAMATRIA*, 738-763.
- Enrique, F. P. (2017). *Análisis y propuesta de mejora de procesos aplicando mejora continua, técnica SMED y 5S, en una empresa de confecciones*. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Franklin Hernán Carrillo López, E. V. (2022). Influencia de la altura en el rendimiento operativo de los motores eléctricos. *Polo del Conocimiento* , 232-240.
- Giovanna Culot, G. N. (2020). Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions. *International Journal of Production Economics*.
- González Torres Arturo, R. C. (2016). Implementación del OEE como herramienta de mejora continua aplicada a una línea de producción. *Revista de Docencia e Investigación Educativa*, 1-7.

- Gutiérrez, E. (2021). *Diseño y simulación de un sistema de monitoreo para un proceso de control de temperatura mediante PLC e IoT para la empresa Educatia*. Villavicencio: Universidad Antonio Nariño.
- Jiménez Castro Wilson Fernando, C. B. (2020). *Mejora continua y la productividad aplicada en los procesos de almacenamiento y despacho de la empresa Megaprofer S.A. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Administrativas. Carrera de Marketing y Gestión de Negocios*.
- Maldonado Mondragon, A. K. (2017). *Sistema de mejora continua basado en el mantenimiento productivo total para reducir los desperdicios en el área de producción de la Empresa Induamerica S.A.C. - Lambayeque 2016*. Perú: Universidad Señor de Sipán .
- Mitsubishi electric corporation. (2022). *INVERTER FR-A800 INSTRUCTION MANUAL (DETAILED)*. (n.d.). Tokyo: HEAD OFFICE: TOKYO BUILDING 2-7-3, MARUNOUCHI, CHIYODA-KU, TOKYO 100-8310, JAPAN.
- Omar, A. R. (2017). *Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la eficiencia global de los equipos seydel en el área tops de la empresa Sudamericana de Fibras S.A., Callao, 2017*. Lima : Universidad César Vallejo.
- Ramírez Pérez, J. F. (2021). LEAN SIX SIGMA E INDUSTRIA 4.0, UNA REVISIÓN DESDE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES PARA LA MEJORA CONTINUA DE LAS ORGANIZACIONES: LEAN SIX SIGMA E INDUSTRIA 4.0 EN LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria.*, 151-168.
- Ríos Ríos, P. J. (2021). *Análisis de la calidad en la producción de tablas empresa Industrial Maderera San Juan s.a.c, mediante el diagrama de Pareto, Iquitos – Perú*. . Perú: Universidad Nacional De La Amazonía Peruana.
- Solís Santamaria, J. M. (2022). Control de procesos de un horno de tratamientos térmicos a través de telefonía móvil. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, 41-54.
- Vilema Romero, J. O. (2019). *Análisis y mejoramiento del proceso de envasado en una industria de agroquímicos por medio de la aplicación del sistema oee (eficiencia global de equipos) y manufactura esbelta*. Guayaquil: Espol.

## ***CAPÍTULO 9: ANEXOS***

**17. Anexos**

(carta de autorización por parte de la empresa u organización para la residencia profesional y otros si son necesarios).

**18. Registros de Productos**

(patentes, derechos de autor, compra-venta del proyecto, etc.).