



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga  
Departamento de Ciencias Económico Administrativas

**REPORTE FINAL PARA ACREDITAR LA RESIDENCIA PROFESIONAL  
DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA.**

PRESENTA:  
PALOMA NAYELI SEGOVIA DE LA CRUZ

CARRERA:  
INGENIERÍA MECATRÓNICA

***“LIBRERÍAS DIGITALES PARA MANTENIMIENTO A PLANTA ENSAMBLE  
P13C”***

YOROZU MEXICANA, S.A. DE C.V.

**YOROZU**

Ing. Enrique Roberto Martínez.  
**Nombre del Asesor Externo.**

Doc. Enrique Javier Martínez Delgado.  
**Nombre del Asesor Interno.**

Pabellón de Arteaga, Diciembre 2023.

## **AGRADECIMIENTOS.**

En este espacio, deseo expresar mi más profundo agradecimiento hacia aquellas personas que no solo fueron parte integral, sino también pilares fundamentales en mi camino hacia la formación profesional. Quiero dedicar unas palabras de gratitud sincera a cada uno de los individuos que, con su apoyo incondicional, contribuyeron de manera significativa a mi desarrollo y crecimiento tanto personal como académico.

En primer lugar, deseo honrar y reconocer el invaluable respaldo de mis padres, quienes desempeñaron un papel excepcional en mi trayectoria como estudiante de ingeniería. Mi madre, la Sra. Rosa María De la Cruz Briano, merece un reconocimiento especial por su dedicación, perseverancia y constante fe en mí fueron la fuerza motriz que me impulsó a superar obstáculos y adversidades. No tengo palabras suficientes para expresar mi gratitud, y aspiro a algún día poder retribuir todo lo que ha hecho por mí. Mi padre, el Sr. Juan Alberto Segovia Salas, ha sido mi guía y modelo a seguir. Su inquebrantable compromiso como pilar de la familia, proveedor incansable y consejero sabio ha sido un faro en mi vida. Desde temprana edad, me inculcó valores fundamentales y me impartió conocimientos prácticos que han sido esenciales en mi desarrollo como ingeniera. Su sabiduría, amor y apoyo incondicional han sido un regalo invaluable que atesoro profundamente.

La oportunidad laboral que YOROZU me ofreció para iniciar mi carrera como ingeniera es un punto crucial en mi vida, y por eso agradezco profundamente a la empresa. El Ing. Enrique Roberto Martínez y el Ing. Alejandro de Lira Martínez jugaron roles significativos en mis residencias, guiándome y facilitando mi integración en el departamento de mantenimiento ensamble.

Por último, pero definitivamente no menos importante, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todo el equipo de "mantenimiento a planta ensamble". Desde el primer día, su cálido recibimiento y la invaluable orientación que me brindaron fueron piedras angulares en mi aprendizaje y crecimiento como ingeniera.

Extendiendo mi gratitud a cada una de estas personas y entidades por su apoyo, orientación y confianza depositada en mí, reafirmo mi compromiso de honrar este respaldo mediante mi constante esfuerzo y contribución al campo de la ingeniería.

¡Gracias, de corazón, por todo el respaldo incondicional brindado!

## ***CAPÍTULO 1. PRELIMINARES***

### **RESUMEN**

El siguiente documento detalla las actividades realizadas por la alumna Paloma Nayeli Segovia de la Cruz durante su período de residencias profesionales en la empresa YOROZU MEXICANA, S. A. DE C. V. El enfoque principal del proyecto fue crear librerías digitales con información sobre la maquinaria de planta ensamble con el objetivo de agilizar la búsqueda de dibujos, manuales y listas de refacciones para el equipo en ingeniería de mantenimiento, reduciendo así los tiempos de parado por labores de mantenimiento en las líneas de producción.

En la empresa, el almacén que suministra a las plantas de estampado, ensamble y pintura con repuestos presenta un inconveniente para el personal de mantenimiento correctivo en la planta de ensamble debido a su ubicación distante. Esto resulta en paradas prolongadas para las labores de mantenimiento. Como medida dentro del proyecto, se decidió establecer un pequeño inventario de las piezas más utilizadas, como tornillería, componentes neumáticos, conexiones, sensores, etc., directamente en el área de mantenimiento. Esto tiene como fin acercar estas piezas al personal de mantenimiento, reduciendo así la necesidad de trasladarse hasta el almacén. Esta acción busca directamente disminuir los tiempos requeridos para el mantenimiento correctivo, en línea con el objetivo principal del proyecto

Dado el alto grado de automatización en planta ensamble, que incluye robots de soldadura, controladores y dispositivos de ensamble, se identificó la necesidad de elaborar listas de refacciones críticas. Estas listas se desarrollaron para establecer un plan de compras anticipado y estar preparados en caso de fallos en componentes fundamentales de los robots, controladores o máquinas de soldar.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>CAPÍTULO 1. PRELIMINARES</b> .....	ii
RESUMEN.....	ii
<b>ÍNDICE</b> .....	iii
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	v
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	v
<b>CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO</b> .....	7
2.1 INTRODUCCIÓN.....	7
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO EL ESTUDIANTE.....	8
2.2.1 GENERALIDADES.....	8
2.2.2 ÁREA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE.....	9
2.2.3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DEL RESIDENTE.....	9
2.2.4 MISIÓN.....	10
2.2.5 VISIÓN.....	10
2.2.6 OBJETIVOS.....	10
2.2.7 ORGANIGRAMA.....	11
2.2.8 PRINCIPALES CLIENTES DE LA EMPRESA.....	12
2.3 PROBLEMAS A RESOLVER.....	12
2.4 JUSTIFICACIÓN.....	13
2.5 OBJETIVOS.....	15
2.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO</b> .....	16
3.1 ¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO?.....	16
3.1.1 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	16
3.1.2 TERMINOLOGÍA BÁSICA DEL MANTENIMIENTO.....	16
3.2 ANTECEDENTES DEL MANTENIMIENTO.....	19
3.2.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO.....	19
3.2.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	22
3.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	24
3.3.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	24

3.3.1.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	24
3.3.2 <i>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</i> .....	25
3.3.3 <i>MANTENIMIENTO PREDICTIVO</i> .....	25
3.4 KPI DE MANTENIMIENTO. ....	25
3.4.1 <i>METRICA DE MANTENIMIENTO</i> .....	27
3.4.2 <i>KPI FRENTE A MÉTRICAS DE RENDIMIENTO</i> . ....	27
3.4.3 <i>TIEMPO MEDIO DE REPARACION (MTTR)</i> . ....	28
3.4.3.1 COMO CALCULAR EL MTTR. ....	29
3.4.4 <i>TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF)</i> . ....	29
3.3.4.1 COMO CALCULAR EL MTBF. ....	30
3.4.5 <i>DOWNTIME</i> . ....	30
<b>CAPÍTULO 4: DESARROLLO</b> .....	31
4.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES. ....	31
4.2 DEFINICIÓN DEL PROPÓSITO Y ALCANCE. ....	32
4.3 ELABORACION DE LIBRERIAS DIGITALES PARA MANTENIMIENTO A PLANTA P13C.32	
4.3.1 <i>RECOPIACIÓN DE DATOS PRECISOS</i> .....	32
4.3.2 <i>ORGANIZACIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA GENERACIÓN DE REFACCIONES A MODELO P13C</i> . ....	37
4.3.3 <i>GENERACIÓN DE CÓDIGOS QR</i> .....	38
4.4 USO DE PLATAFORMAS Y HERRAMIENTAS ADMINISTRATIVAS.....	38
4.4.1 <i>KPI DE MANTENIMIENTO</i> . ....	38
4.5 ELABORACIÓN DE STOCK DE REFACCIONES COMUNES.....	42
4.5.1 <i>REGISTRO DE ENTRADAS Y SALIDAS DE REFACCIONES</i> .....	46
<b>CAPÍTULO 5: RESULTADOS</b> . ....	48
5.1 CODIGOS DE DIRECCIONAMINETO A LA INFORMACIÓN GENERADA.....	48
5.2 BITACORA DE MANTENIMIENTO A LINEA DE PRODUCCIÓN L21B. ....	49
5.3 ANÁLISIS DE MTTR SEMANAL. ....	50
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES</b> . ....	53
6.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO.....	53
6.2 RECOMENDACIONES. ....	53
6.3 EXPERIENCIA PERSONAL PROFESIONAL ADQUIRIDA.....	54
<b>CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS</b> .....	55
<b>CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN</b> .....	57
<b>CAPÍTULO 9: ANEXOS</b> .....	58

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Cronograma de Actividades.</i> .....	31
<i>Tabla 2. Formato para lista de repuestos.</i> .....	35
<i>Tabla 3. Refacciones de modelo P13C.</i> .....	37
<i>Tabla 4. Clasificación detallada de paros por líneas.</i> .....	39
<i>Tabla 5. Depuración de interrupciones pertenecientes al departamento de mantenimiento.</i> .....	39
<i>Tabla 6. Evaluación y monitoreo de métricas de rendimiento operativo.</i> .....	40
<i>Tabla 7. Bitácora de índices de inactividad en modelo.</i> .....	42
<i>Tabla 8. Registro de flujo en refacciones comunes.</i> .....	46
<i>Tabla 9. LAYOUT de almacén uno.</i> .....	47
<i>Tabla 10. Bitácora de mantenimiento a línea de producción tipo A.</i> .....	50
<i>Tabla 11. Bitácora de mantenimiento a línea de producción tipo B.</i> .....	50

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Logotipo de la empresa. ....	8
<b>Figura 2.</b> Organigrama del departamento Mantenimiento Ensamble. ....	11
<b>Figura 3.</b> Herramientas Primitivas. ....	19
<b>Figura 4.</b> Herramientas Básicas. ....	20
<b>Figura 5.</b> Pieza Primitiva, como la rueda. ....	20
<b>Figura 6.</b> Pieza Básica: Rueda para carreta. ....	20
<b>Figura 7.</b> Uso de herramientas, por el hombre primitivo. ....	21
<b>Figura 8.</b> Evolución del mantenimiento - Nuevas expectativas. ....	22
<b>Figura 9.</b> Evolución del mantenimiento - Nuevas técnicas. ....	22
<b>Figura 10.</b> Evolución del mantenimiento a lo largo del tiempo. ....	23
<b>Figura 11.</b> Tendencias en la gestión del mantenimiento. ....	23
<b>Figura 12.</b> Ciclo del KPI. ....	26
<b>Figura 13.</b> Fórmula para calcular el MTTR. ....	29

<b>Figura 14.</b> Fórmula para calcular el MTBF. ....	30
<b>Figura 15.</b> Planos de SLIDER-BASE_4000. ....	32
<b>Figura 16.</b> Maquinaria para línea MBR COMPL- RR SUSP. ....	33
<b>Figura 17.</b> Maquinaria para línea MBR ASSY-FR SUSP. ....	33
<b>Figura 18.</b> Diagramas de conexión para controladores. ....	34
<b>Figura 19.</b> Contenido técnico para refacción de A01. ....	36
<b>Figura 20.</b> Gráfico semanal de evaluación MTTR y MTBF. ....	41
<b>Figura 21.</b> Refacciones tornillería. ....	43
<b>Figura 22.</b> Refacciones neumáticas. ....	43
<b>Figura 23.</b> Refacciones neumáticas. ....	44
<b>Figura 24.</b> Refacciones sensores. ....	44
<b>Figura 25.</b> Gaveta de refacciones adicionales de sensores. ....	44
<b>Figura 26.</b> Gaveta de refacciones. ....	45
<b>Figura 27.</b> Estación nueva de modelo P13C. ....	48
<b>Figura 28.</b> Código QR implementado con la información generada. ....	49
<b>Figura 29.</b> Gráficos de la eficiencia del departamento mantenimiento ensamble. ....	52
<b>Figura 30.</b> Carta de aceptación de prácticas profesionales. ....	58
<b>Figura 31.</b> LAYOUT de la empresa. ....	59

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

### ***2.1 INTRODUCCIÓN.***

Al inicio de este año, el departamento de mantenimiento en la planta ensamble enfrentó desafíos para alcanzar sus metas generales de eficiencia, lo que llevó a la concepción de este proyecto con el fin de mejorar la situación. El equipo de mantenimiento correctivo se encuentra diariamente ocupado en la resolución de fallos en las máquinas de las líneas de producción. Es crucial minimizar el tiempo dedicado a resolver estos problemas, ya que de lo contrario, la producción se ve afectada y el departamento se aleja de los objetivos semanales y mensuales de eficiencia.

Luego de realizar un análisis interno, el departamento identificó que la búsqueda de información técnica necesaria para resolver estos fallos, como manuales, diagramas eléctricos, neumáticos, dibujos de diseño y listados de repuestos, resultaba demasiado lenta. Por ello, se propuso crear librerías digitales organizadas que contengan esta información, facilitando su acceso y consulta de manera más ágil. El personal de mantenimiento tiene acceso a servidores corporativos desde sus smartphones proporcionados por la empresa, lo que permitió guardar estas librerías en los servidores para que puedan acceder a ellas directamente desde sus dispositivos móviles. De esta manera, podrían consultar la información necesaria en el lugar donde se encuentren, en lugar de dirigirse a un terminal fijo en el área de mantenimiento, agilizando la resolución de las fallas en las líneas de producción.

Con el objetivo de reducir los tiempos de parada por mantenimiento correctivo, se implementó un inventario de repuestos dentro del área de mantenimiento, evitando así los desplazamientos hasta el almacén de la planta, que se encuentra a una gran distancia y ocasiona prolongados tiempos de inactividad. Este inventario contiene las piezas más utilizadas por el personal de mantenimiento, como tornillería, componentes neumáticos, conexiones, sensores, entre otros. Esta medida evita pérdidas de tiempo, reflejándose en una disminución significativa en el tiempo de inactividad de las líneas de producción.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO EL ESTUDIANTE.



**Figura 1.** Logotipo de la empresa.

### 2.2.1 GENERALIDADES.

YOROZU es una empresa de origen japonés la cual se dedica a la fabricación de suspensiones y partes automotrices, por medio de procesos de estampado y ensamble por soldadura. Fue fundada en 1948, el director general de todas las plantas YoroZu del mundo es el Sr. Akihiko Shido. Actualmente la planta de Aguascalientes es nombrada YMEX y esta fue fundada el 8 de febrero de 1993, la planta se divide en tres partes, las cuales son:

- Planta estampado, la cual es a donde llega la materia prima para ser cortada y estampada por medio de prensas y troqueles para posteriormente ser ensamblada.
- Planta ensamble, es en donde se ensamblan las piezas que produce planta estampado para llegar a la estructura final, los ensambles se hacen por medio de uniones permanentes por medio de soldadura aplicada por robots automatizados, aquí también se insertan a las suspensiones piezas que producen proveedores externos como bujes plásticos, rotulas, etc.
- Planta pintura, es el proceso final donde se aplica pintura color negro a todas las piezas que ya fueron ensambladas.

### *2.2.2 ÁREA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE.*

Cada planta de YOROZU cuenta con su departamento de ingeniería el cual se divide en dos, ingeniería de procesos e ingeniería de mantenimiento. Para la estancia de residencias profesionales en YOROZU Mexicana el residente fue asignado a planta ensamble en el departamento de ingeniería de mantenimiento, comúnmente llamado solo “mantenimiento ensamble”. Mantenimiento ensamble se divide en tres partes, mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo/predictivo y mantenimiento precisión, el residente fue asignado al supervisor de mantenimiento correctivo.

### *2.2.3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DEL RESIDENTE.*

Como principal actividad del residente, fue el desarrollo del proyecto asignado. El cual se logró por medio de realización de listas de refacciones de cada estación perteneciente a las líneas de producción del nuevo modelo Nissan P13C, el uso de Microsoft Excel fue fundamental para la realización de estas. Diariamente el residente estaba encargado de sacar los datos de tiempo de producción y paros diarios en las líneas, para la realización y cálculos de KPI de mantenimiento, en los que se incluía el MTTR, MTBF y el porcentaje general de paros por mantenimiento diario, semanal y mensual, esto con el fin de medir la eficiencia del departamento.

El residente realizó actividades de mantenimiento correctivo en líneas de producción con la supervisión del ingeniero especialista de mantenimiento, tales como fallas de sensores, ajustes de piezas, reparación de marcadoras de números de lote, reparaciones de fugas de aire, cambio de cilindros neumáticos entre otras. Como actividades mantenimiento preventivo destacadas, el residente apoyo al ingeniero especialista del área en un plan de mantenimiento preventivo en las líneas L21B, P02F y MFA2 para el cumplimiento objetivos dentro del porcentaje establecido.

#### *2.2.4 MISIÓN.*

Esta empresa tiene como misión proporcionar a sus clientes productos para suspensiones y partes automotrices de alta calidad que contribuyan a la satisfacción y seguridad de las personas que utilizan vehículos.

#### *2.2.5 VISIÓN.*

YOROZU Mexicana tiene la visión de lograr y mantenerse en primer lugar respecto a la confianza de sus clientes, realizando actividades para la reducción de costos y mejorando de manera continua sus procesos y la calidad de sus productos.

#### *2.2.6 OBJETIVOS.*

**EXCELENCIA EN LA CALIDAD:** Buscar la excelencia en la fabricación de sus productos, asegurando altos estándares de calidad para satisfacer las demandas de la industria automotriz.

**INNOVACIÓN TECNOLÓGICA:** Desarrollar e implementar nuevas tecnologías y técnicas de fabricación para mejorar la eficiencia y la competitividad en el mercado.

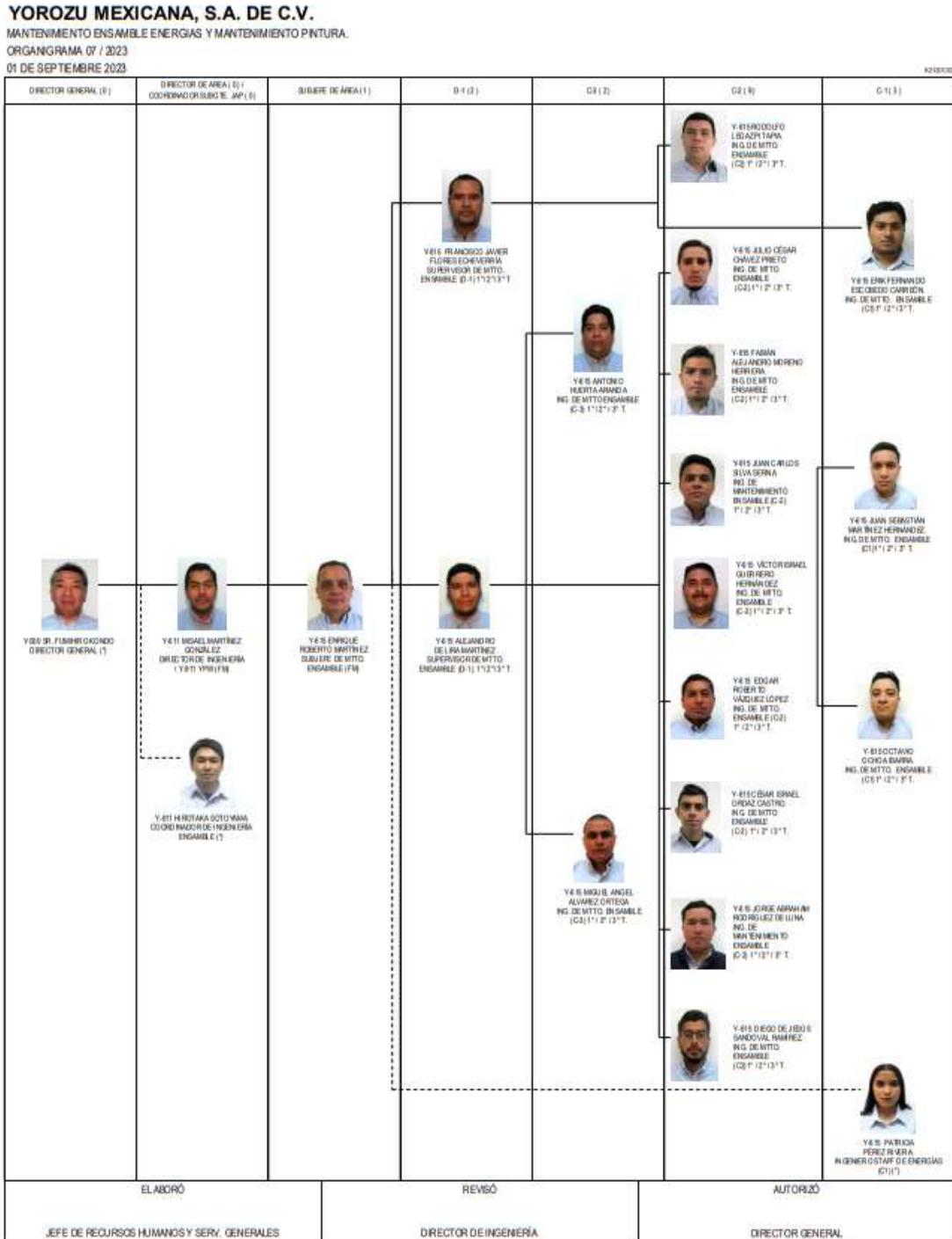
**SOSTENIBILIDAD:** Compromiso con prácticas de fabricación sostenibles y responsables con el medio ambiente, buscando reducir el impacto ambiental de sus operaciones.

**CRECIMIENTO Y EXPANSIÓN:** Buscar oportunidades para crecer y expandirse en nuevos mercados, ya sea a nivel nacional o internacional.

**DESARROLLO DE TALENTO:** Fomentar un ambiente laboral que promueva el desarrollo profesional de sus empleados, incentivando la capacitación y el crecimiento dentro de la empresa.

## 2.2.7 ORGANIGRAMA.

A continuación, en la figura 2 se muestra el organigrama que compone el departamento de mantenimiento ensamble en la empresa.



**Figura 2.** Organigrama del departamento Mantenimiento Ensamble.

## *2.2.8 PRINCIPALES CLIENTES DE LA EMPRESA.*

### 2.3 PROBLEMAS A RESOLVER.

**DIFICULTAD EN EL ACCESO A INFORMACIÓN:** La falta de acceso oportuno a información resulta paros de producción y con ello causa principalmente pérdida de productividad. Este problema puede manifestarse de diversas maneras. Los trabajadores a menudo se encuentran con situaciones donde necesitan acceder a manuales técnicos, diagramas, guías de procedimientos o información específica sobre equipos y sistemas. Sin embargo, la información suele estar dispersa en diferentes ubicaciones lo que dificulta su búsqueda y recuperación eficiente. Además, dentro del área de mantenimiento ensamble cada minuto cuenta y es valioso para la línea de trabajo, la capacidad de acceder rápidamente a información precisa puede marcar la diferencia entre una intervención exitosa y un problema prolongado en cuestión de segundos.

**FALTA DE CONOCIMIENTOS ACTUALIZADOS:** El personal autorizado en reparar la maquina puede carecer de conocimientos actualizados, lo que contraer una desconexión entre las prácticas obsoletas y las necesidades cambiantes, dando lugar a ineficiencias en la producción y en un caso mucho mayor errores altamente costosos. Al mantener a los trabajadores al tanto de las últimas tendencias y prácticas beneficia al área en términos de eficiencia operativa.

**GESTIÓN REACTIVA EN LUGAR DE PREVENTIVA:** Es un problema que afecta en el ámbito del mantenimiento. Cuando la gestión se basa en abordar problemas solo cuando se presentan, en lugar de anticiparse y prevenirlos, se pueden enfrentar costos más altos, tiempos de inactividad no planificados y una disminución general en la eficiencia operativa. La falta de acceso a datos históricos y análisis relevantes contribuye a esta mentalidad reactiva, ya que la toma de decisiones se basa en situaciones aisladas en lugar de en tendencias y patrones más amplios.

**COMPLEJIDAD Y CUMPLIMIENTO:** La falta de documentación organizada puede generar estrés y complicaciones durante las auditorías, reuniones, entre otras ya que la búsqueda de registros y la verificación del cumplimiento pueden ser laboriosas y demoradas. Además, las consecuencias de no cumplir con las regulaciones pueden incluir multas, sanciones e incluso daño a la reputación de la empresa.

**FALTA DE MEJORA CONTINUA:** Al no contar con un enfoque en la mejora constante de los procesos en mantenimiento ensamble impide que el área alcance su máximo potencial en los productos. La falta de acceso a análisis y datos históricos dificulta la identificación de áreas en las que se puede realizar mejoras, lo que lleva a decisiones basadas en suposiciones en lugar de datos concretos.

**DESPERDICIO DE RECURSOS:** Es un problema que tiene un impacto significativo en la eficiencia y la rentabilidad. Cuando no se dispone de información precisa sobre piezas de repuesto y equipos, es posible que se realicen reparaciones innecesarias, se adquieran piezas que no se necesitan o se realicen mantenimientos que podrían posponerse. Estos desperdicios no solo aumentan los costos, sino que también pueden llevar a la pérdida de tiempo y a una utilización ineficiente de los recursos disponibles.

## 2.4 JUSTIFICACIÓN.

El departamento de Mantenimiento Ensamble se ha visto sumido en desafíos operativos significativos, principalmente debido a la constante redefinición de los criterios de tiempo de inactividad, los cuales han generado un impacto directo en la eficiencia del área. Estos ajustes sucesivos han provocado una revisión continua de los estándares aceptables de tiempo de parada. Actualmente, se ha fijado como un imperativo esencial un umbral máximo de paros generales diarios no superior al 0.40% para el departamento de mantenimiento. Este punto de referencia crítico implica un desafío operativo de gran magnitud, exigiendo mejoras constantes, innovaciones y optimizaciones en los procesos para lograr este nivel de eficiencia sin comprometer la calidad ni la seguridad.

En los últimos meses, se ha evidenciado una disminución considerable en la eficiencia operativa del departamento de mantenimiento. Después de un análisis metódico y minucioso, se ha podido identificar que los incidentes predominantes de tiempo de inactividad se originan principalmente en las actividades llevadas a cabo por el personal de mantenimiento correctivo. En respuesta a esta situación, se ha concebido y desplegado un plan estratégico completo y multifacético que tiene como objetivo primordial optimizar la fluidez, la efectividad y la eficiencia de los procedimientos y procesos inherentes al mantenimiento correctivo.

El proyecto designado al residente forma parte integral de esta estrategia global de mejora del mantenimiento correctivo. Su enfoque se orienta específicamente hacia la reducción proactiva y sostenida de los lapsos de inactividad ocasionados directamente por las intervenciones ejecutadas por el personal de mantenimiento correctivo en las líneas de producción de la planta ensambladora.

Este proyecto implica una revisión exhaustiva de los procedimientos actuales, la identificación de puntos críticos que generan interrupciones y la implementación de soluciones innovadoras y precisas para optimizar la eficiencia operativa, minimizar los tiempos de inactividad imprevistos y garantizar un flujo de producción más continuo y eficiente en el entorno industrial.

El proyecto actualmente encomendado al residente forma parte integral de estas iniciativas destinadas a perfeccionar el mantenimiento correctivo. Su propósito primordial radica en la reducción de los tiempos de paro ocasionados por las intervenciones del personal de mantenimiento correctivo en las líneas de producción de la planta de ensamblaje. Este enfoque estratégico buscó no solo minimizar los paros, sino también optimizar la eficacia general de las operaciones, asegurando así un funcionamiento más fluido y eficiente de toda la infraestructura de producción.

## 2.5 OBJETIVOS.

### *2.5.1 OBJETIVO GENERAL.*

Diseñar, desarrollar e implementar un conjunto integral de librerías digitales que contengan recursos técnicos y documentación necesaria para optimizar las operaciones de mantenimiento en la planta de ensamble P13C proporcionando así a los equipos de mantenimiento acceso rápido y eficiente a manuales, guías, procedimientos, refacciones, planos y otros recursos relevantes, con el fin de mejorar los tiempos de paro en la planta.

### *2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.*

**RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DETALLADA:** Mediante las librerías podrán vincular información detallada sobre equipos y procesos en la planta. Al escanear mediante código QR en un equipo específico, los técnicos pueden acceder rápidamente a información técnica detallada relacionada con el equipo y demás, lo que ayudara a acelerar la resolución de los problemas presentados.

**IDENTIFICACIÓN DE MEJORES PRÁCTICAS DE LA INDUSTRIA:** Al adoptar mejores prácticas y estándares, se asegurará que los recursos digitales desarrollados sean eficaces y eficientes para abordar los problemas de mantenimiento, lo que contribuye a la reducción de los tiempos de paro.

**INCORPORACIÓN DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD:** Enlazar documentos que contengan información crucial de seguridad para garantizar que los técnicos realicen las tareas de mantenimiento de manera segura.

**DISEÑO DE ARQUITECTURA A INFORMACIÓN EFICIENTE:** Estructurar una lógica organizada que permitirá a los equipos de mantenimiento acceder rápidamente a la información relevante, lo que agiliza la toma de decisiones.

## ***CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO.***

### ***3.1 ¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO?***

En este capítulo, se describe qué es el mantenimiento en la industria desde una perspectiva muy personal, así como cierta terminología muy usada en el campo industrial.

#### ***3.1.1 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO.***

Se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. (Garrido, 2012)

El mantenimiento industrial engloba las técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, y contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es un órgano de estudio que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida útil de forma rentable para el usuario. (Garrido, 2012)

#### ***3.1.2 TERMINOLOGÍA BÁSICA DEL MANTENIMIENTO.***

A continuación, se definen diferentes términos básicos del mantenimiento usados en la industria:

- **Accesorio:** Se puede decir que es todo elemento que forma parte de una máquina o sistema, y es un complemento de la máquina o sistema, y una vez definido es un producto o subproducto básico. Los accesorios pueden ser: arandelas, tuercas, tornillos, fusibles, resistencias, integrados, u otros.

- Ciclo de vida: tiempo durante el cual un bien o activo conserva su capacidad de operación, y se tiene en cuenta desde el inicio cuando se adquiere el activo, hasta el final al momento de sustituirlo.
- Componente o pieza: es un dispositivo que puede formar parte de un circuito eléctrico, electrónico, mecánico. Ejemplos de componentes o piezas: engranaje, polea, rodamiento, correa, rotor eléctrico, amplificador, acoplador electrónico, batería, cables, correas, bandas y otros.
- Confiabilidad: se puede definir, como la capacidad de una máquina, equipo o sistema para cumplir funciones específicas o requeridas, bajo condiciones de operación dadas, en un tiempo o período determinado.
- Disponibilidad: es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo en el cual una máquina o equipo está disponible para cumplir la función para la cual fue diseñado y construido. Esto no implica necesariamente que esté operando o funcionando, sino que se encuentra en óptimas condiciones de operar.
- Equipo: se puede definir como el conjunto total de máquinas que son necesarias para cumplir un objetivo. Ejemplo: equipo de transporte de cereal; está compuesto por elevadores de cangilones, roscas transportadoras y tuberías.
- Evento de falla: aquella situación que se puede presentar anómala de carácter técnico detectada en un equipo.
- Falla: situación dada, afectando la capacidad de un equipo, de cumplir su función.
- Función: Es todo aquello que la empresa, espera que el equipo cumpla con sus estándares de diseño y de desempeño.
- Inspección: actividades que se realizan en el mantenimiento preventivo, usando rutas definidas con cierta periodicidad y corta duración en el momento de revisar

el equipo, máquina, donde normalmente se utilizan instrumentos de medición o los sentidos del ser humano, para verificar el buen funcionamiento del equipo, sin provocar que esto genere pararlo.

- **Lubricación:** actividades de mantenimiento preventivo, donde se adiciona un lubricante, con el objetivo de minimizar el contacto entre dos superficies, evitando así su desgaste.
- **Mantenibilidad:** es la facilidad de realizar tareas de mantenimiento en un equipo o máquina, para así devolver a sus condiciones de operación en el menor tiempo posible, utilizando procedimientos definidos.
- **Mantenimiento en parada:** acciones que se realizan solamente cuando el equipo o máquina está detenido o está en reposo.
- **Máquina:** es una combinación de piezas de materiales resistentes que tienen movimientos definidos y son capaces de transmitir o transformar energía.
- **Mecanismos:** es una combinación de piezas de materiales resistentes, cuyas partes tienen movimientos relativos restringidos.
- **Parámetro:** se considera como la variable por medir o cuantificar. • **Pronóstico:** es el análisis de los síntomas de daños, para predecir la condición futura del equipo y su vida útil restante.
- **Parada general:** situación en la que a un conjunto de activos, se les realiza periódicamente una serie de revisiones, reparaciones, mejoras, cambios, etc., y donde estas actividades están concertadas con los departamentos interesados y, por supuesto, están también programadas por un tiempo definido.

### 3.2 ANTECEDENTES DEL MANTENIMIENTO.

En este capítulo se hace referencia a algo de historia del mantenimiento y su evolución a través de la historia de la humanidad, desde su inicio hasta hoy en día.

#### *3.2.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO.*

En la antigüedad, el hombre para poder alimentarse y protegerse, de una manera u otra, ha realizado prácticas de mantenimiento, como el perfeccionamiento de las herramientas fabricadas. (Pérez Rondón, 2021)

En la figura 3 se aprecian herramientas de la edad de bronce, que requiere hacer mantenimiento correctivo (cambio de componentes) a sus utensilios y herramientas primitivas (cuchillos, lanzas, tijeras, hachas, hoz, navajas, espadas, etc.).



***Figura 3. Herramientas Primitivas.***

A medida que el ser humano ha avanzado en sus etapas de producción de bienes y servicios, paralelamente el mantenimiento también ha avanzado, como se aprecia en las figuras 4, 5, 6 y 7.



**Figura 4.** Herramientas Básicas.



**Figura 5.** Pieza Primitiva, como la rueda.



**Figura 6.** Pieza Básica: Rueda para carreta.



**Figura 7.** *Uso de herramientas, por el hombre primitivo.*

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos. (Garrido, 2012)

Durante la Revolución Industrial, el mantenimiento que se realizaba en la industria era correctivo (reactivo) o de urgencia, que se ejecutaba únicamente en el momento de ocurrir la falla en la máquina, equipo o componente. Todo esto generó en la industria muchas pérdidas, tanto humanas como económicas, sin tener en cuenta en esta época las pérdidas generadas por la contaminación ambiental. Es así como empiezan a aparecer los primeros talleres mecánicos. (Pérez Rondón, 2021)

En la década de los años 1920 se hace urgente dar prioridad a organizar el mantenimiento industrial con enfoque de ingeniería, que apoye a las empresas industriales, con el objetivo de disminuir accidentes en el trabajo y aumentar la

rentabilidad de las compañías, minimizando los costos por las pérdidas de producción (paradas de las máquinas). (Pérez Rondón, 2021)

### 3.2.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

En las figuras 8 y 9 se puede apreciar la evolución del mantenimiento, a partir del año 1940.

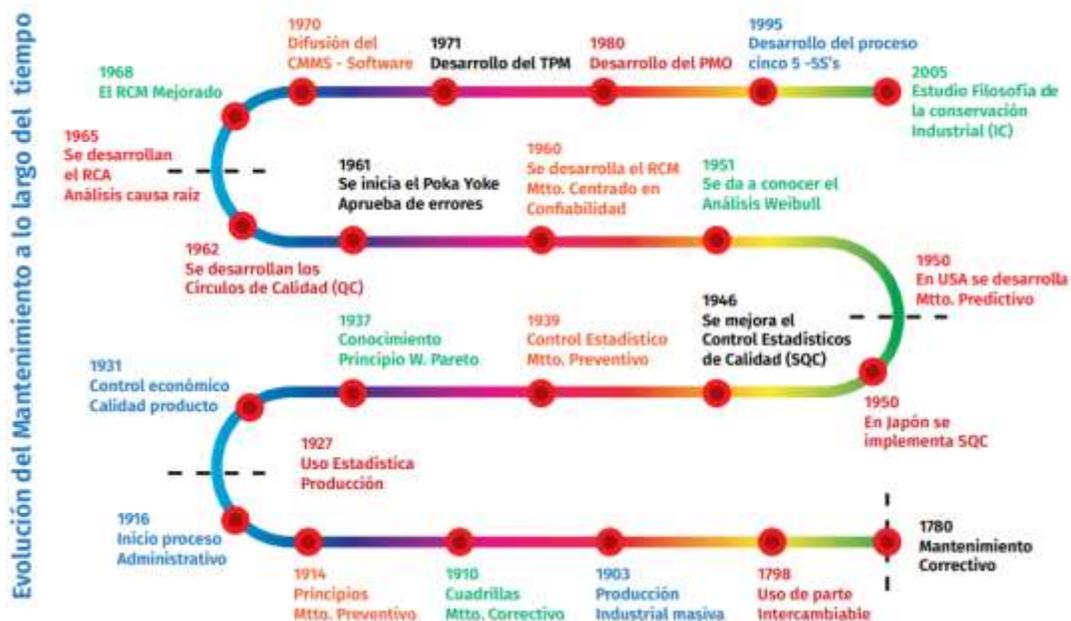


*Figura 8. Evolución del mantenimiento - Nuevas expectativas.*



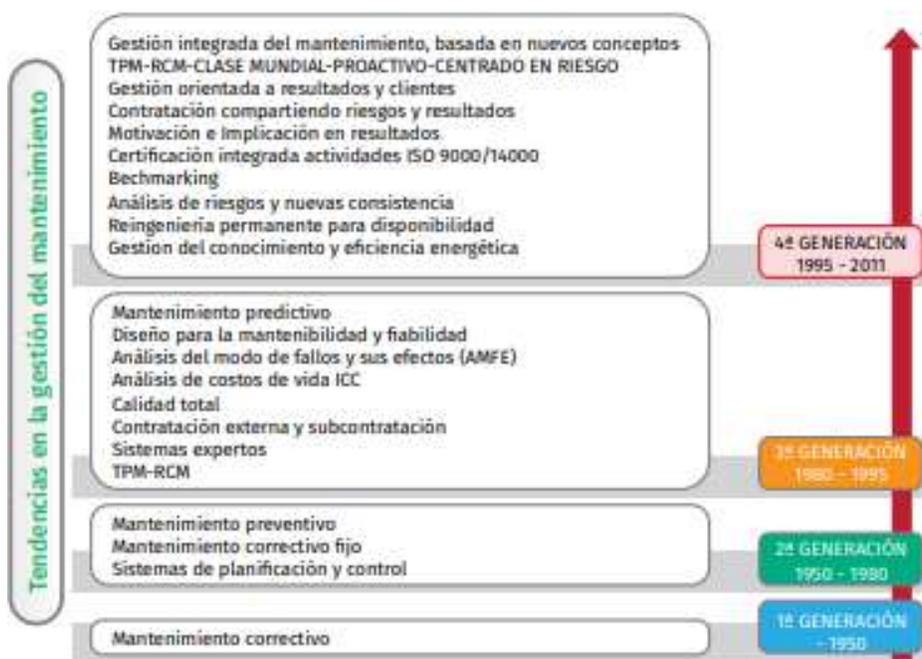
*Figura 9. Evolución del mantenimiento - Nuevas técnicas.*

En la figura 10 se puede visualizar, a través de los años, las características principales en la evolución del mantenimiento.



**Figura 10.** Evolución del mantenimiento a lo largo del tiempo.

En la figura 11 se puede observar la tendencia de la gestión del mantenimiento industrial más actualizado.



**Figura 11.** Tendencias en la gestión del mantenimiento.

### 3.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO.

#### 3.3.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Al mantenimiento correctivo también se le denomina mantenimiento reactivo, que a nivel industrial en nuestro país, Latinoamérica y muchos países subdesarrollados es utilizado en un alto porcentaje. Este mantenimiento correctivo se aplica cuando la máquina deja de operar, porque se presenta la falla o avería y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad; generalmente se repara o se reemplaza el componente del equipo o de la máquina, haciéndolo en el menor tiempo posible. (Pérez Rondón, 2021)

##### 3.3.1.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Se pueden encontrar dos clases o tipos de mantenimiento correctivo:

- El mantenimiento correctivo no programado: Se activa cuando aparece la falla en el equipo o máquina, generando la respectiva parada, de manera que se debe quitar lo averiado y reponer el componente, ya sea nuevo o usado.
- El mantenimiento correctivo programado o planificado: se realiza cuando se detecta que algún componente de una máquina está próximo a fallar, por lo tanto, se programa el mantenimiento para corregir esta posible falla.

En general, cuando se trabaja solamente el mantenimiento correctivo no programado se puede dar la situación de que su reparación inmediata sea superficial; ya sea por falta de repuestos, o que no se tiene el tiempo idóneo para realizar una buena reparación, o por falta de personal, que origine, lo más probable, más adelante una falla de mayores consecuencias. En la tabla 2 se describen las ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo. (Pérez Rondón, 2021)

### *3.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.*

El mantenimiento preventivo se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos; para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos; como también hace referencia a diferentes acciones, como cambios o reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., realizadas en períodos de tiempos por calendario o uso de estos (tiempos dirigidos). (Pérez Rondón, 2021)

### *3.3.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.*

Existen varias definiciones del mantenimiento predictivo; una de ellas se puede interpretar como un tipo de mantenimiento, donde se asocia la relación de parámetros físicos con el desgaste o estado de una máquina. En el mantenimiento predictivo se tiene en cuenta la medición, el seguimiento y el monitoreo de parámetros y las circunstancias de operación de un equipo-máquina o una instalación. A tal producto, se precisa y se gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todas aquellas variables que se contemplan relevantes de medir y gestionar. (Pérez Rondón, 2021)

El mantenimiento predictivo también se puede considerar como una técnica para presagiar el punto futuro de falla, anomalía, rotura o avería de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se disminuye y el tiempo de vida del componente se prolonga. (Pérez Rondón, 2021)

## *3.4 KPI DE MANTENIMIENTO.*

Un Indicador de rendimiento clave (KPI) es un valor mensurable que demuestra la eficacia con que una empresa está logrando los objetivos comerciales clave. Las

organizaciones usan KPI para evaluar su éxito en alcanzar los objetivos. Un KPI se diseña para mostrar cómo es el progreso en un proceso o producto en concreto, por lo que es un indicador de rendimiento. Existen KPI para diversas áreas de una empresa: compras, logística, ventas, servicio al cliente, etc. Las grandes compañías disponen de KPI que muestran si las acciones desarrolladas están dando sus frutos o, si, por el contrario, no se progresa como se esperaba.

Los indicadores clave de desempeño son mediciones financieras o no financieras utilizadas para cuantificar el grado de cumplimiento de los objetivos; reflejan el rendimiento de una organización y generalmente se recogen en su plan estratégico. Estos KPI se utilizan en inteligencia de negocios para reflejar el estado actual de un negocio y definir una línea de acción futura. (Pimenta da Gama & Martínez Ruiz, 2014)



**Figura 12.** Ciclo del KPI.

### *3.4.1 METRICA DE MANTENIMIENTO.*

Una métrica de mantenimiento es cualquier dato del que hace un seguimiento una organización, desde el tiempo de actividad hasta las horas extraordinarias trabajadas. Las métricas son mediciones que pueden utilizarse para realizar un seguimiento del éxito con puntos de referencia KPI, cuantificar el progreso de las tareas, supervisar posibles fallos y mucho más. (EMAINT, 2023) Las métricas de mantenimiento realizan un seguimiento de los empleados, las máquinas, las operaciones y el inventario que influyen en la consecución de sus objetivos. Las métricas de mantenimiento más habituales son el tiempo medio de reparación (MTTR), el tiempo medio entre fallos (MTBF). (EMAINT, 2023).

### *3.4.2 KPI FRENTE A MÉTRICAS DE RENDIMIENTO.*

Los KPI de mantenimiento son objetivos o puntos de referencia que indican el éxito de un objetivo, mientras que las métricas de mantenimiento son los puntos de datos en los que se basan estos objetivos. Supongamos que su objetivo es aumentar la fiabilidad de un activo. Usted puede determinar que el tiempo de actividad es la mejor métrica para el seguimiento de su objetivo, por lo que establece a su equipo un KPI para aumentar el tiempo de actividad en un 15% en el próximo año. (EMAINT, 2023)

En pocas palabras, los KPIs de mantenimiento hacen un seguimiento del éxito de una organización en el cumplimiento de sus objetivos. ¿Está reduciendo los costes y el tiempo de inactividad? Los KPI ofrecen la verdad sobre el terreno en su viaje hacia la mejora continua. Como dice el refrán: "Mide lo que atesoras". (EMAINT, 2023)

Existen varias categorías de KPI de mantenimiento, como los indicadores adelantados y los retrasados. Un indicador adelantado señala eventos futuros e incluye métricas como el cumplimiento del mantenimiento preventivo o el rendimiento estimado frente al real. Los indicadores retrasados incluyen métricas de mantenimiento como el tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR). El seguimiento de KPI de

GMAO más completo incluye una combinación de indicadores principales y de retraso. (EMAINT, 2023)

Algunos ejemplos comunes de objetivos de mantenimiento en torno a los cuales se centran las métricas y los KPI incluyen:

- Reducción de costos.
- Reducción de fallas.
- Reducción en tiempo de inactividad.
- Aumento de identificación del trabajo.
- Aumento de planificación del trabajo.
- Programación de trabajo eficaz.
- Ejecución de trabajo más eficaz.

### *3.4.3 TIEMPO MEDIO DE REPARACION (MTTR).*

Las siglas MTTR proceden de Mean Time to Repair o, en español, Tiempo Medio de Reparación. También es conocido como Tiempo Medio de Mantenimiento Correctivo, y representa el tiempo medio necesario para reparar una avería y hacer que un equipo vuelva a funcionar normalmente. (INFRASPEAK, MTTR DEFINICION CALCULO Y FORMAS DE REDUCIRLO, 2023)

El MTTR es un indicador de facilidad de mantenimiento (mide la facilidad en que un equipo puede repararse). Un Tiempo Medio de Reparación elevado puede indicar que la sustitución de un determinado activo es más barato o preferible que la reparación. Por otro lado, un MTTR más bajo puede sugerir que «usar hasta averiar» no es una mala opción para ese equipo. (INFRASPEAK, MTTR DEFINICION CALCULO Y FORMAS DE REDUCIRLO, 2023)

Por otro lado, un MTTR elevado puede indicar ineficacias. Tal vez se esté tardando demasiado tiempo en tomar medidas o es necesario almacenar más piezas

fundamentales para el equipo en cuestión. Saber cómo reducir el MTTR es esencial para evitar o minimizar la inactividad y los perjuicios que esto puede causar a tu negocio. (INFRASPEAK, MTTR DEFINICION CALCULO Y FORMAS DE REDUCIRLO, 2023)

El Tiempo Medio de Reparación es una medida básica de la capacidad de mantenimiento de los artículos reparables. Representa el tiempo que una pieza del equipo está fuera de producción, o el tiempo medio necesario para reparar un componente o dispositivo defectuoso. (EMAIN, 2023)

#### 3.4.3.1 COMO CALCULAR EL MTTR.

Para calcular el MTTR, divide el tiempo total de mantenimiento correctivo durante un determinado periodo por el número de acciones de mantenimiento correctivo realizadas. Para el cálculo del MTTR, el (tiempo total de mantenimiento) es el (tiempo total de mantenimiento correctivo), por ejemplo, el tiempo total utilizado para realizar un mantenimiento no planeado. El resultado suele presentarse en horas y se representa con la siguiente expresión:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{tiempo total de mantenimiento}}{\text{número de reparaciones}}$$

**Figura 13.** Fórmula para calcular el MTTR.

#### 3.4.4 TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF).

El Tiempo Medio Entre Averías (MTBF, del inglés, Mean Time Between Failures) es, junto con el MTTR, uno de los principales indicadores de la disponibilidad de un equipo. El MTBF representa el promedio del tiempo que transcurre entre dos averías en un mismo equipo. Cuanto más elevado sea el MTBF, más fiable es el funcionamiento de la máquina en cuestión – o, por otras palabras, menor su downtime o tiempo de inactividad.

### 3.3.4.1 COMO CALCULAR EL MTBF.

El cálculo del MTBF se hace con base en la diferencia entre el tiempo total disponible y el tiempo perdido, dividiendo por el número de paradas. La fórmula se representa con la siguiente expresión:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de paradas}}$$

**Figura 14.** Fórmula para calcular el MTBF.

En la que el tiempo disponible es el total de horas en las que la máquina podría haber estado operando, el tiempo de inactividad es el número de horas en las que estuvo parada y el número de paradas corresponde al número de averías. (INFRASPEAK, QUE ES EL MTBF Y COMO CALCULARLO, 2023)

Mientras que el MTBF mide la fiabilidad, el MTTR es un fuerte indicador de la eficacia de la reparación. O sea, juntos, nos permiten obtener una previsión de cuánto tiempo está indisponible un determinado sistema. El análisis del MTBF y del MTTR en conjunto permite también hacer previsiones sobre la producción que, obviamente, se reduce o para completamente durante las averías. Podemos también hacer previsiones acerca de los costes de mantenimiento y de las reparaciones a lo largo del año. (INFRASPEAK, QUE ES EL MTBF Y COMO CALCULARLO, 2023)

### 3.4.5 DOWNTIME.

Esta métrica de mantenimiento, también conocida como Tiempo de Inactividad del Equipo, puede ser usada para rastrear, monitorear y evaluar la fiabilidad de un activo. El downtime corresponde al tiempo de inactividad no programada. Es decir, es el resultado de un acontecimiento imprevisto que requerirá algún tipo de intervención. Este KPI puede ser evaluado, independientemente de si ya existe (o no) un cronograma de mantenimiento para el equipo. (INFRASPEAK, INDICADORES DE MANTENIMIENTO, 2023)

## **CAPÍTULO 4: DESARROLLO.**

### 4.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

En la tabla 1 se muestra el cronograma de actividades considerando para un semestre en la ejecución del proyecto.

<b>Actividades</b>	<b>Ago - 1a</b>	<b>Ago - 2a</b>	<b>Sept - 1a</b>	<b>Sept - 2a</b>	<b>Oct - 1a</b>	<b>Oct - 2a</b>	<b>Nov - 1a</b>	<b>Nov. - 2a</b>	<b>Dic -1a</b>
Definición del propósito y alcance.									
Obtención de contenido técnico.									
Organización y catalogación de la información.									
Uso de plataformas y herramientas administrativas.									
Desarrollo y diseño para la digitalización de formatos.									
Implementación y pruebas.									
Mantenimiento y actualización.									

**Tabla 1.** Cronograma de Actividades.

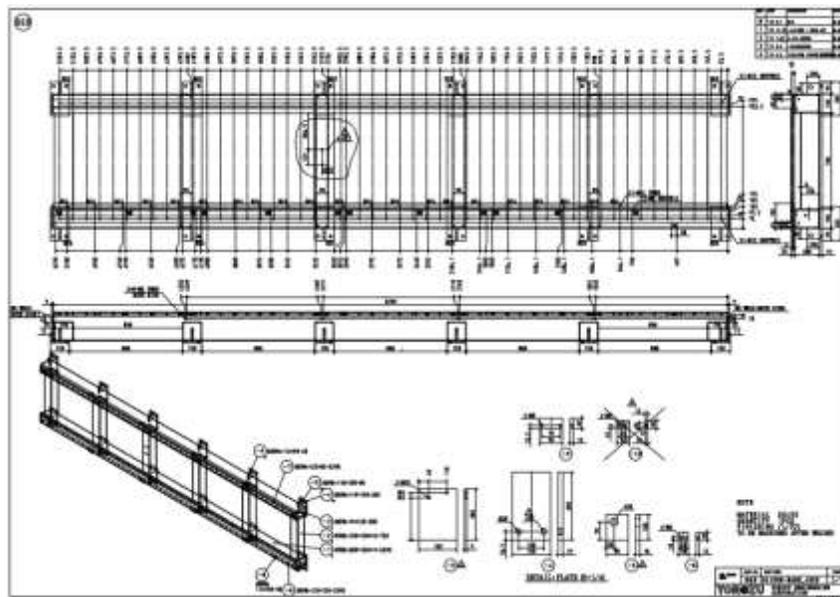
## 4.2 DEFINICIÓN DEL PROPÓSITO Y ALCANCE.

En el inicio de su periodo, al residente se le asignó trabajar estrechamente con el ingeniero especialista en mantenimiento correctivo, con el fin de otorgarle un entendimiento detallado sobre la reciente línea implementada. Este enfoque buscó asegurar que se familiarizara no solo con las líneas de producción y el equipo utilizado, sino también con la dinámica operativa del departamento de mantenimiento.

## 4.3 ELABORACION DE LIBRERIAS DIGITALES PARA MANTENIMIENTO A PLANTA P13C.

### 4.3.1 RECOPIACIÓN DE DATOS PRECISOS.

Luego de familiarizarse con los procedimientos de la planta, el residente dio inicio a la tarea de organizar la abundante información técnica que se encontraba en carpetas dentro del presente departamento. Una vez que se generó el repositorio este debía de contener a una variedad de datos cruciales como esquemas de partes de maquinaria, manuales y listas de repuestos como se muestra a continuación el las figuras 15, 16, 17 y 18.



**Figura 15.** Planos de SLIDER-BASE\_4000.



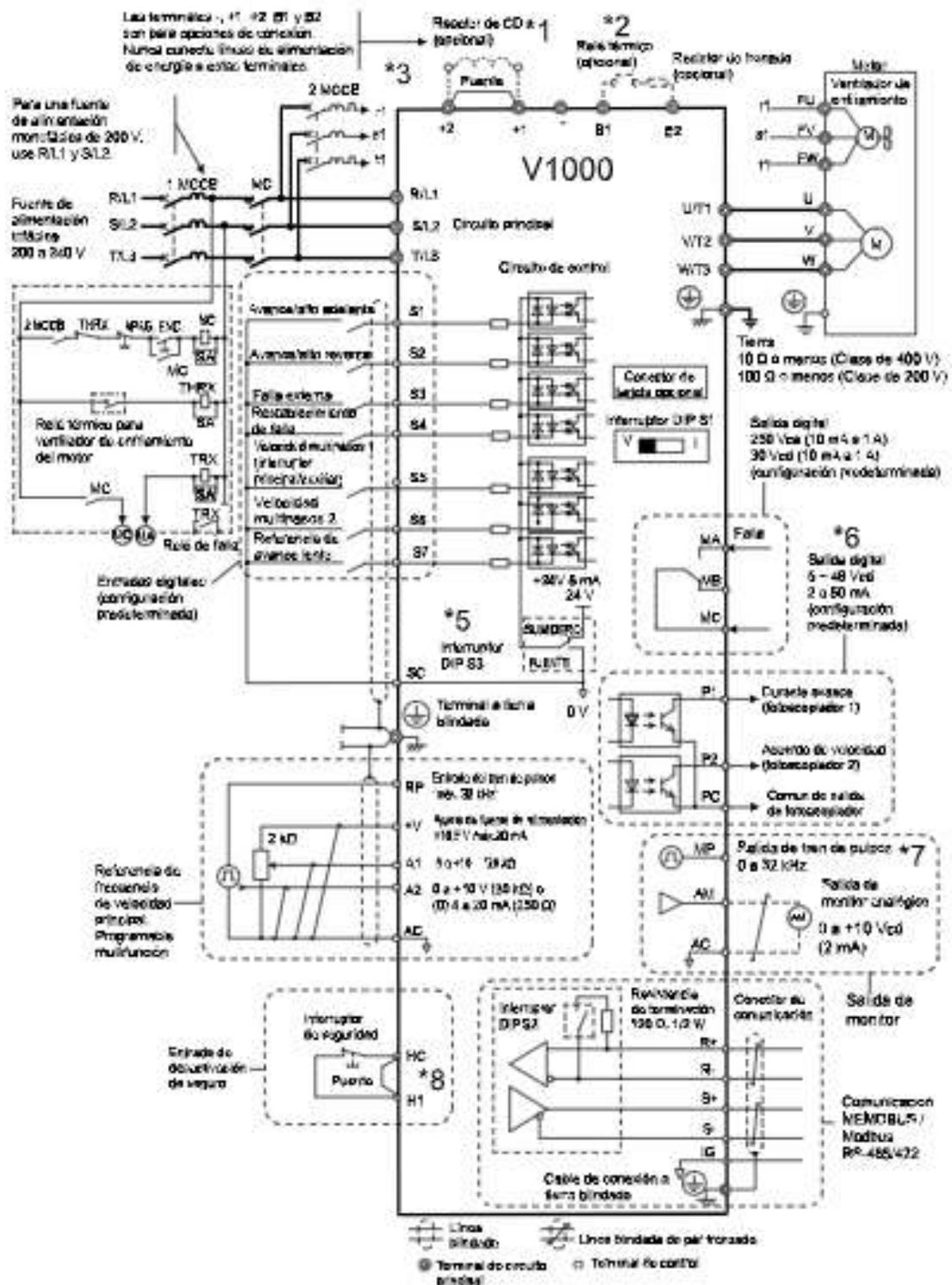


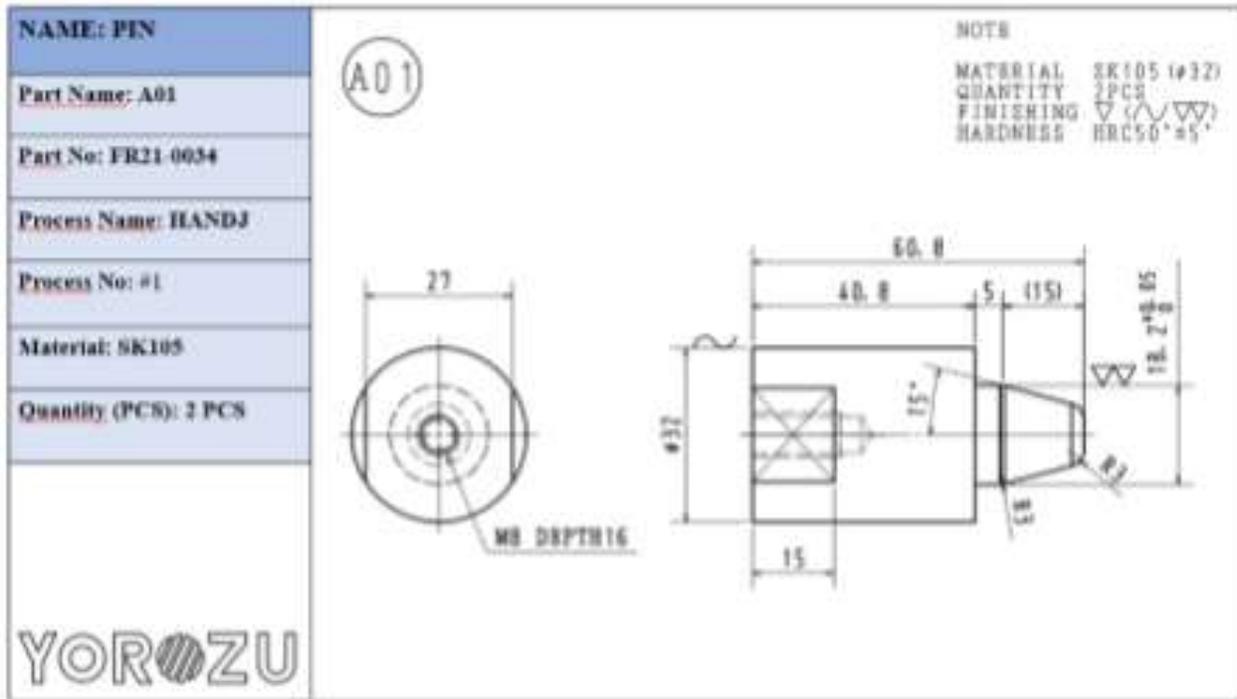
Figura 18. Diagramas de conexión para controladores.

1	AC SURVO MOTOR	SGMRV-37ANA-YR13	1	YASKAWA			
2	LM GUIDE	SHS45LV3SS+5225LT0385+1240_Cg+20	2	THK			
3	LM RAIL CAP	C12	102	THK			
4	LIMIT SWITCH	D4B-SA11N	4	GMPON			
5	REDUCER	GH40-11-P-E-P	1	Nabtesco			
6	PINION GEAR	SSG5-30	1	KHK	日本工研所		
7	RACK	RS5050-15D	3	日本工研所			
8							
9	CABLE VEYER	TKP90H50W150R200+32L-FOA-MIA	1	TSUBAKI			
10	CAP SCREW	M10-70L_ALL-SCREW	2				
11	CAP SCREW	M12-55L	12				
12	CAP SCREW	M14-55L	21				
13	CAP SCREW	M16-55L	4				
14	HEXAGON-BOLT	M20-80L_ALL-SCREW	12				
15	HEXAGON-BOLT	M20-110L_ALL-SCREW	12				
16	ANCHOR BOLT	C-2015	12	日本工研所			
17	DOWEL PIN	MSTM8-40	2	MISUMI			
18	DOWEL PIN	MSTM10-45	3	MISUMI			
19	DOWEL PIN	MSTM20-50	2	MISUMI			
20	ADJUSTING SCREW	ANHN10-80	2	MISUMI			
21	URETHANE BUMPER	AZXSC30-40-MB	4	MISUMI			
22	CIRCULAR POST	ETKGRS18-400-SG18	4	MISUMI			
23	SPRING WASHER	GTS8	12	MISUMI			
24							
25							
26		4000ST					
27							
NO.	PART NAME	TYPE	QTY	MAKER	NOTE	ORDER TO	DELIVERY DATE
工事番号		BA19089					
注文番号		720024					
～		720026					
納入品入荷予定日		5-11.'22					
BOOK	ISSUED BY	REVISION BY	FORMED BY	CHECKED BY	APPROVED BY		
P13C	1	4-6.22	4-12.22			H-BABA	M-OTA
PART NAME		PART NO.					
MBR ASSY-FR SUSP		54401 7LF0A					
DELIVERY TO	PROCESS NO.	PROCESS NAME	DRAWING NAME	PART NO.			
YMEX	00	CARY	PURCHASE PARTS LIST				
YOROZU		YOROZU ENGINEERING CORPORATION					

**Tabla 2.** Formato para lista de repuestos.

Con el propósito de optimizar la accesibilidad y consulta de esta información, se diseñó un formato específico. Este nuevo formato fue concebido para contener elementos como representaciones visuales de las piezas, sus respectivas denominaciones, números de referencia, asignación a estaciones, material de fabricación y disponibilidad en cantidad. La meta era centralizar los datos más relevantes en un solo formato, simplificando así la búsqueda y consulta.

A continuación, se muestra en la figura 19 un ejemplo visual del formato desarrollado para el orden de los datos en una refacción.



**Figura 19.** Contenido técnico para refacción de A01.

En la planta, se establece una estructura jerárquica donde los modelos son segmentados en líneas de producción, y estas, a su vez, se dividen en estaciones de trabajo. En este proyecto en particular, el enfoque se centró en un nuevo modelo llamado P13C del cual se derivan cinco líneas de producción que son: BEAM COMPL-RR, MBR COMPL-RR SUSP, FR SUSP, LINK COMPL FR SUSP UPR RH-LH y finalmente TV LINK.

Como parte de su labor, el residente generó un archivo individualizado para cada estación asociada a estos modelos.

### 4.3.2 ORGANIZACIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA GENERACIÓN DE REFACCIONES A MODELO P13C.

El residente elaboró un inventario detallado de repuestos para el nuevo modelo P13C de máquinas, que incluía robots, controladores y máquinas de soldar destinadas a estos robots, así como partes de equipos de sujeción y componentes eléctricos, entre otros elementos.

Cabe destacar que durante la generación de la lista se utilizó dos fuentes principales: en primer lugar, aprovechó la información de los discos proporcionados desde Japón, los cuales acompañaron la nueva maquinaria destinada al modelo P13C. Además, parte de la recopilación de esta lista la llevó a cabo mediante observación directa y anotaciones visuales de la maquinaria recién llegada, incluyendo modelos de robots, controladores y equipos de soldadura específicamente diseñados para los robots como se muestra en la tabla 3.

EST	N° PARTE	DESCRIPCIÓN	PROFES	CANTID	PRECIO U	IMAC	OCCUREN	SEVERID	TIEMPO ENTREG	COST	PRIORIDAD E COMERS
16L J	RD-75D-RS-XUJXC918-LEF33	ELECTRIC ACTUATOR	SHO	1	\$1,735.08		2	1	1	3	6.00
	LEFS32B-450-R5C918	ELECTRIC ACTUATOR	SHO	1	\$1,735.08		2	1	1	3	6.00
	LEFS32B-100-R5C918	ELECTRIC ACTUATOR	SHO	1	\$1,594.01		2	1	1	3	6.00
	AR988AKD-P310-3	STOOPER MOTOR	ORIENTAL MOTOR	1	\$1,041.11		2	1	1	2	4.00
10CNECE	CDG8LA63-350Z-054L	AIR CYLINDER	SHO	1	\$120.45		2	2	2	1	8.00
06AVJ	MDLV063-750Z-A30L	AIR CYLINDER	SHO	1	\$123.70		3	2	1	1	6.00
13 BETAP	KTLP10-0	TAPPER	NT TOOL	1	\$345.046		1	2	1	1	2.00
01 AVJ	E2EF-QX201	PROXIMITY SWITCH	ORION	1	\$107.83		1	4	2	1	8.00
02 AVJ	MPB220-20	DL FREE BUSHING	MISUMI	1	\$16.67		2	4	2	1	16.00
03	MPB220-40	DL FREE BUSHING	MISUMI	1	\$24.11		4	2	1	1	8.00
	LEFS25H-150-036NI	ACTUATORS	SMC	1	\$1,192.02		2	1	1	2	4.00

**Tabla 3.** Refacciones de modelo P13C.

### *4.3.3 GENERACIÓN DE CÓDIGOS QR.*

El residente generó códigos QR únicos para cada archivo asegurándose que cada código estuviera vinculado directamente a la información técnica correspondiente de la plataforma Google Drive para si facilitar al usuario la información específica que requiera utilizar.

## *4.4 USO DE PLATAFORMAS Y HERRAMIENTAS ADMINISTRATIVAS.*

### *4.4.1 KPI DE MANTENIMIENTO.*

Diariamente, la tarea principal del residente era recopilar minuciosamente los registros temporales detallados que documentaban las interrupciones en las operaciones debido a labores específicas de mantenimiento. Estos datos resultaban fundamentales para llevar a cabo una serie de análisis que determinaban el rendimiento y la eficiencia del departamento.

Este proceso se llevaba a cabo mediante una aplicación interna de la empresa YOROZU Mexicana S.A de S.V., donde los responsables y supervisores de las líneas de producción introducían los datos relativos al tiempo de producción y las interrupciones diarias. La aplicación generaba un conjunto exhaustivo de datos, incluyendo el recuento de interrupciones, su duración precisa, el porcentaje de tiempo improductivo en relación con el tiempo total de producción, entre otros detalles relevantes. Con dichos datos el residente los clasificó meticulosamente por modelo, línea y estación. Cabe destacar que cada interrupción tenía una descripción concisa de su origen como se muestra en la tabla 4.

Clasificación	Modelo	Numero de Parte	Descripción de la Parte	Descripción	Tiempo Paro	Causa	ST#
ROBOT	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	FALLA EN CONTROLADOR	10	SE ALARMA ESTACION A MEDIO PROCESO	4
ROBOT	P02F	555025V01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP (ASSY)	FALLA EN CONTROLADOR	50	SE APAGA ESTACION	8
EQUIPO DE SOLDADURA	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	ANTORCHA DE AW	10	MAQUINA DE SOLDAR ALARMA	11
EQUIPO DE SOLDADURA	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	ALIMENTADOR DE MICROALAMBRE	51	ALAMBRE ENREDADO EN RODILLOS	6
EQUIPO DE SOLDADURA	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	ALIMENTADOR DE MICROALAMBRE	47	ALAMBRE ATORADO EN RODILLOS	6
EQUIPO DE SOLDADURA	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	ALIMENTADOR DE MICROALAMBRE	10	ALAMBRE ENREDADO	10
EQUIPO DE SOLDADURA	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	ALIMENTADOR DE MICROALAMBRE	18	ATORAMIENTO DE ALAMBRE	LN
SENSORES	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	SENSORES DE AREA	5	SE ACTIVA SENSOR DE AREA	6
SENSORES	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	SENSORES DE CILINDRO	10	NO DETECTA PERNO CURVE CHSPA	11
SENSORES	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	SENSORES DE CILINDRO	4	NO DETECTA DEVICE LOOK	6
SENSORES	P02F	555025V01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP (ASSY)	SENSORES DE CILINDRO	10	NO DETECTA MODELO	10
SENSORES	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	SENSORES DE COMPONENTES	10	NO DETECTA REFUEZO BEAM	4
SENSORES	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	SENSORES DE COMPONENTES	10	NO DETECTA REFUEZO DEL BEAM	4
SENSORES	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	SENSORES DE COMPONENTES	22	PERNO GUIA FRACTURADO	4
SENSORES	P02F	105025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	LIMIT SWITCH OF STROCK	11	FALLA D LIMIT SWITCH	8
JG DE ENSAMBLE	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	PERNOS	10	NO RETORNA PERNO	8
JG DE ENSAMBLE	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	PERNOS	10	FALLA DE SLAD	10
JG DE ENSAMBLE	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	PERNOS	42	NO RETORNA PERNO DE SPRING	7
JG DE ENSAMBLE	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	PERNOS	6	NO RETORNA PERNO	8
JG DE ENSAMBLE	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	CILINDROS	10	FALLA DE SLAD	10
JG DE ENSAMBLE	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	CILINDROS	10	NO DETECTA DEVICE LOOK	6
JG DE ENSAMBLE	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	CILINDROS	10	NO DETECTA DEVICE LOOK	10
JG DE ENSAMBLE	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	CILINDROS	14	FALLA DE CILINDRO	6
JG DE ENSAMBLE	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	TORNILLOS	5	TORNE DE CARRO SUJETO	9
JG DE ENSAMBLE	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	TORNILLOS	6	CAPRO TRANSPORTADOR COMBADO	9
EQUIPOS AUXILIARES	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	TRANSPORTADORES	5	FALLA DE KARAKURI	3-6
EQUIPOS AUXILIARES	P02F	555025R01AA5M	BEAM ASSY-RR SUSP	TRANSPORTADORES	10	FALLA DE KARAKURI	3-6

**Tabla 4. Clasificación detallada de paros por líneas.**

Una vez obtenida esta información a través de la aplicación, el residente de planta realizó un proceso de depuración adicional utilizando herramientas de hoja de cálculo como Excel tal y como se muestra en la tabla 5. El objetivo era depurar la información para aislar exclusivamente los datos pertinentes al departamento de mantenimiento. Esto implicaba la exclusión de interrupciones no asociadas directamente con las responsabilidades de mantenimiento, tales como problemas de calidad, control de producción, incidentes energéticos, defectos de material o inconvenientes provenientes de la planta de estampado. Estos datos excluidos carecían de relevancia para el cálculo de los indicadores clave de rendimiento del departamento y, por ende, el residente los separó para un análisis más específico y certero.

Fecha Inicio	Fecha Fin	PLANTA	TIPO_PROD	COOD	LINEA	CODE	NUMERO	NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION DE PARTE	TIEMPO DE T	TIEMPO DE F	TOTAL EFICIENCIA
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALA	7A	TACA	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	518	0	87
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALA	7A	TACA	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	518	0	87
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALA	7A	TACA	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	258	0	85
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALA	7A	TACA	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	510	0	85
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALA	7A	TACA	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	854	208	78.08
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALA	7A	TACA	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	2880	0	87
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALA	7A	TACA	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	2880	0	87
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALB	7A	TALB	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	790	88	81
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALC	7A	TALC	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	685	108	81
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALD	7A	TALD	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	88	0	81
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALD	7A	TALD	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	1214	170	81
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALD	7A	TALD	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	600	0	88
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALD	7A	TALD	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	510	0	88
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALD	7A	TALD	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	480	0	88
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALD	7A	TALD	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	750	30	88
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALD	7A	TALD	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	510	0	88
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALD	7A	TALD	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	500	0	88
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALD	7A	TALD	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	770	0	88
20231030	20231030	ENSAMBLE	D	TALD	7A	TALD	P02F	555025R00AASM	BEAM ASSY-RR SUSP	510	0	88

**Tabla 5. Depuración de interrupciones pertenecientes al departamento de mantenimiento.**

El residente debía ejecutar esta actividad de forma rutinaria, posterior a las 10:30 a.m., en concordancia con el plazo establecido por los líderes de producción para la carga de datos en el sistema de la aplicación de eficiencia de la empresa. Esta actividad se consideraba crucial, ya que los datos ingresados alimentaban un sistema integral para la evaluación y monitoreo de las métricas de rendimiento operativo como se muestra en la tabla 6.

LUNES	30				OBJ MTTO	1.04%						
DT MTTO	1165	826	339		OBJ ING	0.33%						
DT ING	287	310	-23		OBJ GRAL	1.43%						
JDT	79396											
DT MTTO	1.47%		0.43%									
DT ING	0.36%		-0.03%									
DT TOTAL	1.83%		0.40%									
MARTES	31											
DT MTTO	599	365	234									
DT ING	93	137	-44									
JDT	35051											
DT MTTO	1.71%		0.67%									
DT ING	0.27%		-0.12%									
DT TOTAL	1.97%		0.54%									
MIERCOLES	1											
DT MTTO	1274	851	423									
DT ING	62	319	-257									
JDT	81812											
DT MTTO	1.56%		0.52%									
DT ING	0.08%		-0.31%									
DT TOTAL	1.63%		0.20%									

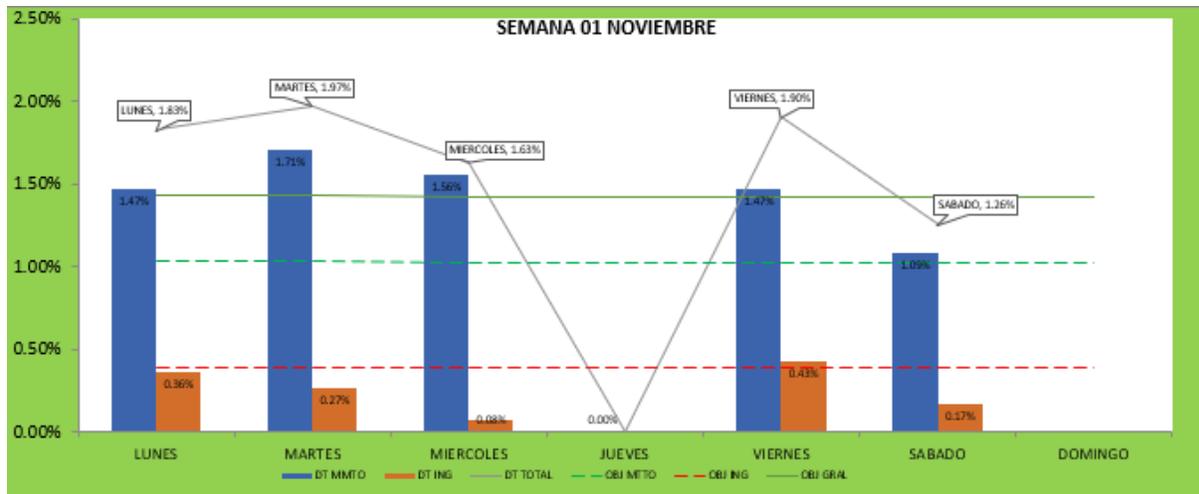
	TOTAL	PORCENTAJE
DT MTTO	4792	1.45%
DT ING	873	0.26%
JDT	330828	1.71%

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
DT MMTO	1.47%	1.71%	1.56%	#DIV/0!	1.47%	1.09%	
DT ING	0.36%	0.27%	0.08%	#DIV/0!	0.43%	0.17%	
DT TOTAL	1.83%	1.97%	1.63%	#DIV/0!	1.90%	1.26%	
OBJ MTTO	1.04%	1.04%	1.03%	1.03%	1.03%	1.03%	1.03%
OBJ ING	0.39%	0.39%	0.39%	0.39%	0.39%	0.39%	0.39%
OBJ GRAL	1.43%	1.43%	1.42%	1.42%	1.42%	1.42%	1.42%

**Tabla 6.** Evaluación y monitoreo de métricas de rendimiento operativo.

Además de esta tarea diaria, el residente generaba gráficos semanales específicos para evaluar el MTTR (Tiempo Medio para Reparar) y MTBF (Tiempo Medio entre Fallas) correspondientes a la totalidad de la semana como se muestra en la figura 20. Estos gráficos se confeccionaban semanalmente y se presentaban en la reunión de directorio con el fin de proporcionar una visión general del desempeño operativo y facilitar la toma de decisiones estratégicas.



**Figura 20.** Gráfico semanal de evaluación MTTR y MTBF.

Este proceso de recopilación de datos no solo se limitaba a la evaluación del rendimiento, sino que también se utilizaba para mantener un registro exhaustivo del departamento, identificando áreas críticas y oportunidades de mejora. En particular, se prestaba especial atención a una línea de producción de alto impacto llamada L21B, catalogada como crítica debido a su influencia directa en la continuidad operativa. El departamento focalizaba sus esfuerzos en garantizar el funcionamiento sin interrupciones de esta línea.

Para registrar de forma minuciosa el desempeño de esta línea específica, el residente mantenía una bitácora detallada que abarcaba aspectos cruciales como los índices de inactividad, tiempo de producción en minutos y horas, total de tiempo inactivo en la línea, número de interrupciones, MTTR y MTBF.

Este registro meticuloso se reflejaba en un archivo de Excel mensual, dividido por días del mes, resaltando especialmente los períodos de fin de semana y días festivos como se muestra en la tabla 7.

% PARO DIARIO	5.23	0.00	10.10	5.21	9.49			8.25		8.56	1.05	8.74	2.98	1.54	6.11		2.10	2.23	4.18	6.89	3.74	3.02		4.13	
Production time (MIN)	516	444	960	960	917			2837		1121	688	950	1108	1108	1277		1094	1121	958	973	1123	960		1089	
Tiempo total paro (MIN)	27	0	97	50	87			234		96	7	83	33	17	78		23	25	40	67	42	29		45	
Tiempo total paro (HRS)	0.5	0.0	1.6	0.8	1.5			4		1.6	0.1	1.4	0.6	0.3	1.3		0.4	0.4	0.7	1.1	0.7	0.5		0.8	
Production time (HRS)	9	7	16	16	15			47		19	11	16	18	18	21		18	19	16	16	19	16		18	
NUMERO DE PAROS	2	1	8	4	5			17		10	1	6	3	2	7		2	2	4	7	3	4		3	
MTBF (HRS)	4.3	7.4	2.0	4.0	3.1					1.9	11.1	2.6	6.2	9.2	3.0		9.1	9.3	4.0	2.3	6.2	4.0		6.1	
MTTR (MIN)	13.5	0.0	12.1	12.5	17.4					9.6	7.0	13.8	11.0	8.5	11.1		11.5	12.5	10.0	9.6	14.0	7.3		15.0	
SENSORES	8		6		26					21		9	19		7					24		9		20	
JIG DE ENSAMBLE	19		76	42	30					45	7	74	9	17	40		7		35	27	42	15			
FUDAS										10															
CONTROL DE PERIFERICOS																		15							
CUBRECHISPAS																									
FALLA DE EQUIPO																									
EQUIPO DE SOLDADURA															6									10	
ALIMENTADOR DE TUERCA																									
EQUIPOS AUXILIARES																									
ROBOT			15	8	31					20			5		25		16	10	5	16		5		15	
ENERGIAS																									
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

**Tabla 7. Bitácora de Índices de inactividad en modelo.**

La minuciosidad y precisión de esta bitácora no solo la convertían en un documento de referencia para el análisis retrospectivo, sino que también constituía un recurso fundamental para la identificación de tendencias, patrones de falla, y la toma de decisiones estratégicas dentro del departamento de producción, permitiendo una gestión más eficiente y proactiva.

#### 4.5 ELABORACIÓN DE STOCK DE REFACCIONES COMUNES.

A diario en cada jornada de trabajo, el equipo de mantenimiento realizaba el uso cotidiano de una amplia variedad de repuestos estándar que son esenciales para sus operaciones de trabajo. Estos componentes abarcan desde una extensa gama de tornillería con dimensiones y especificaciones diversas hasta pequeños elementos como tuercas y arandelas, así como componentes neumáticos, entre ellos conectores rápidos destinados a mangueras y sensores de diversos tamaños y funciones específicas, incluyendo sensores asociados a cilindros y la detección de múltiples posiciones.

Considerando la alta frecuencia de uso de estos repuestos, el residente tomó la decisión estratégica de instaurar una gaveta especialmente designada dentro del área de mantenimiento como se muestra en la figura 21 a 26. El propósito principal de esta acción fue eliminar la necesidad de desplazarse hasta el almacén cada vez que se requiriera uno de estos componentes comunes.

El objetivo primordial radicaba en la optimización del tiempo y en consecuencia en la mejora sustancial de la eficiencia operativa del departamento. La introducción de esta gaveta especializada no solo agilizó la obtención de repuestos, sino que también minimizó las interrupciones en las actividades de mantenimiento.



**Figura 21.** Refacciones tornillería.



**Figura 22.** Refacciones neumáticas.



**Figura 23.** Refacciones neumáticas.



**Figura 24.** Refacciones sensores.



**Figura 25.** Gaveta de refacciones adicionales de sensores.



**Figura 26.** Gaveta de refacciones.

Esta estrategia fue implementada con la finalidad de fomentar un flujo de trabajo más continuo y eficiente, permitiendo al equipo de mantenimiento dedicar más tiempo a tareas estratégicas y de mayor valor añadido. Además, la disponibilidad inmediata de estos componentes básicos promovía una resolución más ágil de los problemas, contribuyendo así a una gestión más efectiva y rápida de las operaciones de mantenimiento.

#### 4.5.1 REGISTRO DE ENTRADAS Y SALIDAS DE REFACCIONES.

La implementación de la gaveta especializada para los repuestos comunes, el residente la complementó con la utilización de una plantilla en Excel para llevar un registro detallado del flujo de entradas y salidas de estos componentes. Esta plantilla se diseñó con el propósito de registrar meticulosamente cada reposición y cada extracción de piezas de la gaveta, manteniendo así un inventario actualizado en tiempo real.

La plantilla Excel se configuró para incluir campos específicos que detallaban la fecha, la cantidad y la descripción de las piezas que se retiraban o se añadían a la gaveta como se muestra en la tabla 8.

FECHA	CODIGO DE PRODUCTO	CLASIFICACION	UNIDAD	COLOR DE CAJA	STOCK ACTUAL	TIPOLOGIA
22-ago-23	RONDANA DE PRESION M5	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	RONDANA DE PRESION M6	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	RONDANA DE PRESION M8	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	RONDANA M5	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	RONDANA M6	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	RONDANA M8	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 4X10	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 4X20	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 4X25	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 4X30	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 4X60	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 5X10	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 5X20	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 5X25	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 5X30	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 5X40	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 5X50	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 6X10	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 6X16	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 6X20	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 6X25	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 6X30	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 6X40	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 8X10	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 8X20	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 8X30	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 8X40	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TAM 8X50	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TO 05010	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TO 05016	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TO 05020	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TO 05025	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TO 05030	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TO 05035	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TO 05040	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A
22-ago-23	TO 05045	TORNILLERIA	PIEZA		COMPLETO	A

**Tabla 8.** Registro de flujo en refacciones comunes.

Además, se incorporaron columnas con el color respectivo de la caja donde se encontraba la refacción para identificar visiblemente más rápido y fácil la solicitud de la utilización de dichas piezas (Tabla 9).

ESTANTE 1								
TORNILLERIA								
A	A	A	A	A				
A	A	A	A	A	A			
A	A	A	A	A	A			
A	A	A	A	A	A	A		
A	A	A	A	A	A	A		
A	A	A	A	A	A	A		
NEUMATICOS								
A	A	A	A	A	B	B	B	B
A	A	A	A	A	B	B	B	B
A	A	A	A	A	B	B	B	B
A	A	A	A	A	B	B	B	B
A	A	A	A	A	B	B	B	B
NEUMATICOS								
B	B	B	B	B				
B	B	B	B	B				
B	B	B	B	B				
B	B	B	B	B				
B	B	B	B	B				
SENSORES								
B	B	A			C			
B	B	A			C			
B	B	B				C		

**Tabla 9.** LAYOUT de almacén uno.

Esta herramienta no solo facilitaba un seguimiento preciso del inventario de repuestos, sino que también permitía identificar patrones de uso, determinar la frecuencia de reposición y anticipar las necesidades futuras del departamento de mantenimiento. La combinación entre la gaveta especializada y la plantilla Excel para el registro de entradas y salidas de repuestos contribuyó significativamente a una gestión más eficiente de los recursos, reduciendo el tiempo dedicado al control del inventario y optimizando la disponibilidad de repuestos para las actividades de mantenimiento.

## **CAPÍTULO 5: RESULTADOS.**

### **5.1 CODIGOS DE DIRECCIONAMINETO A LA INFORMACIÓN GENERADA.**

En cada estación correspondiente al nuevo modelo P13C fue individualmente vinculada con un código QR específico que canaliza hacia una base de datos elaborada por el residente. Esta base de datos comprende información detallada que abarca desde representaciones gráficas de las piezas y manuales de uso hasta listados minuciosos de repuestos, modelos precisos de robots, especificaciones puntuales de controladores y las configuraciones específicas de las máquinas de soldadura para los robots empleados.

La totalidad de estos datos técnicos se encuentra almacenada en los servidores privados de la empresa, garantizando la seguridad y confidencialidad de la información. A continuación, se presenta en la figura 27 y 28 la disposición estratégica de los códigos QR en cada estación, lo que facilitó un acceso rápido y preciso a esta información esencial para el funcionamiento óptimo de las operaciones necesarias.



***Figura 27. Estación nueva de modelo P13C.***



**Figura 28.** Código QR implementado con la información generada.

## 5.2 BITACORA DE MANTENIMIENTO A LINEA DE PRODUCCIÓN L21B.

La línea L21B fue considerada como la más crítica debido a su destacada contribución en producción y ganancias para la empresa. Por esta razón, el residente junto al departamento de mantenimiento priorizaba estas líneas para su correcto funcionamiento. Se llevó a cabo un registro diario de los tiempos de producción, los lapsos de inactividad, el número de paros y finalmente se detallaban los incidentes específicos que interrumpían su operación.

La línea L21B se dividía en dos partes, la "A" y la "B" como se muestra en las tablas 10 y 11, siendo la "A" considerada la más importante. El residente realizaba los registros diarios con el fin de recopilar información detallada para analizar, mediante herramientas estadísticas, las principales y más recurrentes incidencias que afectaban la línea. A partir de estos análisis, se generaba un plan de mantenimiento preventivo dirigido a abordar estas problemáticas específicas.

% PARO DIARIO	8.25	8.56	1.05	8.74	2.98	1.54	8.11		2.10	2.23	4.18	8.89	3.74	3.92		4.13		6.83	0.45	2.05	5.52	TOTAL		
Production time (MIN)	2837	1121	886	950	1108	1100	1277		1094	1121	956	973	1123	950		1089		1244	1115	585	900	24302		
Tiempo total paro (MIN)	234	36	7	83	33	17	78		23	26	40	67	43	39		45		88	5	12	53	1235		
Tiempo total paro (HRS)	4	1.6	0.1	1.4	0.6	0.3	1.3		0.4	0.4	0.7	1.1	0.7	0.6		0.8		1.4	0.1	0.2	0.9	20.563		
Production time (HRS)	47	19	11	16	18	18	21		18	19	16	16	19	16		18		21	19	10	16	401.37		
NUMERO DE PAROS	17	10	1	6	3	2	7		2	2	4	7	3	4		3		7	1	1	6	106		
MTBF (HRS)	1.9	11.1	2.6	6.2	9.2	3.0			9.1	9.3	4.0	2.3	6.2	4.0		8.1		3.0	18.6	9.8	2.7	3.8		
MTTR (MIN)		8.6	7.0	13.8	11.0	8.5	11.1		11.5	12.5	10.0	9.6	14.0	7.3		15.0		12.1	5.0	12.0	8.8	11.651		
SENSORES		21		9	19		7					24		9		20		60			5	214		
ARDE ENSAMBLE		45	7	74	9	17	48		7		35	27	43	15			15				28	526		
FUGAS		10																			10	20		
CONTROL DE PERIFERICOS										15												15		
CABLECHISPAS																						0		
FALLA DE EQUIPO																						0		
EQUIPO DE SOLDADURA							8									10		10				20		
ALIMENTADOR DE FUERZA																						0		
EQUIPOS AUXILIARES																						0		
ROBOT			20			5	25		10	10	5	10		5		15			5	12	10	198		
ENERGIAS																						0		
DIA	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1001

Tabla 10. Bitácora de mantenimiento a línea de producción tipo A.

% PARO DIARIO		2.6	0.0	5.9	2.8	2.4	5.3		2.3	6.0	3.1	1.5	3.6	2.1		2.9		2.0	1.0	3.3	1.5	TOTAL		
Production time (MIN)	7	966	653	950	1086	1125	1236		1076	1121	956	973	1125	950		1073		1258	1009	899	950	23780	Total	
Tiempo total paro (MIN)		26	0	56	28	27	65		26	67	30	15	40	20		31		25	10	20	14	584	%	
Tiempo total paro (HRS)		0.4	0.0	0.9	0.5	0.5	1.1		0.4	1.1	0.5	0.3	0.7	0.3		0.5		0.4	0.2	0.3	0.2	11.4		
Production time (HRS)	1	16	11	16	18	19	21		18	19	16	16	19	16		18		21	17	10	16	396.3		
NUMERO DE PAROS		3	0	4	2	3	6		2	5	3	3	5	2		2		4	1	2	2	68		
MTBF (HRS)		5.5	MMMM	4.0	9.1	6.3	3.4		9.0	3.7	5.3	5.4	3.8	8.0		8.9		5.2	16.8	5.0	8.0	5.8		
MTTR (MIN)		8.7	MMMM	14.0	14.0	9.0	10.8		12.5	13.4	10.0	5.0	8.0	10.0		15.5		8.3	10.0	10.0	7.0	10.05		
SENSORES		10		9	19	17	13		9		5	9										100	0.42	
ARDE ENSAMBLE		15		26	9		38			20	15						10	10	20	14		227	0.95	
FUGAS																						0	0	
CONTROL DE PERIFERICOS										19												19	0.08	
CABLECHISPAS																						0	0	
FALLA DE EQUIPO														11								11	0.05	
EQUIPO DE SOLDADURA							7		10	39								10				65	0.28	
ALIMENTADOR DE FUERZA																						0	0	
EQUIPOS AUXILIARES																						0	0	
ROBOT				21		10	7		15		10	10	16	9		31		5				173	0.73	
ENERGIAS																						0	0	
DIA	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	596	2.51

Tabla 11. Bitácora de mantenimiento a línea de producción tipo B.

Se mostraba el formato de bitácora de la línea de producción, organizado por columnas correspondientes a cada día del mes. Los sábados y domingos se resaltaban en naranja, mientras que los días feriados, sin producción, se destacaban en amarillo. Este formato proporcionaba una visión detallada de la actividad de la línea y los períodos sin producción para un análisis exhaustivo.

### 5.3 ANÁLISIS DE MTTR SEMANAL.

Cada lunes, al inicio de la semana laboral, el residente desempeñaba una labor crucial al realizar un análisis exhaustivo del MTTR (Tiempo Medio para Reparar) empleando los datos recopilados durante la semana precedente. Este análisis se concentraba particularmente en las áreas clave: La línea L21B, P02F y MFA2.

La finalidad principal era presentar los hallazgos derivados de este análisis en la reunión semanal con el director de ingeniería, una instancia crucial para evaluar y discutir el rendimiento y las necesidades de mantenimiento de estas líneas de producción fundamentales para la empresa.

Para obtener resultados concretos en este análisis, se requería acceder a datos específicos y detallados de la línea. Aspectos como el tiempo total de producción durante toda la semana, los períodos de inactividad debidos a labores de mantenimiento y los incidentes de paros ya que eran fundamentales para realizar un diagnóstico preciso. Estos datos se recopilaban y analizaban meticulosamente para crear representaciones gráficas dinámicas que facilitaran la visualización de los resultados.

Este enfoque gráfico no solo simplificaba la comprensión de los resultados, sino que también permitía identificar tendencias y patrones de manera más intuitiva, proporcionando así una visión más holística de la eficiencia y la efectividad de la operación en el departamento de mantenimiento ensamble e ingeniería ensamble como se muestra en las siguientes figuras.

En términos prácticos, alcanzar o superar esta meta indicaba un logro para el departamento de mantenimiento. Si el MTTR real se mantenía igual o por debajo del número establecido, se consideraba que el departamento había cumplido con éxito sus objetivos. Esta información se presentaba de manera más visual y clara mediante gráficos y tablas de datos organizadas por mes y semanas dentro de cada mes analizado, brindando así una visión más detallada y estructurada de los resultados obtenidos y de su evolución a lo largo del tiempo como se muestra en la figura 29.



**Figura 29.** Gráficos de la eficiencia del departamento mantenimiento ensamble.

Como se puede observar la tendencia del MTTR en las gráficas salió dentro de objetivo en los últimos meses de estancia del residente. Esto indica que si hubo una mejora para la eficiencia de mantenimiento con el proyecto que realizó el residente.

## ***CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.***

### **6.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO.**

Durante la estancia del residente, el proyecto desempeñó un papel fundamental en la mejora sustancial de la eficiencia operativa del departamento. Este progreso se evidenció especialmente en la optimización del tiempo empleado por el equipo de mantenimiento correctivo al solucionar problemas. La rápida disponibilidad y accesibilidad a la información técnica necesaria, facilitada por el nuevo sistema de organización implementado, se tradujo en una notable reducción en los lapsos de inactividad de las máquinas debido a fallos técnicos.

Además, la elaboración estratégica del stock de repuestos comunes dentro del área de mantenimiento resultó ser una decisión sumamente provechosa. La presencia inmediata de estas piezas, gracias al inventario cuidadosamente organizado, permitió agilizar los procesos de reparación. En innumerables ocasiones, la existencia en el lugar de trabajo de estas refacciones comunes minimizó la necesidad de recorrer largas distancias hasta el almacén, lo que significó un ahorro sustancial de tiempo para los técnicos de mantenimiento, maximizando así la eficiencia en sus labores.

En definitiva, la implementación del sistema de gestión de información y la creación estratégica de un inventario de repuestos comunes se combinaron para optimizar las operaciones del departamento. Estas acciones no solo agilizaron los procesos de resolución de fallas, sino que también se reflejaron en una gestión más eficiente del tiempo, lo que contribuyó significativamente a la productividad general del equipo de mantenimiento correctivo.

### **6.2 RECOMENDACIONES.**

Como recomendación por parte del residente, es que se podría realizar un estudio de las alarmas de falla más comunes en los robots y hacer una lista que contenga dichas

alarmas con su causa y solución, y posteriormente agregar esta lista a la información técnica del proyecto.

### 6.3 EXPERIENCIA PERSONAL PROFESIONAL ADQUIRIDA.

El residente adquirió una valiosa experiencia laboral en el ámbito de la industria automotriz, obteniendo un profundo conocimiento de los procesos de manufactura que tienen lugar en una planta de ensamblaje. Durante su tiempo allí, tuvo la oportunidad de explorar las diversas áreas que componen la planta y comprender las funciones específicas de cada una.

En particular, se sumergió en el proceso de fabricación de piezas para suspensiones automotrices, enfocándose en la producción de piezas metálicas, lo que implica una serie de procesos metalmecánicos. Desde la llegada de la materia prima hasta el corte y estampado de las piezas mediante prensas y troqueles, así como los procesos de unión por soldadura de las piezas estampadas, adquirió un entendimiento completo de estas operaciones.

En el ámbito profesional, desarrolló habilidades tanto prácticas como administrativas en ingeniería de mantenimiento. En el aspecto administrativo, pudo elaborar KPI's de mantenimiento para medir y analizar la eficiencia del departamento, además de crear listas de repuestos y graficar indicadores de eficiencia. En términos prácticos, adquirió la destreza necesaria para interactuar con robots y máquinas utilizadas en la planta de ensamblaje. También desarrolló habilidades para identificar y resolver fallos en las líneas de producción, lo que incluyó una mejora general en el manejo de herramientas. Esta experiencia combinada le brindó una perspectiva integral y sólida en el sector automotriz, tanto en la teoría como en la práctica.

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

1. Implementé con éxito estrategias de gestión de mantenimiento preventivo, identificando áreas clave de mejora y optimizando los procedimientos de mantenimiento.
2. Utilicé habilidades de liderazgo y conocimientos técnicos en ingeniería para diseñar, administrar y fortalecer, tomando decisiones efectivas con un enfoque integral.
3. Manejé técnicas cuantitativas y cualitativas para analizar datos, interpretar información y modelar sistemas dentro de los procesos de la organización, buscando constantemente la mejora continua.
4. Desarrollé habilidades de análisis de procesos, llevando a cabo una evaluación exhaustiva de los puntos de ineficiencia en las operaciones a través de la implementación de metodologías de mejora continua.
5. Identifiqué patrones y tendencias en el mantenimiento de equipos, lo que me permitió establecer un sistema predictivo. Esta competencia se basó en el análisis de datos históricos y la implementación de tecnologías de monitoreo constante.
6. Anticipé y abordé proactivamente problemas potenciales, reduciendo significativamente los tiempos de paro en las líneas de trabajo.
7. Implementé un sistema de control y reabastecimiento óptimo, asegurando la disponibilidad inmediata de los componentes necesarios. Esta competencia resultó en una notable reducción de los tiempos de paro, al minimizar los retrasos causados por la falta de material o repuestos.

8. Implementé planes y programas de seguridad e higiene para el fortalecimiento del entorno laboral.
9. Gestioné sistemas integrales de calidad para la mejora de los procesos, ejerciendo un liderazgo estratégico y un compromiso ético.
10. Utilicé las nuevas tecnologías de información y comunicación en la organización, para optimizar los procesos y la eficaz toma de decisiones.

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

Accelix, & eMaint. (2023). *Su guía de KPIs de mantenimiento - eMaint. eMaint.* Recuperado el 27 de Octubre de 2023, de <https://www.emaint.com/es/works/cmms-kpi/>

Garrido, S. G. (2012). *Ingeniería de mantenimiento.* Chile: Ediciones Renovetec.

Pérez Rondón, F. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial.* Bucaramanga, Colombia: Universidad Santo Tomás.

Pimenta da Gama, A., & Martínez Ruiz, M. P. (2014). *Análisis de la performance en las empresas: una perspectiva integrada.* Barcelona: Editorial UOC.

Team, I. (2023). *Indicadores de mantenimiento: 7 KPIs para una gestión eficaz.* Infraspak Blog. Recuperado el 24 de Noviembre de 2023, de <https://blog.infraspak.com/es/indicadores-de-mantenimiento/>

## CAPÍTULO 9: ANEXOS.

**YOROZU**

YOROZU MEXICANA S.A. DE C.V.

San Francisco de los Romo, Aguascalientes. Agosto del 2023.

### CARTA DE ACEPTACIÓN

DR. José Ernesto Olvera González.

DIRECTOR

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga.

Por medio de la presente YOROZU MEXICANA, S.A. DE S.V. hago de su conocimiento que la C. PALOMA NAYELI SEGOVIA DE LA CRUZ de la carrera de INGENIERÍA EN MECATRÓNICA con número de control 191050147 ha sido aceptada para realizar sus residencias profesionales durante el periodo Agosto-Diciembre del presente año.

Desarrollará su prestación en el DEPARTAMENTO MANTENIMIENTO ENSAMBLE, realizando el proyecto "LIBRERIAS DIGITALES PARA MANTENIMIENTO A PLANTA ENSAMBLE P13C".

Agradeciendo de antemano su atención, me despido quedando a sus órdenes para cualquier información adicional.

ATENTAMENTE

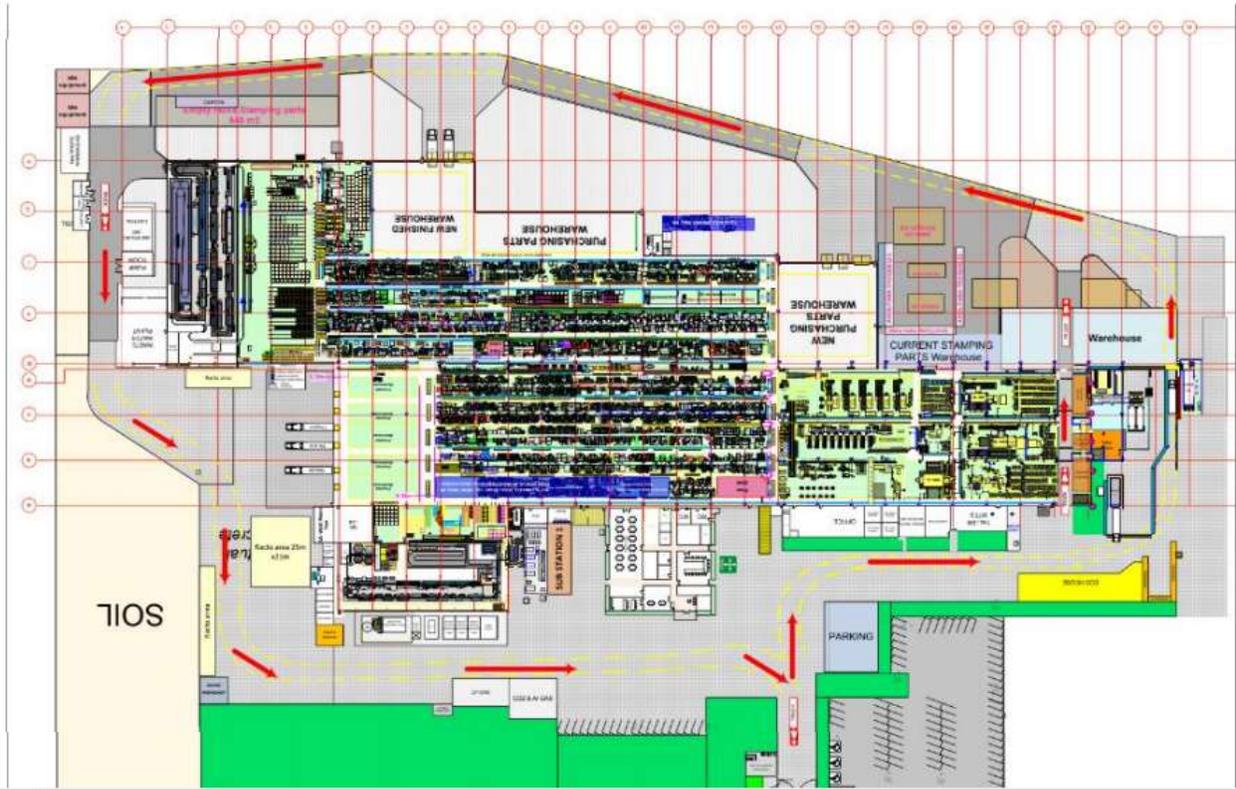


L.R.I. OSCAR OMAR SALADO MARTÍNEZ

ESPECIALISTA DE RELACIONES LABORALES Y COMPENSACIONES.

Carr. Aguascalientes – Zacatecas Km. 18.8, San Francisco de los Romo, Aguascalientes.  
C.P. 20300 Teléfono (449) 910-12-00

*Figura 30. Carta de aceptación de prácticas profesionales.*



**Figura 31. LAYOUT de la empresa.**