



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ingenierías.

PROYECTO DE TITULACIÓN

“DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA FILOSOFÍA TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE) DENTRO DE UNA LÍNEA AUTOMATIZADA DE SOLDADURA”

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTA:

LUIS BRYANT DIAZ ANDRADE

ASESOR:

MTRO. JOSÉ GUILLERMO BATISTA ORTIZ

Mayo



Ricardo
2022 Flores
Año de Magón
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

i. Agradecimientos.

“El desarrollo progresivo del hombre es vitalmente dependiente de la invención. Es el producto más importante de su cerebro creativo.”

Nikola Tesla.

A mis padres, que han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio., decirles también que me siento orgulloso de haberlos elegido como mis padres y que estén a mi lado en este momento tan importante.

A mi pareja, por entenderme en todo, gracias a ella porque en todo momento fue un apoyo incondicional en mi vida, fue la felicidad encajada en una sola persona, fue mi todo reflejado en otra persona a la cual yo amo demasiado, y por la cual estoy dispuesto a enfrentar todo y en todo momento.

A mis asesores, Mtro. José Guillermo Batista Ortiz, Ing. Enrique Roberto Martínez e Ing. Alejandro de Lira Martínez. por sus orientaciones, porque fueron parte importante de este arduo trabajo y que lo supieron complementar con sus aportes profesionales que los caracterizan. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesite; por estar allí cuando mis horas de trabajo se hacían confusas.

A mis amigos, hoy culminamos esta maravillosa aventura y no puedo dejar de recordar cuantas tardes y horas de trabajo nos juntamos a lo largo de nuestra formación. Hoy nos toca cerrar un capítulo maravilloso en esta historia de vida y no puedo dejar de agradecerles por su apoyo y constancia, al estar en las horas más difíciles, por compartir horas de estudio. Gracias por estar siempre allí.

Gracias a todos y cada uno de ustedes, por ser quienes son y por creer en mí.

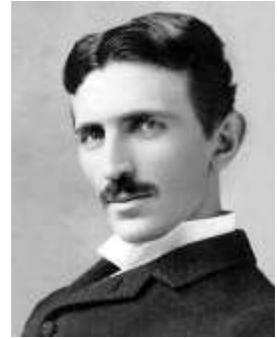


Figura i.1 Nikola Tesla.

Fuente: Tesla, 2020



i. Resumen.

El presente informe técnico de residencias tiene como finalidad principal la implementación inicial de la filosofía: Mantenimiento productivo total, por sus siglas en inglés “TPM” dentro de una empresa de suspensiones automotrices (Yorozu Mexicana S.A de C.V).

Con ayuda de las 7 herramientas estadísticas de la calidad y de los pilares del TPM, se decide implementar la filosofía TPM en esta empresa con el fin de lograr tener una excelencia laboral, así como realizar un cambio en el mantenimiento en todo el personal y lograr utilizar el proyecto como guía para nuevos proyectos en la empresa.

En el marco teórico se describen las características de la filosofía, incluyendo la evolución histórica del TPM, los beneficios que se pueden obtener con su implementación, dentro del marco teórico se demostró una breve investigación sobre la limpieza criogénica, la cual es la parte fuerte del proyecto.

Se mencionan los análisis partiendo del análisis general por líneas, para pasar a la línea a estudiar, el proceso productivo y la situación inicial de la misma. Los resultados obtenidos se expresan en relación a la disponibilidad del equipo por mes, demostrando la factibilidad del mantenimiento con la limpieza criogénica.



Índice.

i.	Agradecimientos.....	2
i.	Resumen.....	3
ii.	Lista de tablas.....	6
iii.	Lista de figuras.....	6
I.	Generalidades del proyecto.....	9
I.1	Introducción.....	9
I.2	Descripción de la empresa.....	9
I.3	Problemas a resolver.....	12
I.4	Justificación.....	12
I.5	Objetivos. (Generales y específicos).....	13
II.	Marco Teórico.....	14
II.1	Fundamentos teóricos.....	14
II.1.1	Mantenimiento.....	14
II.1.2	Mantenimiento preventivo.....	15
II.1.3	Análisis estadístico de la calidad.....	17
II.1.4	7 herramientas estadísticas de la calidad.....	19
II.1.5	Filosofía TPM.....	25
II.1.6	Análisis del Modo y Efecto de Fallas. AMEF.....	41
II.1.7	Limpieza criogénica.....	43
III.	Desarrollo.....	45
III.1	Procedimiento y descripción de actividades realizadas.....	45
III.1.1	Corrección de daños, errores y fallas de los equipos.....	45
III.1.2	Análisis estadístico de la situación actual.....	45
III.1.3	Realización de un Análisis del modo y efecto de fallas.....	56





III.1.4 Exposición de los resultados obtenidos.....	58
III.1.5 Generación del plan de mantenimiento preventivo basado en la filosofía TPM.....	58
III.1.6 Redacción y exposición de resultados finales.....	66
IV. Resultados.....	67
IV.1 Causa raíz.....	67
IV.2 Resultados estadísticos.....	67
V. Conclusiones.....	70
V.1 Conclusiones del proyecto.....	70
VI. Competencias Desarrolladas.....	72
VI.1 Competencias desarrolladas y/o aplicadas.....	72
VII. Fuentes de información.....	73
VII.1 Fuentes de información.....	73
VIII. Anexos.....	77
VIII.1 Anexos.....	77
VIII.1.1 Anexo I.....	77



ii. Lista de tablas.

Tabla I.1 Organigrama. Mantenimiento Ensamble.....	11
Tabla III.1 Afectaciones generales por plataformas.....	46
Tabla III.2 Afectaciones por líneas P02F/L02D.	47
Tabla III.3 PLANILLA DE VERIFICACIÓN.	50
Tabla III.4 % Fallos por mes	51
Tabla III.5 Producción y tendencia.....	52
Tabla III.6 Tamaño de muestra a considerar.	54
Tabla III.7 Fallas específicas.	55
Tabla III.8 AMEF.	57
Tabla III.9 Plan Maestro del TPM.....	61
Tabla III.10 Programa de mantenimiento preventivo.....	65
Tabla IV.1 Tendencia.....	67
Tabla IV.2 Antes de la aplicación.....	68
Tabla IV.3 Después de la aplicación	68
Tabla IV.4 Valores reales	69

iii. Lista de figuras.

Figura i.1 Nikola Tesla.....	2
Figura I.1. Ernst Fischer.	9
Figura I.2 Visita del Cónsul General Katsumi Itagaki a Yorozu Mexicana.....	10
Figura II.1 Mantenimiento moderno.....	14
Figura II.2 Mantenimiento preventivo vs Mantenimiento Predictivo	17

Mayo



Ricardo
2022 Flores
Año de
Magón
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA



Figura II.3 Diagrama de Ishikawa..... 20

Figura II.4 Planilla de inspección..... 21

Figura II.5 Gráficos de control..... 22

Figura II.6. Muestreo Estratificado..... 22

Figura II.7. Histograma 23

Figura II.8 Diagrama de Pareto, 24

Figura II.9 Diagrama de dispersión..... 25

Figura II.10. TPM 26

Figura II.11 pilares del TPM 29

Figura II.12 Estructura de Kaizen..... 30

Figura II.13 Planear, Hacer, Verificar y Actuar 31

Figura II.14 Pasos del Jishu Hozen 32

Figura II.15 Mantenimiento preventivo..... 34

Figura II.16 Formación y adiestramiento..... 35

Figura II.17 TPM..... 41

Figura II.18 AMEF..... 43

Figura III.1 Afectaciones generales por plataformas 46

Figura III.2 Afectaciones generales por líneas. P02F..... 48

Figura III.3 Diagrama de causa y efecto 49

Figura III.4 Gráfico de control. Producción por mes 51

Figura III.5 Análisis tendencial. Producción 53

Figura III.6 Análisis tendencial. Paros..... 53

Figura III.7 Diagrama de Pareto. Fallas específicas..... 56

Figura III.9 Organigrama de proyecto..... 60

Figura IV.1 Disponibilidad del equipo por aplicación..... 69





Figura V.1 Brian Tracy 70

Figura VIII.1 Ej. Antes y después: limpieza criogénica. 77



I. Generalidades del proyecto.

I.1 Introducción.

“Las máquinas son cada vez más eficientes y mejores, por lo que queda claro que la imperfección es la grandeza del hombre.”

Ernst Fischer.

El presente trabajo se estructurará con carácter de Residencia Profesional de Fin de Carrera, para la obtención por parte de quien lo estructura del título de Ingeniero industrial, y según el deseo de un servidor, que ha encargado la redacción de un proyecto denominado: Definición e implementación de un programa de mantenimiento preventivo basado en la filosofía; Mantenimiento Productivo Total, por sus siglas en inglés, TPM, dentro de una línea automatizada de soldadura.



Figura I.1. Ernst Fischer.

Es de suma importancia mencionar que las suspensiones automotrices forman parte de una gran composición de partes automotrices necesarias para su funcionamiento adecuado, por ello, es importante recalcar que éstas son una parte vital del vehículo, mismas que sustentan la carrocería sobre las ruedas, uniéndolas con el chasis y controlando los movimientos e inercias.

El trabajo de la suspensión absorbe al máximo las irregularidades del camino, para así seguir con la máxima fidelidad las indicaciones del conductor sobre el volante, además logra un mejor confort de marcha y comportamiento, para que el vehículo responda siempre de una manera eficaz y segura.

I.2 Descripción de la empresa.

Yorozu se fundó en 1948 como Yorozu Automobile Works, se renombró a sí misma como Yorozu Corporation en 1990 y se ha ganado la confianza de muchos fabricantes de automóviles dentro y fuera de Japón gracias a su dedicación a la tecnología como fabricante de piezas de automóviles que se centra principalmente en las suspensiones.

Las sobresalientes capacidades de desarrollo de la empresa le otorgan un apalancamiento incomparable sobre otros proveedores competidores en la industria. Las fortalezas de Yorozu se basan en la base de su distintivo sistema de producción total que permite que todo el proceso de diseño y desarrollo de piezas se lleve a cabo internamente; desde la investigación de mercado, la planificación de conceptos, el diseño, el análisis, el desarrollo de prototipos y las pruebas. Desde su transformación en un fabricante de repuestos independiente, la compañía ha expandido su negocio a todos los fabricantes de automóviles nacionales y extranjeros como Renault, Daimler y Volkswagen, lo que fortaleció aún más nuestras capacidades de desarrollo.



*Figura I.2 Visita del Cónsul General Katsumi Itagaki a Yorozu Mexicana.
Fuente: Consulado general de Japón, 2020*

Misión. Yorozu Mexicana S.A de C.V

La empresa Y-Mex 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.

Visión. Yorozu Mexicana S.A de C.V

Con las únicas tecnologías y capacidades de desarrollo en suspensiones,

ofrecemos soluciones a las necesidades de los clientes y nuestro objetivo es convertirnos en una empresa sostenible y en evolución durante 100 años.

Principales clientes. Yorozu Mexicana S.A de C.V.

- I. Nissan.
- II. Mercedes-Benz
- III. Nissan Infiniti.
- IV. Volkswagen.
- V. Ford.

Organigrama. Mantenimiento Ensamble.

Tabla I.1 Organigrama. Mantenimiento Ensamble

Fuente: Elaboración propia, 2021

DIRECCIÓN	JEFATURA	SUPERVISIÓN	INGENIERÍA.	
 SR. TAKAHIRO YOSHIHARA DIRECTOR GENERAL.	 ING. MISAEL MARTÍNEZ GONZÁLEZ JEFE DE MTTO. ENSAMBLE	 ING. ALEJANDRO DE LIRA MARTÍNEZ SUPERVISOR DE MTTO. PREVENTIVO	 ING. ERICK FERNANDO ESCOBEDO	 LUIS BRYANT DIAZ ANDRADE BECARIO. MANTENIMIENTO ENSAMBLE
			 ING. RODOLFO LEGAZPI TAPIA.	
	 ING. ENRIQUE ROBERTO MARTÍNEZ SUB JEFE DE MTTO. ENSAMBLE	 ING. FRANCISCO JAVIER FLORES ECHEVERRÍA SUPERVISOR DE MTTO. CORRECTIVO	 ING. MIGUEL ANGEL ALVAREZ ORTEGA	 ING. JULIO CÉSAR CHÁVEZ PRIETO
			 TEC. IND. VÍCTOR ISRAEL GUERRERO HERNÁNDEZ	 ING. ANTONIO HUERTA ARANDA
		 ING. HECTOR RUVALCABA MÁRQUEZ. SUPERVISOR MTTO. AJUSTES	 ING. EDGAR ROBERTO VÁZQUEZ LÓPEZ	 ING. CÉSAR ISRAEL ORDA CASTRO
			 ING. JORGE ABRAHAM RODRÍGUEZ DE LUNA	 ING. DIEGO DE JESÚS SANDOVAL RAMÍREZ.

I.3 Problemas a resolver.

- i. Reducción del Down-Time dentro de una línea de la plataforma “P02F” en un 0.5% mensual.
- ii. Mala clarificación y estratificación de datos estadísticos.
- iii. Velocidad de operación reducida.
- iv. Mala ejecución de un PMP.

I.4 Justificación.

Dado el deseo hacia la excelencia laboral, surge la necesidad de mejorar las acciones sobre los mantenimientos realizados dentro de la línea “RR BEAM P02F/L02D”, teniendo en cuenta el tiempo de inactividad de equipo (Down-Time) y cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo.

La línea anteriormente mencionada es llamada por la empresa como “línea piloto” dicho nombre se le atribuye en el sentido de que *“si no se puede controlar esa línea, no somos capaces de controlar ninguna”*. El estudio y comprensión de fallas más cotidianas y comunes, en los equipos, así como su resolución, es una necesidad que se adopta indispensable dentro del departamento debido a que con su aplicación se espera minimizar los costos por paros de la línea, maximizar la producción, e incrementar la confiabilidad que responda las operaciones además de prolongar la vida útil de los equipos para poder cumplir con el proceso de producción establecida sin costes extras; incorporar nuevas ideas que permitan mejorar la productividad y reducir costos, suplir de un mantenimiento preventivo indispensable para la continuidad operacional de los equipos e instalaciones de la línea.

Consecuente con lo anterior, se comprobó que la línea no ha tenido la excelencia laboral deseada, puesto que su disponibilidad promedio está en 97%, la empresa busca tener una disponibilidad del 99.5% en adelante, por lo cual, se pretende que con el presente proyecto se logre activar una actividad de mantenimiento preventivo y consecuente con eso, realizar un sistema basado en la filosofía del TPM, que, con su ejecución resuelva la falla principal de los equipos que sea común a partir de las

actividades de mantenimiento correctivo, con el fin de evitar paros de línea extensos, desatención de otras fallas ajenas a la evaluada, así como extender la vida útil de los equipos.

I.5 Objetivos. (Generales y específicos).

Objetivo general:

- i. Definir e implementar un programa de mantenimiento basado en la filosofía TPM en los equipos automatizados de soldadura dentro de la línea “RR BEAM P02F/L02D”.

Objetivos específicos.

- i. Demostrar con las 7 herramientas estadísticas de la calidad y gráficos de control, se pueden determinar las necesidades de atención de fallas, así como el antes y el después de la ejecución del proyecto.
- ii. Minimizar los tiempos de paros de líneas por una causa raíz en un 0.5% mensual en relación a su tendencia, maximizando así la productividad de los procesos de ensamble dentro de la empresa.

II. Marco Teórico.

II.1 Fundamentos teóricos

II.1.1 Mantenimiento.

En su libro “Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado”, González (2005), plantea que el mantenimiento es una de las principales actividades que se deben realizar en cualquier proceso industrial para que este cumpla con el objetivo propuesto al inicio del proceso. Hoy en día en la industria se encuentran situaciones tales como el desgaste, averías y reparaciones que surgen en los distintos componentes del proceso manufacturero o industrial. Es por eso que el mantenimiento ha sido la solución a las problemáticas que se pueden encontrar en un proceso hablando del funcionamiento y reparación de averías en dispositivos o componentes mecánicos. (p.29).



Figura II.1 Mantenimiento moderno.
Fuente: Mancuzo, 2020.

El mantenimiento industrial, como se comentó anteriormente, recoge cada una de las actividades que se dedican expresamente a alargar la vida útil de los equipos y máquinas. A continuación, se detallan los diferentes tipos de mantenimiento industrial que podemos encontrar:

- **Mantenimiento preventivo**

Es aquel mantenimiento enfocado a la prevención de fallos en equipos e instalaciones con el objetivo de reducir riesgos. Intenta reducir errores o averías con una revisión constante y planificada según las necesidades de cada industria.

- **Mantenimiento correctivo**

Es aquel mantenimiento cuyo fin es corregir cualquier defecto que se presente en el equipo o instalación. Corrige acciones sólo cuando se ha detectado la avería.

- **Mantenimiento predictivo**

Este tipo de mantenimiento es un mantenimiento más técnico y avanzado. Requiere de formación específica, conocimientos analíticos y necesita de equipos especializados. Al igual que el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo busca anteponerse a la avería. La diferencia es que se basa en la aplicación de herramientas o técnicas de detección de distintas variables que son indicio del estado de un equipo y que anticipan un futuro fallo como pueden ser la vibración, la presión o la temperatura.

La correcta distribución de tareas de mantenimiento (predictivo, preventivo y correctivo) es fundamental, aunque la tendencia actual es la de una migración progresiva hacia el mantenimiento predictivo. ¿Por qué? Lo vemos en el siguiente punto.

II.1.2 Mantenimiento preventivo.

En el capítulo 5 de su libro “Manual de Mantenimiento”, Botero, Camilo (año) dicta que, “(...) el mantenimiento preventivo es aquel que se realiza mediante una programación previa de actividades, con el fin de evitar en lo posible la mayor cantidad de daños imprevistos, disminuir los tiempos muertos de producción por fallas y por ende disminuir los costos de la misma.”

Existen tres tipos de mantenimientos preventivos y el conjunto de todos ellos forma un plan de mantenimiento; el cuál es indispensable para realizar una labor de mantenimiento de calidad y profesional. Estos son los tres tipos principales de mantenimiento preventivo:

- **Mantenimiento programado:** Se realizan por tiempo, kilómetros u horas de funcionamiento.

- Mantenimiento predictivo: Es realizado al final del período estimado máximo de utilización.
- Mantenimiento de oportunidad: Se aprovecha el período en el que no se está utilizando el equipo para realizar el mantenimiento y evitar cortes de producción.

Además, dependiendo del tipo de servicio y equipo al que realizar el mantenimiento también podemos contemplar:

- Mantenimiento pasivo: Aplicando medidas de mantenimiento pasivo a nuestro plan de mantenimiento estamos aplicando una capa de seguridad para que el equipo siempre opere en las condiciones físicas excelentes y evitar factores externos como desgaste por condiciones meteorológicas (lluvia, nieve, humedad, calor) o por manipulaciones intencionadas/accidentales.
- Mantenimiento activo: Dependiendo de la calidad y tipo de los componentes a realizar el mantenimiento preventivo, deberemos supervisar de manera más asidua el desgaste de los mismos debido al uso.

Cómo ya hemos comentado anteriormente, la suma de todos estos tipos de mantenimiento da lugar al plan de mantenimiento, que es base para poder ofrecer un servicio de mantenimiento puntual, de calidad y rentable tanto para la empresa receptora como para la empresa que ofrece el servicio.

Mantenimiento Preventivo vs Mantenimiento Predictivo.

En su sección "Maintenance Management", Nicolson M. (año), menciona que (...) *“El objetivo a largo plazo del mantenimiento predictivo evita tanto el mantenimiento reactivo como las averías no planificadas y, al mismo tiempo, reduce los costes de mantenimiento preventivo innecesario”*.

El mantenimiento predictivo está ganando más atención a medida que las organizaciones quieren sensores en activos clave y utilizan el poder de Internet de las cosas Sin duda, recomendamos el mantenimiento preventivo. Gracias a este se pueden disminuir los tiempos muertos durante las paradas, aumentar la vida útil de los equipos,

disminuir los costes de las reparaciones o detectar puntos débiles en la instalación de los aparatos.

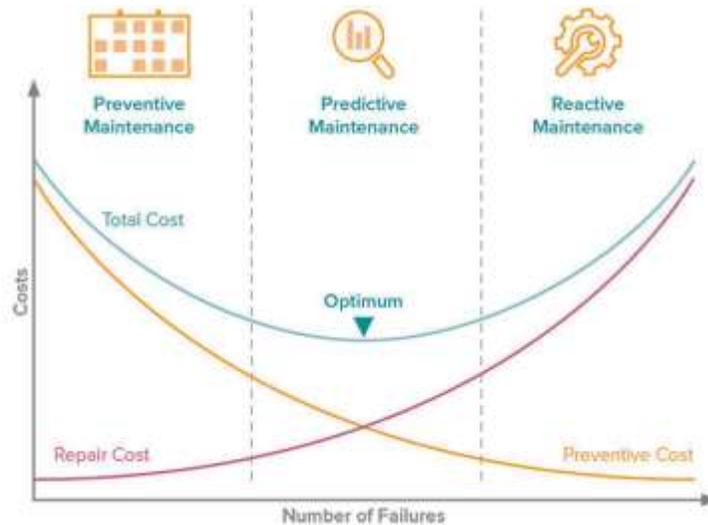


Figura II.2 Mantenimiento preventivo vs Mantenimiento Predictivo
Fuente: Fuente: WIPOTEC-OCS. 2021.

II.1.3 Análisis estadístico de la calidad.

El análisis de datos estadísticos es el proceso que nos permite interpretar los datos numéricos que disponemos, con el objetivo de tomar las decisiones de negocio más eficaces. De hecho, las empresas pueden tomar decisiones 5 veces más rápido que su competencia si las basan en el análisis de datos (Bain & Company).

Cada decisión que se quiera tomar en nuestras organizaciones debe estar basada en datos. Esto significa que la estadística es una herramienta muy potente en nuestras manos. Por ello, cerca del 81% de los directivos considera que sus decisiones deben estar basadas en datos (EY y Nimbus Ninety).

Existen muchas herramientas para el análisis de datos estadísticos, Excel es una de ellas. Este software cuenta con funciones estadísticas que nos facilitan la gestión de los datos. Crozet, A. L. (2014, 24 junio). Big data

La estadística es una ciencia matemática que se ocupa de la recopilación, organización, análisis, interpretación y presentación de datos. Así, la estadística se

orienta a la extracción de conclusiones y a la toma de decisión.

En el mundo digital y de los negocios, el análisis de datos estadísticos está asociado a las técnicas de Big data e inteligencia de negocios (BI). Ambas áreas aportan desde distintas perspectivas una serie de mecanismos para procesar y analizar datos. Esto con el fin de transformarlos en información estratégica y relevante para los negocios. Rouse, M. (2018). Inteligencia de negocios (BI)

i. Etapas de análisis de datos estadísticos.

El análisis de datos estadísticos es un proceso que se compone, principalmente, de 5 etapas distintas:

- La recopilación de datos de la muestra seleccionada, provenientes de encuestas, redes sociales, Big data, inteligencia de negocios, entre otros.
- El procesado de los datos, que incluye su limpieza, filtrado, homogeneización.
- La presentación de los datos, sobre todo de forma gráfica.
- El análisis de los datos, que nos permite extraer conclusiones que valgan de forma general a partir de los datos de la muestra.
- La interpretación de los datos, para detectar tendencias y patrones y predecir escenarios futuros.

La estadística moderna es una ciencia que se aplica desde hace un siglo en un sinnúmero de campos, desde la salud hasta las ciencias sociales. Sin embargo, la reciente explosión del Big data ha impulsado su aplicación a los negocios. Esto ha ofrecido a cada empresa que quiera mantenerse competitiva en el mercado unos instrumentos para tomar decisiones basadas en datos.

Por esto, el análisis de datos estadísticos es un proceso central en cada estrategia de inteligencia de negocio.

Este tipo de análisis de datos sirve para convertir los datos puros o brutos en perspectivas de negocios. Es decir, en información valiosa y práctica que sirve para entender un negocio, el mercado y su contexto, permitiendo así tomar decisiones más

efectivas, Wegener, R. (2013).

II.1.4 7 herramientas estadísticas de la calidad.

Las herramientas de calidad son una serie de técnicas gráficas utilizadas en la gestión de la calidad y en la resolución de los problemas relacionados.

Las más conocidas han sido denominadas “7 herramientas básicas de la calidad” y fueron divulgadas por Kaoru Ishikawa, profesor de ingeniería en la Universidad de Tokio y conocido como el padre de los círculos de calidad.

Una de las características más importantes de estas herramientas es, precisamente, la facilidad de su uso, motivo por el que las denomina básicas. Esto implica que pueden ser utilizadas por personas con poca formación en materia de estadística. Además, son adecuadas para resolver la gran mayoría de las cuestiones relacionadas con la calidad.

De acuerdo al Instituto de Manejo de Proyectos, estas herramientas son un recurso extremadamente eficaz para planificar y controlar la calidad de un proyecto (PMBOK). Ese control es fundamental para asegurarnos de que los productos y servicios cumplen unas condiciones mínimas.

Como hemos señalado, las herramientas más populares para medir y controlar la calidad son las creadas por Kaoru Ishikawa. Además, también existen otras que cumplen con las mismas funciones.

Las siete herramientas de Ishikawa muestran a los responsables de la empresa qué resultados están obteniendo en su intento por alcanzar la Calidad Total. Con los datos aportados con estas herramientas será posible corregir los factores que puedan estar impidiendo alcanzar el objetivo final. López Arias, E. A. (2009).

i. Diagrama Causa – Efecto

El Diagrama Causa – Efecto, conocidos también como diagramas de espina de pescado, es una herramienta gráfica cuya función es identificar las posibles causas de un defecto, así como clasificar las ideas en categorías útiles.

En su estructura más habitual, consta de un enunciado que describe el problema como una brecha que se debe cerrar. Para encontrar las causas que han provocado dicha brecha, la empresa debe analizar la naturaleza del problema y preguntarse “por qué” hasta identificar el origen del mismo. (Romero, P. 2021).

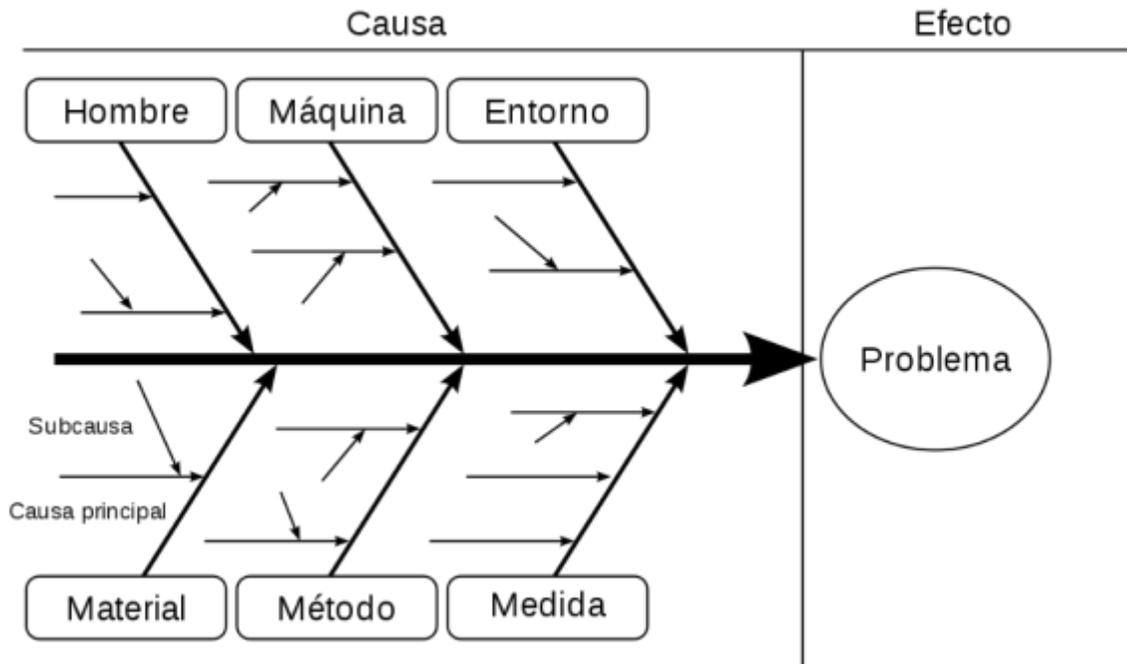


Figura II.3 Diagrama de Ishikawa.
Fuente: Romero, P, 2021

ii. Planillas de inspección

Una planilla de inspección es una herramienta muy eficaz para recolectar y registrar la información. Su ventaja más importante es que, dependiendo del diseño, puede ser utilizada tanto para registrar resultados como para observar tendencias y dispersiones. Por ese motivo, no es necesario recolectar todos los datos para poder obtener información de tipo estadístico.

Antes de proceder a diseñar una planilla de inspección es imprescindible realizar un análisis estadístico, ya que en ella se preestablece una escala para que no se tengan que registrar números, sino marcaciones simples. (Romero, P. 2021).

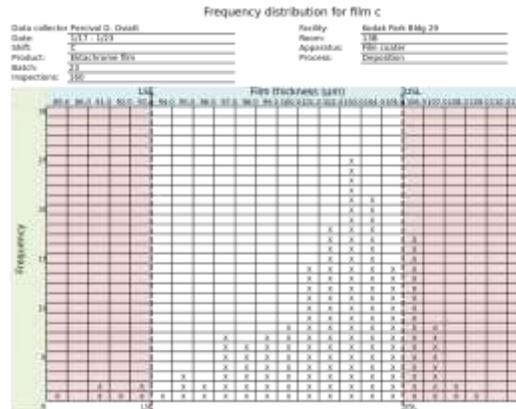


Figura II.4 Planilla de inspección
Fuente: Betancourt, 2021

iii. Gráficos de control

El objetivo de este tipo de gráficos es determinar la estabilidad de un proceso y si su comportamiento es predecible. Sus límites, tanto superior como inferior, están basados en unos requisitos establecidos previamente, reflejando los valores máximos y mínimos permitidos.

Estos límites de control deber calcularse previamente utilizando la estadística y su función es identificar los puntos en los que es necesario aplicar medidas correctivas. (López, 2009).



Figura II.5 Gráficos de control.

Fuente: L. 2021

iv. Muestreo estratificado

Conocido también como estratificación, esta herramienta estadística ha sido diseñada para clasificar los elementos de una población que tiene afinidad entre sí. De esta forma, esos elementos comunes pueden analizarse y establecer sus causas.

Con el muestreo estratificado, la empresa obtiene una comprensión detallada de la estructura de una población de datos. Puede, de esta forma, examinar la diferencia en los valores promedio y la variación en los distintos estratos. Romero, P. (2021)



Figura II.6. Muestreo Estratificado.

Fuente: QuestionPro, 2021

v. Histograma

El histograma es un tipo de gráfico de barras utilizado para ofrecer datos sobre las variaciones de un proceso y, así, poder tomar las decisiones adecuadas enfocándose en los esfuerzos de mejora que se hayan realizado.

Con el uso de un histograma, la empresa puede reconocer y analizar los distintos patrones de comportamiento en la información que, en un primer momento, quedan ocultos.

Su construcción ayudará a comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores analizados. (Romero, P. 2021)

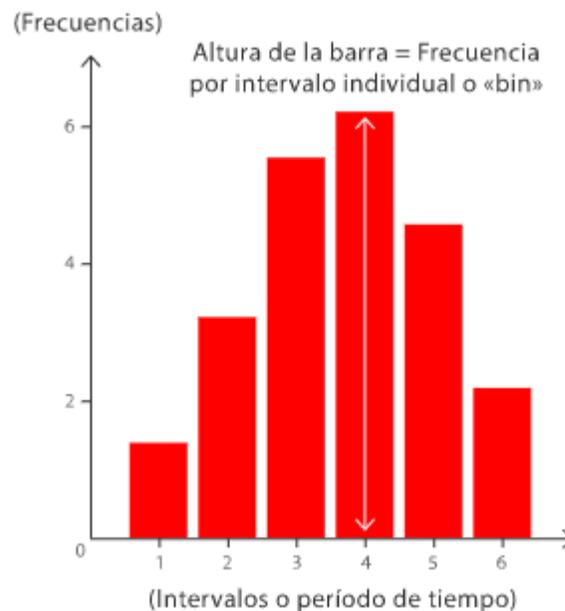


Figura II.7. Histograma

Fuente: Histograma, 2019

vi. Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es otro tipo de diagramas de barras verticales que las empresas utilizan para identificar las fuentes responsables de sus problemas. Se trata de una potente herramienta de análisis que ayuda a tomar decisiones en función de las prioridades.

El creador de este diagrama y que le da su nombre, Pareto, enunció el principio sobre el que se basa la herramienta:

El 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan. En el eje horizontal se muestran las frecuencias relativas de cada una de las causas especificadas, disminuyendo en magnitud hasta alcanzar una fuente denominada “otros”. Esta última recoge todas las causas no identificadas. (Romero, P. 2021).

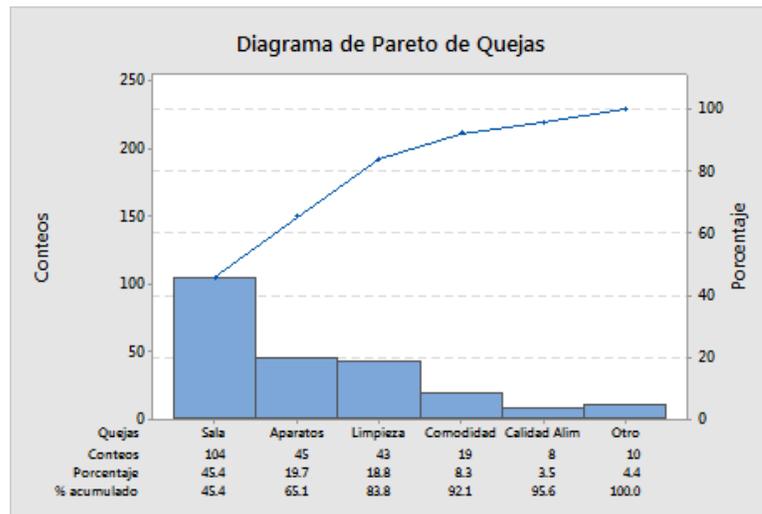


Figura II.8 Diagrama de Pareto,

Fuente: Minitab LCC, 2019

vii. Diagramas de dispersión

Llamados también diagramas de correlación, esta herramienta de control de calidad intenta ofrecer una explicación a los cambios en la variable dependiente. Mediante su uso se puede estudiar la relación entre dos variables diferentes.

Esto convierte al diagrama de dispersión en un método muy eficaz para conocer qué factores se encuentran relaciones entre sí y cómo resultan afectados uno respecto al otro.

Normalmente, esta herramienta ha sido muy utilizada en el proceso productivo, especialmente en la gestión de equipos y la maquinaria. No obstante, también se puede aplicar al resto de procesos empresariales. López Arias, E. A. (2009).

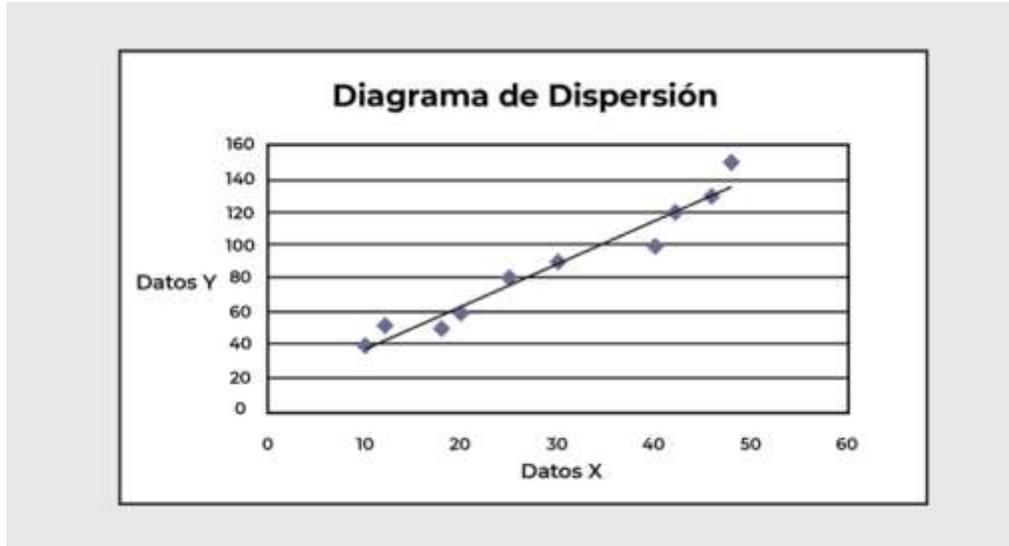


Figura II.9 Diagrama de dispersión.

Fuente: SPC Consulting Group. 2015

II.1.5 Filosofía TPM

El Mantenimiento Productivo Total, por sus siglas en inglés, TPM, es una filosofía de trabajo originaria de Japón, la cual se enfoca en la eliminación de las pérdidas asociadas con las paradas de línea, la calidad y costos de mantenimiento o rotura de los equipos. El TPM se basa, para lograr sus objetivos, en el mantenimiento autónomo, el cual se enfoca en la relación entre el operario u operador y la máquina, dándole a éste un sentido de responsabilidad sobre su equipo, permitiéndole realizar tareas de mantenimiento sencillas, como lubricación, control e inspección, entre otras, en vez de centrar todo el mantenimiento en un área o departamento específico.

El TPM se apoya, también, en la disciplina de todos los integrantes de la empresa, para lograr de esta forma un ambiente limpio y ordenado, y eliminar al máximo posible las pérdidas de mantenimiento, promoviendo además al ciclo de mejora continua. Esto debe ser promovido por la alta gerencia determinando un comité directivo del TPM, que

será el encargado de difundir la filosofía TPM dentro de la organización. Este comité es dirigido por un líder que debe velar por un cambio cultural dentro de la organización para la efectiva implementación del TPM. Gancedo, A. E. (2007). Implantación de la Filosofía TPM.



Figura II.10.TPM

Fuente: Mancuzo, 2021

Breve historia.

Hasta llegar al TPM hubo que atravesar tres fases previas. La primera de ellas es el mantenimiento reactivo o correctivo, el cual comenzó a principios del siglo XVIII y XIX durante la revolución industrial, con la aparición de las primeras máquinas. Este se basa exclusivamente en la reparación de averías o fallas cuando estas ocurren. Es la habitual reparación que se realiza a causa de una falla que obligó a detener el equipo o máquina.

Posteriormente, y como segunda fase de desarrollo, surgió alrededor de 1925 el concepto de mantenimiento preventivo, el cual tenía como objetivo evitar interrupciones en el proceso productivo.

Esta metodología se enfoca en obtener, por, sobre todo, la mayor rentabilidad económica en base a la máxima producción y estableciendo para ello funciones o actividades de mantenimiento orientadas a detectar y/o prevenir averías antes de su ocurrencia. En los años sesenta apareció lo que se denomina mantenimiento productivo, que constituye la tercera fase de desarrollo antes de llegar al TPM.

El mantenimiento productivo utiliza los principios del mantenimiento preventivo, pero le agrega un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo sin descuidar la fiabilidad y mantenibilidad del mismo. Por último, se llega al TPM, que comenzó a implementarse en Japón durante los años setenta en la empresa Nippon Denso (autopartista de Toyota Motor Company), esta fue una de las primeras en incorporar el mantenimiento preventivo en su planta.

El Instituto de ingenieros de plantas de Japón, por sus siglas en inglés JIPE apoyó y ayudó a Nippon Denso a desarrollar este modelo de mantenimiento. Posteriormente el JIPE se transformaría en el Instituto de ingenieros de plantas de Japón, por sus siglas en inglés JIPE, organización líder y creadora de los conceptos TPM (1971).

Esta organización tiene como objetivo dar soporte a la producción, reduciendo los riesgos y mejorando el OEE de las empresas manufactureras. A medida que aumentaba la automatización también lo hacía la necesidad de personal de mantenimiento, debido a esto la gerencia decidió que el mantenimiento de rutina fuese llevado a cabo por los mismos operarios (esto dio lugar al mantenimiento autónomo, uno de los pilares del TPM).

La inclusión de este, logró que los operarios propusieran mejoras en los equipos, que a su vez dio lugar a la prevención del mantenimiento, que junto con el mantenimiento preventivo y las mejoras en mantenibilidad dieron origen al Mantenimiento Productivo Total. Este incorpora como se mencionó, una serie de nuevos conceptos como ser el mantenimiento autónomo y la implicación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios en planta, en alcanzar los objetivos propuestos por la empresa y la creación de una cultura propia que estimule el trabajo en equipo y eleve la moral del personal. El TPM adopta como filosofía el principio de mejora continua desde el punto de vista del mantenimiento y la gestión de los equipos. El TPM ha tomado conceptos relacionados con el mantenimiento basado en el tiempo MBT y el mantenimiento basado en las condiciones MBC.

El MBT intenta planificar las actividades de mantenimiento del equipo de forma periódica, remplazando en el momento adecuado las partes que se prevean de dichos

equipos, para garantizar su buen funcionamiento. Mientras que el MBC intenta planificar el control a ejercer sobre el equipo y sus partes, a fin de asegurarse de que reúnan las condiciones necesarias para una operación correcta y puedan prevenirse posibles averías o anomalías de cualquier tipo. Seiichi Nakajima un alto funcionario del JIPE, recibe el crédito de haber definido los conceptos de TPM y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón. Fernández Negueruela, M., & Rumi, F. (2014).

Beneficios de la filosofía TPM.

- Aumento de la productividad
- Reducción de accidentes
- Aumento en el nivel de prevención de riesgos laborales, seguridad e higiene
- Aumento en el nivel de confianza de los empleados
- Aumento de la vida útil de la maquinaria
- Menores costos de mantenimiento
- Mantener el lugar de trabajo limpio y atractivo
- Mejora en la cultura de los empleados
- Reducción del costo de producción
- Compartir conocimiento y experiencia
- Implementación horizontal de un nuevo concepto en todas las áreas de la organización
- Los operarios se apropian de su maquinaria al realizar el mantenimiento principal

Fernández Negueruela, M., & Rumi, F. (2014).

Pilares de la filosofía TPM.

El TPM se sustenta sobre 8 pilares para su efectiva aplicación. Estos a su vez se sustentan sobre la implementación de las 5S y del indicador: Eficiencia General de los Equipos, por sus siglas en inglés, OEE que permitirá conocer la eficiencia con que trabajan los equipos y procesos, que a su vez permite conocer y cuantificar las pérdidas.

Fernández Negueruela, M., & Rumi, F. (2014).

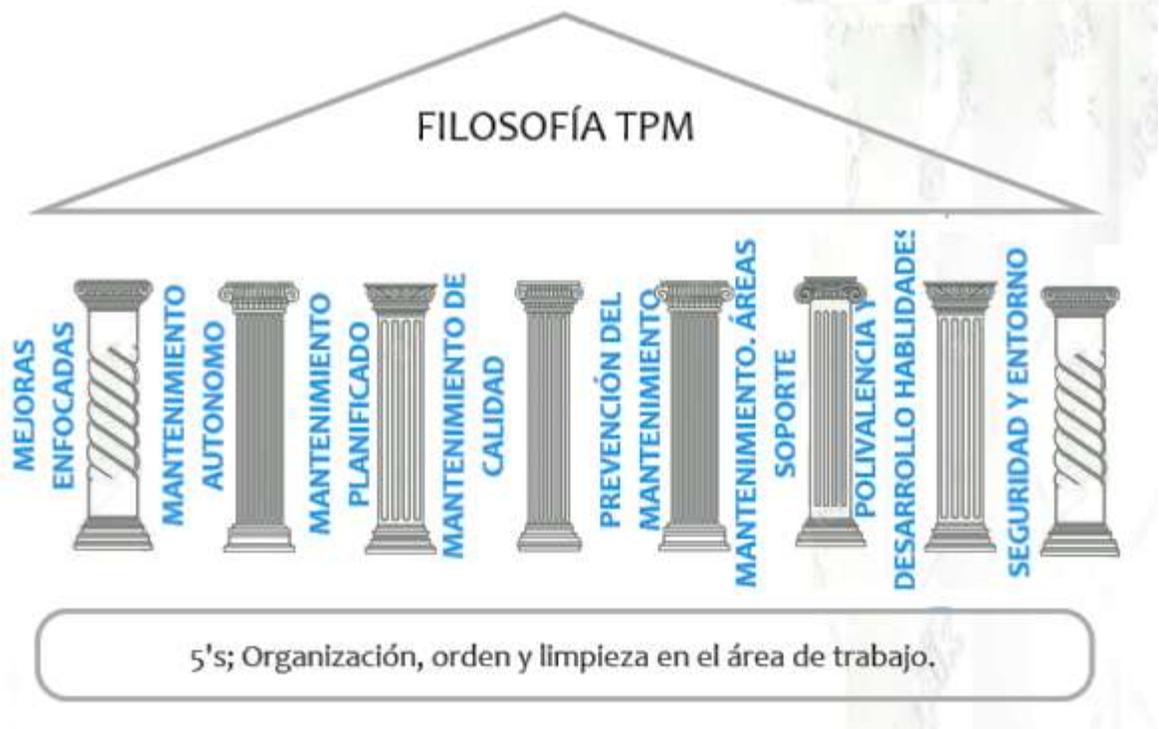


Figura II.11 pilares del TPM

Fuente: creación propia, 2021

i. Kobetsu Kaizen o mejoras enfocadas.

Uno de los principales pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM) es el de las Mejoras Enfocadas o, mejor dicho, kobetsu kaizen. Se trata, básicamente, de una metodología cuyo fin principal es el de reducir pérdidas en los procesos. A través de la formación de grupos multidisciplinarios interrelacionados, se establece una manera sistemática de aplicar mejoras que apunten a reducir o eliminar por completo estas pérdidas. BSG Institute. (2020).

La profundidad del análisis que se utiliza en kobetsu kaizen es tal que permite un alto grado de involucramiento de los integrantes de la organización en proyectos de mejora, ya sean mejoras individuales o colectivas. Se forma una estructura de mejora a nivel organizativo. Desde una mejora en lo individual hasta, ascendiendo jerárquicamente, mejoras en equipos funcionales, interfuncionales y directivos. La mejora está, así, embebida en la organización y se aplica de manera continua, como

reza el lema del kaizen: "Hoy mejor que ayer, mañana mejor que hoy."

Este proceso de mejora continua es similar al que se desarrolla en los procesos de Control Total de Calidad, por sus siglas en inglés, TQC, pero con aplicación de técnicas de mantenimiento y con el objetivo de maximizar la eficiencia global del equipamiento. Para esto se requiere utilizar una metodología específica de trabajo, como puede ser el seguir los pasos del PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), los cuales se ilustran en el siguiente gráfico. Huertas Camacho, J. J. (2014).



Figura II.12 Estructura de Kaizen.

Fuente: C. 2020

Proceso gráfico.

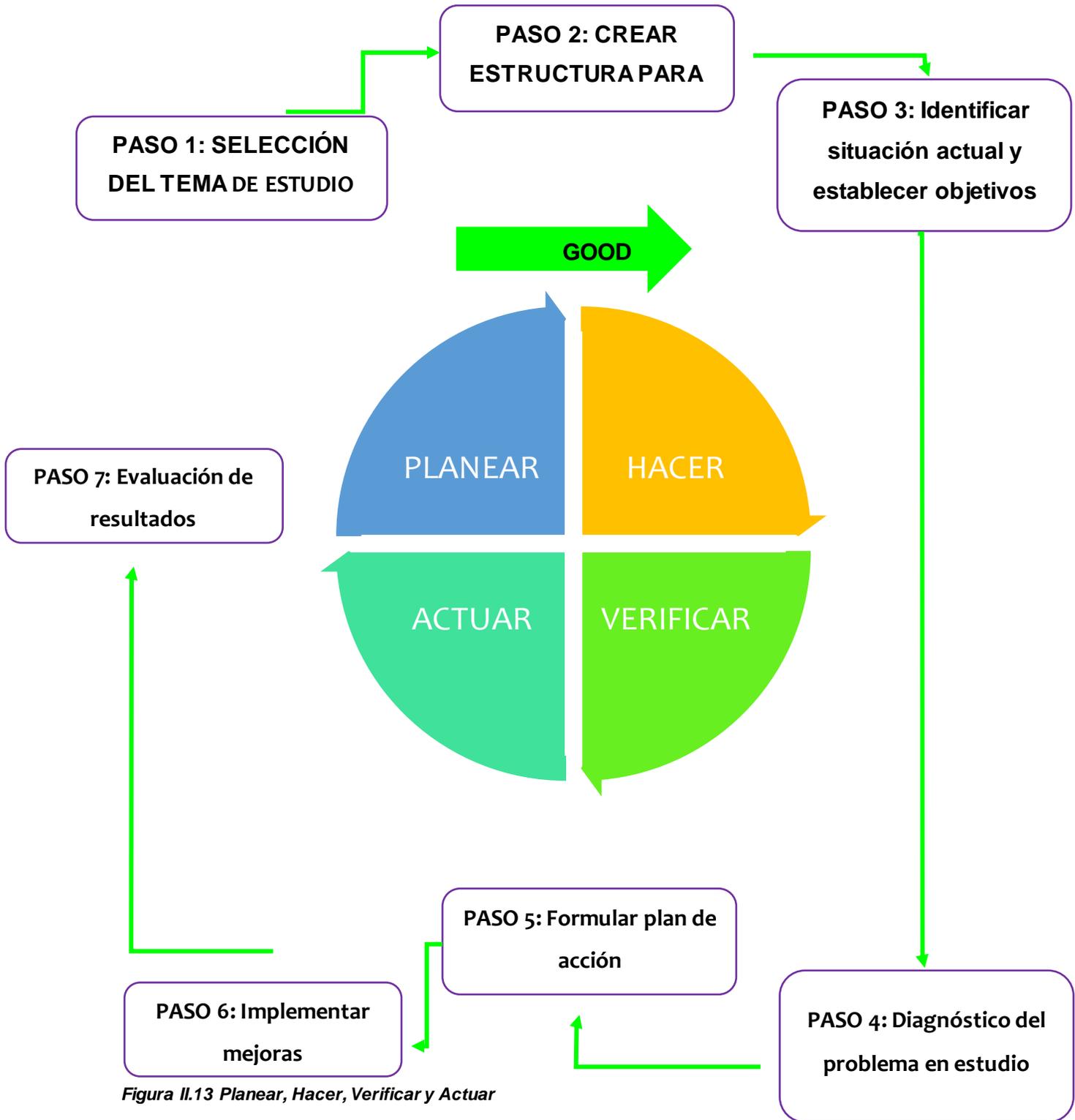


Figura II.13 Planear, Hacer, Verificar y Actuar

Fuente: Creación propia, 2021

ii. Mantenimiento autónomo o Jishu Hozen.

Es volver a integrar el trabajo del operador con el de operario de mantenimiento, para lograr disminuir desperdicios. El operador está listo para hacer cambios de formato o algunos mantenimientos básicos, pero básicamente es el que reporta las fallas adecuadamente, junto a realizar ajustes, lubricación y mantenimientos básicos.

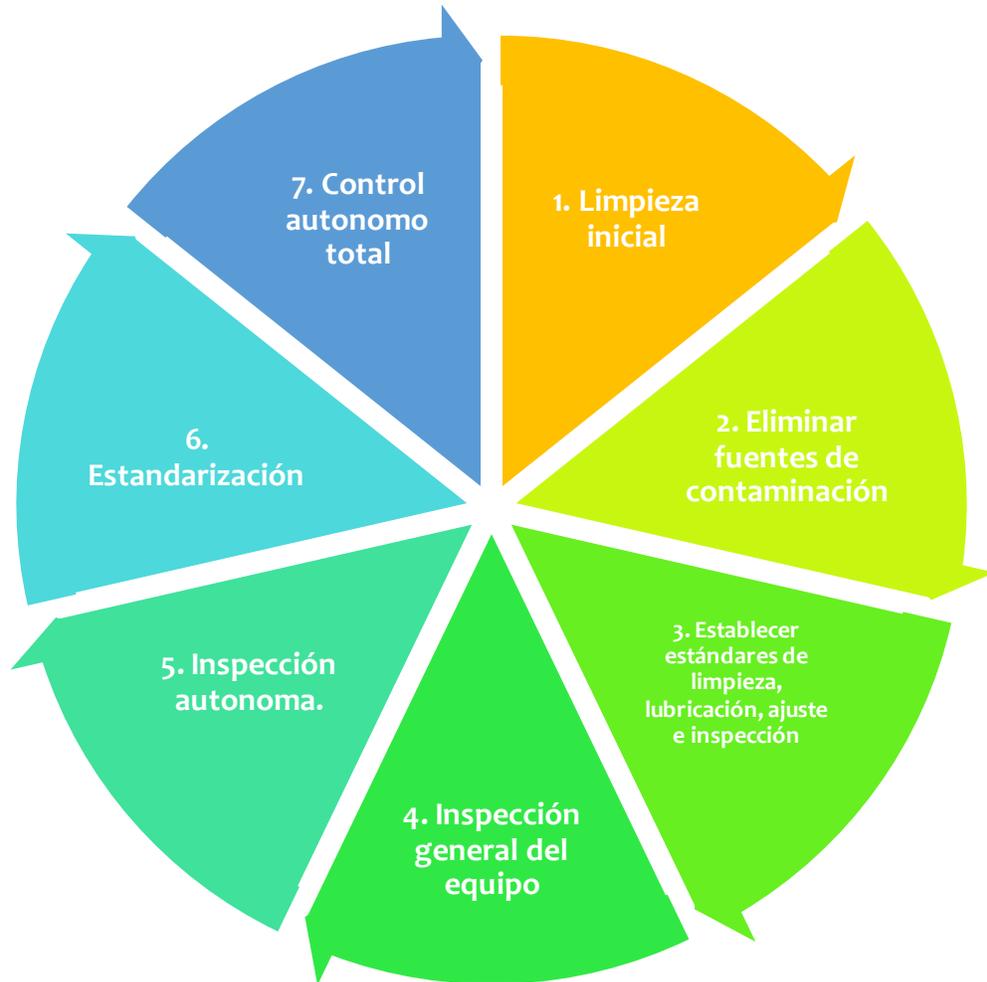


Figura II.14 Pasos del Jishu Hozen

Fuente: creación propia, 2021

iii. Mantenimiento planificado.

Es tener un buen mantenimiento preventivo, esto quiere decir que se tenga una buena recolección de datos y excelente análisis; para luego poder planear los

mantenimientos que lograran disminuir los costos e incrementar la disponibilidad. Para luego implementar el mantenimiento predictivo.

El objetivo de este pilar es mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas. El mantenimiento planificado busca eliminar los problemas de los equipos realizando acciones de mejora, prevención y predicción de las fallas. Para esto se requiere contar con una correcta información sobre los equipos, teniendo detalladas las fallas de cada uno, su historial de servicio, y contar con las especificaciones técnicas y de funcionamiento de los mismos.

Esta información sirve como base para realizar la planificación del mantenimiento, determinando que mantenimiento realizar y su frecuencia de realización. Este pilar requiere de un grupo de personas dedicado a realizar estas actividades, su seguimiento y continua mejora de las mismas. Este plan de mantenimiento debe actualizarse en base a los datos adquiridos, realizando un análisis de los mismos y modificando las tareas y/o su frecuencia de realización. BSG Institute. (2020).

iv. Mantenimiento de Calidad o Hinshitsu Hozen.

El pilar Mantenimiento de Calidad es una estrategia de mantenimiento que contribuye a asegurar la sostenibilidad de elevados niveles de calidad de los productos fabricados, a través del cuidado extremo de las condiciones de la maquinaria.

El Mantenimiento de Calidad permite identificar las condiciones de los equipos para lograr cero defectos y establecer medidas para verificar periódicamente si estas condiciones se mantienen, evitando la generación de productos que incumplen las especificaciones.

Este importante pilar TPM se enfoca en la identificación y eliminación de las pérdidas de calidad actuando sobre aquellos componentes y sistemas del equipo que inciden directamente en los parámetros de calidad del producto final. El desarrollo de este pilar se realiza a través de métodos particulares del pilar, pero también utilizando métodos de otros pilares y de las prácticas de control de calidad de proceso. Estamos seguros que el Mantenimiento de Calidad es un poderoso aliado de los sistemas de

mantenimiento de plantas con altos niveles de automatización y digitalización con tendencias hacia el paradigma de Industria 4.0. López, (2009).

v. **Prevención del mantenimiento.**

Es planificar e investigar sobre las nuevas máquinas que pueden ser utilizadas en nuestra organización, para ello debemos diseñar o rediseñar procesos, verificar los nuevos proyectos, realizar y evaluar los test de operaciones y finalmente ver la instalación y el arranque. BSG Institute. (2020).

Este quinto pilar busca reducir los gastos de mantenimiento una vez que la maquinaria de la empresa empiece a funcionar. Aquí se encuentran las acciones implementadas durante la fase de diseño, fabricación y manejo de los equipos.

Para lograr un óptimo desarrollo, el equipo de mantenimiento deberá enfocarse en el conocimiento previo que ha adquirido sobre el funcionamiento de la maquinaria de la empresa. Esto permitirá que el trabajo sea más productivo. ESAN Graduate School of Business. (2019).



Figura II.15 Mantenimiento preventivo

Fuente: Vidal, 2021

vi. **Actividades de departamentos administrativos y de apoyo.**

Deben reforzarse sus funciones mejorando su organización y cultura. Para ello debiera aplicar mapa de cadena de valor transaccional para encontrar oportunidades y luego de ello poder lanzar los proyectos para mejorar los tiempos y errores. (Arteaga,

2020)

vii. Formación y adiestramiento.

La formación debe ser polivalente, de acuerdo a lo que necesita la planta y la organización, muchos de los desperdicios se deben a que las personas no están bien adiestradas, por ello la planificación de la formación de las personas deben salir de las oportunidades encontradas en el desempeño de los empleados y operarios. (Arteaga, 2020).



Figura II.16 Formación y adiestramiento.

Fuente: Alibal, 2018

viii. Gestión de seguridad y entrono.

Debiéramos tener estudios de operatividad combinados con estudios de prevención de accidente. Todos los estudios de tiempos y movimientos deben tener su análisis de riesgos de seguridad. (Arteaga, 2020).

La implementación de todos los pilares no necesariamente se llevará a cabo en forma simultánea, sino que se seleccionará con cuales empezaremos, se deberá formar grupos multidisciplinarios para cada pilar, por lo que cada pilar deberá registrar niveles de TPM. Las evaluaciones podrán hacerse semanal, mensual y anualmente. Debemos tener indicadores de gestión que muestren progresos concretos, debemos fomentar la motivación y con ello lograr los objetivos planeados en cada indicador. (Arteaga, 2020).

El TPM no es una metodología para solucionar problemas básicos, no solo lo puede hacer solo el área de mantenimiento, necesita la participación de toda el área de operaciones. Por lo menos debiéramos haber llegado a implementar en forma total el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF). Muchas organizaciones intentan implementarlo y fracasan porque no se han dado cuenta de que debemos empezar en determinado nivel, otras organizaciones intentan implementarlo solo en mantenimiento y es imposible de hacerlo. Como toda metodología aplicada siempre podrá tener sus caídas, por lo que el control y la motivación de parte de toda la alta dirección deben ser activos en cada Pilar del TPM. (Arteaga, 2020).

Pasos para implementar un TPM.

i. Anuncio de la Alta Dirección de la decisión de introducir el TPM.

El primer paso en el desarrollo TPM es hacer un anuncio oficial de la decisión de implantar el TPM. La alta dirección debe informar a sus empleados de su decisión e infundir entusiasmo por el proyecto. Esto puede cumplirse a través de una presentación formal que introduce el concepto, metas, y beneficios esperados del TPM, y también incluye propuestas personales de la alta dirección a los empleados sobre las razones que fundamentan la decisión de implantar el TPM. Esto puede seguirse con información impresa en boletines internos. Suzuki, T. (2017)

Es esencial en este punto que la alta dirección tenga un fuerte compromiso con el TPM y entienda lo que entraña el compromiso. Como se ha mencionado anteriormente, la preparación para la implantación significa crear un entorno favorable para un cambio efectivo. Durante este período (como en la fase de diseño de un producto), debe crearse un fundamento fuerte de forma que las posteriores modificaciones (como los cambios de diseño que pueden resultar en retrasos de entregas) no sean necesarias. Suzuki, T. (2017).

ii. Lanzamiento de campaña educacional.

El segundo paso en el programa de desarrollo TPM es el entrenamiento y promoción en el mismo, lo que debe empezar tan pronto como sea posible después de introducir el programa. Suzuki, T. (2017)

El objetivo de la educación es, no solamente explicar el TPM, sino también elevar la moral y romper la resistencia al cambio en este caso, el cambio al TPM.

La resistencia frente al TPM puede adoptar diferentes formas: algunos trabajadores pueden preferir la división de tareas más convencional (los operarios manejan el equipo, mientras los trabajadores de mantenimiento lo reparan). Los trabajadores de la línea de producción a menudo temen que el TPM incrementará la carga de trabajo, mientras el personal de mantenimiento es escéptico sobre la capacidad de los operarios de línea para practicar el PM. Adicionalmente, los que están practicando el PM con buenos resultados pueden dudar de que el TPM provea beneficios añadidos. Suzuki, T. (2017)

iii. Crear organizaciones para promover el TPM

Una vez que se ha completado la educación introductoria al nivel de personal de dirección (de jefes de sección hacia arriba), puede empezar la creación de un sistema promocional del TPM. Suzuki, T. (2017)

La estructura promocional TPM se basa en una matriz organizacional, conformada por grupos horizontales tales como comités y grupos de proyecto en cada nivel de la organización vertical de dirección. Es extremadamente importante para el éxito y desarrollo general del TPM. Los grupos se organizan por rangos, por ejemplo, el comité promocional del TPM, los comités promocionales de fábrica y departamento, y los círculos PM al nivel del suelo de la fábrica. Es crítica la integración arriba-abajo, desde las metas orientadas por la dirección con los movimientos desde abajo, y las actividades de los pequeños grupos en la fábrica. Suzuki, T. (2017)

iv. Establecer políticas y metas para el TPM

Las oficinas centrales promocionales del TPM deben empezar estableciendo políticas y metas básicas. Como toma como mínimo tres años moverse hacia la eliminación de defectos y averías a través del TPM, una política de dirección básica debe ser comprometerse con el TPM e incorporar procedimientos concretos de desarrollo del TPM en el plan de dirección general a medio y largo plazo. Suzuki, T. (2017)

v. Formular un plan maestro para el desarrollo del TPM

La siguiente responsabilidad de la oficina central del TPM es establecer un plan maestro para el desarrollo TPM.

La siguiente figura muestra un PLAN MAESTRO real tomado de Central Motor Wheel Co., donde el desarrollo del TPM se centra en las siguientes cinco actividades de mejoras básicas: incluir el programa diario de promoción del TPM, empezando por la fase de preparación anterior a la implementación.

1. Mejorar la efectividad del equipo a través de la eliminación de las seis grandes pérdidas (realizado por equipos de proyecto)
 2. Establecer un programa de mantenimiento autónomo por los operarios (siguiendo un método de siete pasos)
 3. Aseguramiento de la calidad
 4. Establecer un programa de mantenimiento planificado por el departamento de mantenimiento
 5. Educación y entrenamiento para aumentar las capacidades personales.
- Suzuki, T. (2017)

vi. El “Disparo de Salida” del TPM

El “disparo de salida” es el primer paso para la implantación, el comienzo de la batalla contra las seis grandes pérdidas. Durante la fase de preparación (pasos 1-5) la dirección y el staff profesional juegan el rol dominante. Sin embargo, a partir de este punto, los trabajadores individuales deben cambiar desde sus rutinas de trabajo diario tradicionales y empezar a practicar el TPM. Cada trabajador juega ahora un rol crucial. Como alguien ha dicho, —No hay lugar para ser espectador en el TPMII, indicando que

cada persona es un participante — no puede haber —mironesll. Por esta razón, cada trabajador debe apoyar la política sobre TPM de la alta dirección a través de actividades para eliminar las seis grandes pérdidas. Suzuki, T. (2017)

vii. Mejorar la efectividad del equipo

El TPM se implementa a través de las cinco actividades de desarrollo básicas del TPM, la primera de las cuales es mejorar la efectividad de cada pieza del equipo que experimenta una pérdida.

El staff de ingeniería y mantenimiento, los supervisores de línea, y los miembros de pequeños grupos se organizan en equipos de proyecto que harán mejoras para eliminar las pérdidas. Estas mejoras producirán resultados positivos dentro de la compañía. Sin embargo, durante las fases tempranas de la implantación, habrá personas que duden del potencial del TPM para producir resultados, incluso algunos que hayan visto cómo en otras compañías el uso del TPM incrementa la productividad y calidad, reduce los costes, mejora los resultados, y crea un entorno favorable de trabajo. Suzuki, T. (2017)

viii. Establecer un programa de mantenimiento autónomo para los operarios

La segunda de las cinco actividades de desarrollo del TPM, el mantenimiento autónomo, es el paso octavo del programa de desarrollo. Debe atacarse justo después del disparo de salida.

El mantenimiento autónomo por los operarios es una característica única del TPM; su organización es central para la promoción del TPM dentro de la compañía. Cuanto más antigua es una compañía, más dificultoso es implantar el mantenimiento autónomo, porque los operarios y el personal de mantenimiento encuentran penoso apartarse del concepto: “Yo opero, tu reparas”. Los operarios están acostumbrados a dedicarse a tiempo completo a la producción, y el personal de mantenimiento espera asumir la plena responsabilidad del mismo. Suzuki, T. (2017)

ix. Establecer un programa de mantenimiento para el departamento de mantenimiento.

El noveno paso en el programa de desarrollo es también una de las cinco actividades básicas TPM un programa de mantenimiento periódico para el departamento de mantenimiento.

Como hemos mencionado anteriormente, el mantenimiento programado realizado por el departamento de mantenimiento, debe coordinarse con las actividades de mantenimiento autónomo del departamento de operaciones, de forma que los departamentos puedan funcionar como las ruedas de un coche. Suzuki, T. (2017)

x. Conducir entrenamiento para mejorar capacidades de operación y mantenimiento

La mejora de las capacidades de operación y mantenimiento es la cuarta actividad de desarrollo del TPM y el décimo paso del programa de desarrollo del TPM.

En Japón, las grandes corporaciones del acero y la electrónica proveen a sus empleados con entrenamiento técnico en centros bien equipados, pero otras compañías japonesas infra estiman el valor del entrenamiento, especialmente el entrenamiento en técnicas de mantenimiento. La educación y el entrenamiento son inversiones en personal que rinden múltiples beneficios. Una compañía que implante el TPM debe invertir en entrenamiento que permita a los empleados gestionar apropiadamente el equipo. En adición al entrenamiento en técnicas de mantenimiento, los operarios deben afinar también sus capacidades en operación. Suzuki, T. (2017)

xi. Desarrollo temprano de un programa de gestión de equipos

La última categoría de las actividades de desarrollo del TPM es la gestión temprana (o anticipada) del equipo.

Cuando se instala el nuevo equipo, a menudo aparecen problemas durante las operaciones de test, y arranque, aunque durante el diseño, la fabricación, y la instalación toda parece marchar normalmente. Puede que los ingenieros de mantenimiento e ingeniería tengan que hacer muchas mejoras antes de que comience la operación

normal. Incluso entonces, se necesitan reparaciones en el período inicial, inspección, ajuste, y lubricación y limpieza iniciales para evitar el deterioro, y las averías son a menudo tan difíciles de reparar que los ingenieros de supervisión se desmoralizan completamente. Como resultado, pueden pasarse por alto la inspección, lubricación, y limpieza, lo que necesariamente prolonga las paradas del equipo incluso para las averías menores. Suzuki, T. (2017)

xii. **Implantación plena del TPM y contemplar metas más elevadas**

El paso final en el programa de desarrollo del TPM es perfeccionar la implantación del TPM y fijar metas futuras aún más elevadas. Durante este período de estabilización cada uno trabaja continuamente para mejorar los resultados TPM, de forma que puede esperarse que dure algún tiempo. Suzuki, T. (2017).



Figura II.17 TPM.

Fuente: Cabrera, P, 2019

II.1.6 Análisis del Modo y Efecto de Fallas. AMEF.

Es una herramienta técnica de análisis preventivo, aplicable a los sistemas con riesgos potenciales de no alcanzar los objetivos de fiabilidad y mantenibilidad, para los que han sido previstos, asimismo, cuantifica y evalúa el riesgo de fallo en los sistemas.

El sistema puede ser un producto, un proceso de trabajo y un medio de producción. se analizan todas las características del producto y todas las operaciones

(funciones) del proceso, de una forma exhaustiva buscando todas las maneras posibles de presentarse el fallo, es decir, buscando todos los posibles riesgos que se puedan presentar para el cliente. (Fernandez M, 2019)

Por cada fallo potencial que se pueda presentar se hace una estimación del efecto que se pueda tener en el sistema, tomando las acciones necesarias para minimizar el efecto de este, mediante la eliminación de las causas que originan estos defectos.

Se asegura la minimización del riesgo de fallo por los siguientes motivos. (Análisis del Modo y Efecto de Fallas -AMEF- Fernández, 2019)

- i. Ayuda a la evaluación de las exigencias del diseño, impulsando a la búsqueda de alternativas.
- ii. Origina que aumente la probabilidad de considerar los modos de fallos potencial, así como los efectos de estos en funcionamiento del sistema.
- iii. Se obtiene una información adicional, que apoya la mejora en la definición de pruebas y ensayos en el desarrollo del sistema. (Fernandez M, 2019)

Tipos de AMEF.

El procedimiento AMEF puede aplicarse a:

- i. **Productos:** El AMEF aplicado a un producto sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en el diseño, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que pueden llegar a tener en el usuario o en el proceso de producción.
- ii. **Procesos:** El AMEF aplicado a los procesos sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en las etapas de producción, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que puedan llegar a tener en el usuario o en etapas posteriores de cada proceso.
- iii. **Sistemas:** El AMEF aplicado a sistemas sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en el diseño del software, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que pueden llegar a tener en su funcionamiento.

iv. **Otros:** El AMEF puede aplicarse a cualquier proceso en general en el que se pretendan identificar, clasificar y prevenir fallas mediante el análisis de sus efectos, y cuyas causas deban documentarse.

Análisis del Modo y Efecto de la Falla										
AMEF de Proceso (1) Diseño(2)	AMEF No. 1	Fecha de Revisión: 15/12/2015		Responsable (3): Leonardo Espinosa y Arriba Talampara				Cemento	Dpto.	Áreas involucradas:
Proveedor (4) Afiliado (5)	Nombre de la pieza o proceso de fabricación:			No. N/A		Modelo: N/A				
Evascos Vasconcelos C.A.		Proceso de formación de curvas								
Descripción de la Parte o Proceso	Fallas de la parte o Proceso	Modo de la Falla	Efecto de la Falla	Causa de la Falla	O	S	D	IMP	Acciones Recomendadas	
Mapina Formadora de Evascos	Resaca la matriz prima y dafe forma	Deterioro de la estructura	Debilitación y posterior colapso de la estructura interna y de los moldes	- Fuga de Aire - Caída de la presión de aire comprimido	7	7	9	284	Revisión de las conexiones de aire comprimido y chequeo manual con Inspector de la estructura interna	
Cámara de Recocidos	Enduccion y Centralización	Deterioro de la estructura	Debilitación y posterior colapso de la estructura interna	- Fuga Térmica - Fuga de Calor	8	9	5	360	Reconstrucción de la cámara y posterior a su reconstrucción, revisión periódica (cada 3 meses como mínimo) con cámara fotografica	
Sistema de Transportación de Evascos	Llevar los evascos al sistema de inspección	Deterioro de la estructura	Deterioro de los chancadores y salida de transporte del sistema	- Daño del sistema de ventilación	5	7	6	210	Reconstrucción del sistema de ventilación y posterior a su reconstrucción, inspección periódicamente (cada 3 meses como mínimo)	
Mapina de Inspección Automática	Revisar la calidad de los evascos	Descalibración	Descontrol en la verificación de los evascos	- Falta de calibración periódica - Falta en mantenimiento de control	9	5	6	270	Calibración periódica del sistema de control e inspección manual de los instrumentos de control	
Control de Temperatura	Muestra la temperatura registrada en el sistema	Falla en la lectura mostrada en pantalla	Descontrol en la indicación de temperatura de la cámara	- Falta de revisión del instrumento	5	7	9	315	Revisión preventiva del funcionamiento del instrumento	
Sistema de fabricación interna	Mantener la vida útil de su máquina	Deterioro de la estructura	Funcionamiento de los Evascos internos y falla de los elementos mecánicos	- Fallo en los componentes internos	2	6	9	96	Inspección manual de las condiciones del sistema y nivel del lubricante	
Ventiladores	Enfriamiento de los moldes y transportadores	Deterioro de la estructura	Pérdida de potencia por mal funcionamiento de los cables	- Falta de mantenimiento periódico	4	10	5	200	Limpieza manual de los cables y mantenimiento preventivo de los elementos internos de los equipos cada tres meses	

Figura II.18 AMEF

Fuente: YUENHONG, 2020

II.1.7 Limpieza criogénica.

La limpieza criogénica es un método que se utiliza para limpiar y preparar superficies. En algunos aspectos se podría decir que es similar a la limpieza con chorro de arena, pero tiene una serie de ventajas frente a otros métodos de limpieza. De hecho, en el ámbito industrial, es una alternativa a la limpieza con chorro de arena o al uso de productos químicos cuando se busca una opción más delicada o menos agresiva. Kryogen S.A.S.

Para la limpieza criogénica se utiliza el hielo seco, que no es más que CO2 en forma sólida, es decir, congelado. Cuando este hielo se “descongela” pasa directamente a estado gaseoso, saltándose el estado líquido, de ahí que no deje ningún rastro de humedad. Kryogen S.A.S.

El método de limpieza con hielo seco tiene algunas ventajas a destacar cuando se compara con otros métodos:

- i. Limpieza no abrasiva: no se utilizan partículas abrasivas para eliminar la suciedad, restos de grasa o cualquiera que sea el residuo.
- ii. No deja residuos: el uso de CO₂ congelado no produce ningún residuo producto del proceso de limpieza, ya que pasa directamente a estado gaseoso al utilizarlo.
- iii. Respetuosa con el medio ambiente: no emite gases nocivos a la atmósfera.
- iv. Limpieza suave: el hielo seco es perfecto para la limpieza de piezas delicadas y componentes eléctricos, ya que no los daña.
- v. Mayor seguridad para el operario: hay métodos de limpieza que pueden dejar en el aire partículas en suspensión.
- vi. Elimina bacterias: la baja temperatura del hielo seco y el hecho de que no deja residuos húmedos evita la proliferación de gérmenes.

La limpieza criogénica es un método totalmente respetuoso con el medio ambiente, debido a que el hielo seco que se utiliza proviene del reciclaje de CO₂ que resulta de varios procesos de producción como la fermentación o la refinación petroquímica (producción de amoníaco y etileno). Es decir, el hielo seco no produce CO₂ ni lo añade a la atmósfera y por lo tanto, no contribuye al efecto invernadero. Por eso, con la limpieza criogénica no hay ninguna nueva emisión de este gas, sino todo lo contrario, se está reutilizando un producto que fue desechado. Kryogen S.A.S.

III. Desarrollo.

III.1 Procedimiento y descripción de actividades realizadas.

III.1.1 Corrección de daños, errores y fallas de los equipos.

La presente actividad constó en tener desde una capacitación por parte del equipo de ingenieros del departamento de Mantenimiento en general de atención de fallas básicas, generales y específicas dentro de los equipos, hasta la atención individual y personalizada de las mismas, esto con el fin de saber interpretar las fallas más comunes de las estaciones de trabajo, al igual que conocer las líneas que más causan Down-Time en relación a un análisis cualitativo (que se relacionan con las veces que se atendieron dichas líneas) dentro del proyecto P02F/L02D.

III.1.2 Análisis estadístico de la situación actual.

Con hincapié de la actividad anterior, se procede a cambiar de departamento, pasando de ser ayudante general de las tres secciones del departamento, para pasar así solamente al Mantenimiento Preventivo, en la sección de Análisis e interpretación de datos.

Para comenzar, se realizó un análisis en general de todas las plataformas que conforman la planta, lo anterior con ayuda de un diagrama de Pareto, y con la finalidad de confirmar que la plataforma que se estudiará se encuentra entre las que se presentan con más fallas, lo anterior con un rango de análisis de enero a septiembre del 2021.

Debido a cuestiones de privacidad de la empresa, se enumerarán las plataformas que se evaluarán de forma aleatoria, con el fin de no mencionar sus nombres reales, en este primer análisis se evaluó desde enero del presente año, hasta septiembre del mismo, cabe mencionar que esto consta de un total de 286049 minutos de fallas a lo largo del periodo anteriormente mencionado, distribuidos entre cada una de las plataformas evaluadas.

El resultado final se evaluó con un total de 10,848 fallas presentadas en las distintas plataformas.

Tabla III.1 Afectaciones generales por plataformas.

Fuente: Elaboración propia, 2021

LÍNEA	FRECUENCIA (MIN)	% Afectación	ACOMULADO	%ACOMULADO
P02F/L02D	125667	43.93%	125667	43.93%
L21B	87506	30.59%	213173	74.52%
MFA2	25811	9.02%	238984	83.55%
X02A	23902	8.36%	262886	91.90%
P71A	19948	6.97%	282834	98.88%
MBQ	1898	0.66%	284732	99.54%
PINTURA	1061	0.37%	285793	99.91%
L12F	166	0.06%	285959	99.97%
SECUENCIADO	90	0.03%	286049	100.00%
TOTAL	286049	1		

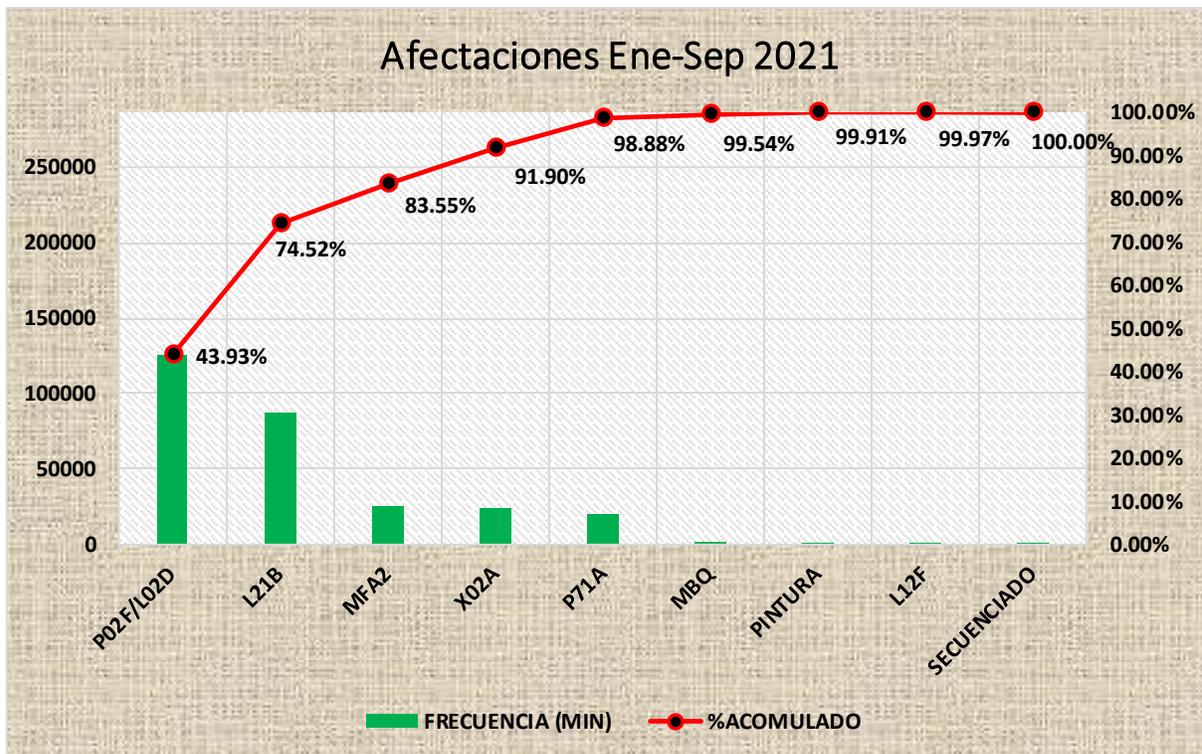


Figura III.1 Afectaciones generales por plataformas

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Sabiendo pues, y teniendo claro que la línea que más produce incidencias de fallo es la que pretendemos evaluar, ocupando un total del 43.9% de las fallas que se

presentaron en la planta, se procede con la siguiente actividad.

III.1.2.1 Aplicación de las 7 herramientas estadísticas de la calidad.

La plataforma que se está estudiando (P02F) lo conforman 4 líneas:

1. BEAM COMPL RR SUSP P02F. (BRR A, BRR B, BRR C)
2. LINK COMP-TRANSV, LH/RH MD P02F. (TVL)
3. MBR COMPL FRONT SUSP P02F. (FRMX)
4. MBR-ASSY FRONT SUSP P02F USA LB. (FRUS)

Dicho lo anterior, para comenzar, se recabaron datos históricos desde hace 1 año hasta los actuales, con el fin de realizar una búsqueda exhaustiva estadística con dichos datos, y escoger una línea de dicha plataforma en la cual se aplicarán las 7 herramientas estadísticas de la calidad, de la línea que presenta una mayor cantidad de fallas, errores o errores y cuáles de estas son las que más persisten dentro de la línea encontrada y también poder comprobar si tienen lugar con las que se lograron interpretar durante la actividad no. I.

i. Análisis por líneas.

Como ya se había mencionado anteriormente, se realizó un análisis tanto de fallas como de líneas en el periodo de Ene-Sep. 2021, cabe mencionar que los nombres se abreviarán a sus primeras 2 iniciales, el nombre completo se puede observar al inicio de este subtema. obteniendo así los siguientes resultados.

Tabla III.2 Afectaciones por líneas P02F/L02D.

Fuente: Elaboración propia 2021.

LÍNEA	FRECUENCIA (MIN)	% Afectación	ACOMULADO	%ACOMULADO
BRR A	33286	26.49%	33286	26.49%
BRR B	20420	16.25%	53706	42.74%
BRR C	19393	15.43%	73099	58.17%
FRUS	18697	14.88%	91796	73.05%
FRMX	17061	13.58%	108857	86.62%
TVL	16810	13.38%	125667	100.00%
TOTAL	125667	100.00%		

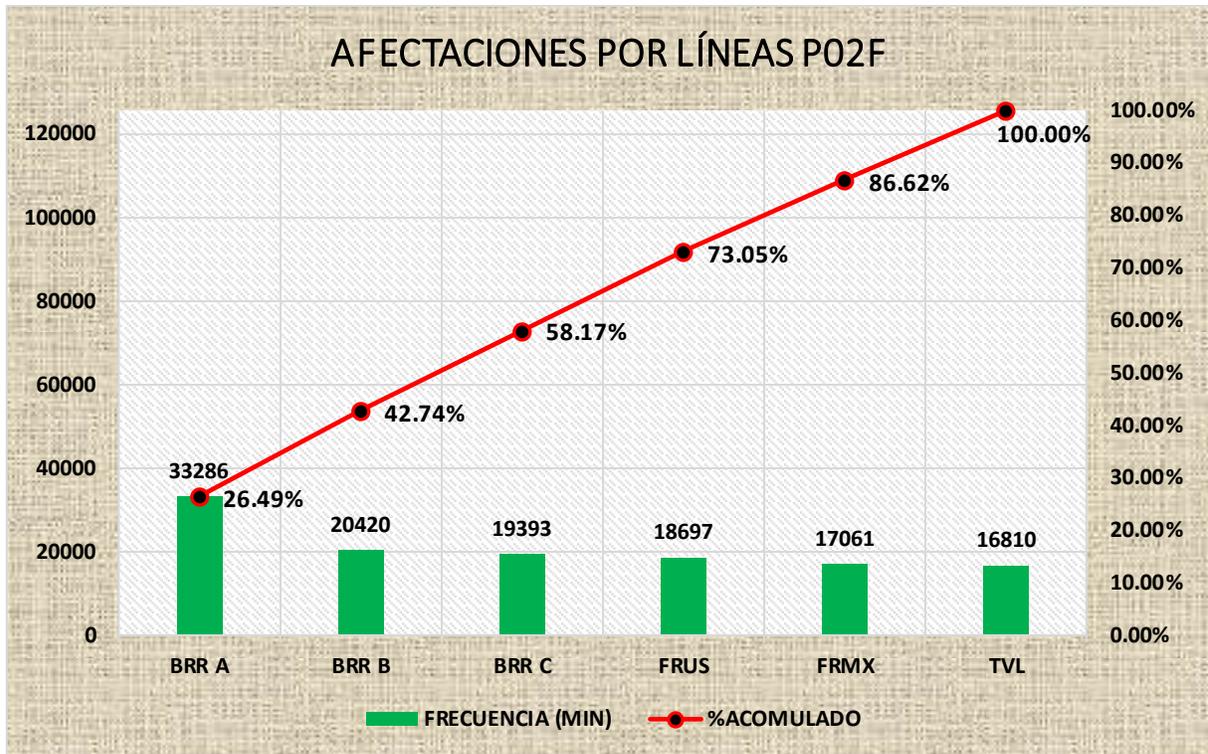


Figura III.2 *Afectaciones generales por líneas. P02F*

Fuente: Elaboración propia, 2021

Así pues, de este punto en adelante se trabajó y evaluó la línea BEAM COMPL RR SUSP P02F en su sección “A” para encontrar así la falla principal de lo que sucede, para poder generar una propuesta de mejora, así pues, podemos pasar a hacer uso de las 7 herramientas estadísticas de la calidad

ii. Diagrama de Ishikawa.

Para la presente actividad, se consideraron los siguientes aspectos:

- A. Mano de obra.
- B. Robots.
- C. Agentes.
- D. Jig's.
- E. Materiales.
- F. Maquinaria.

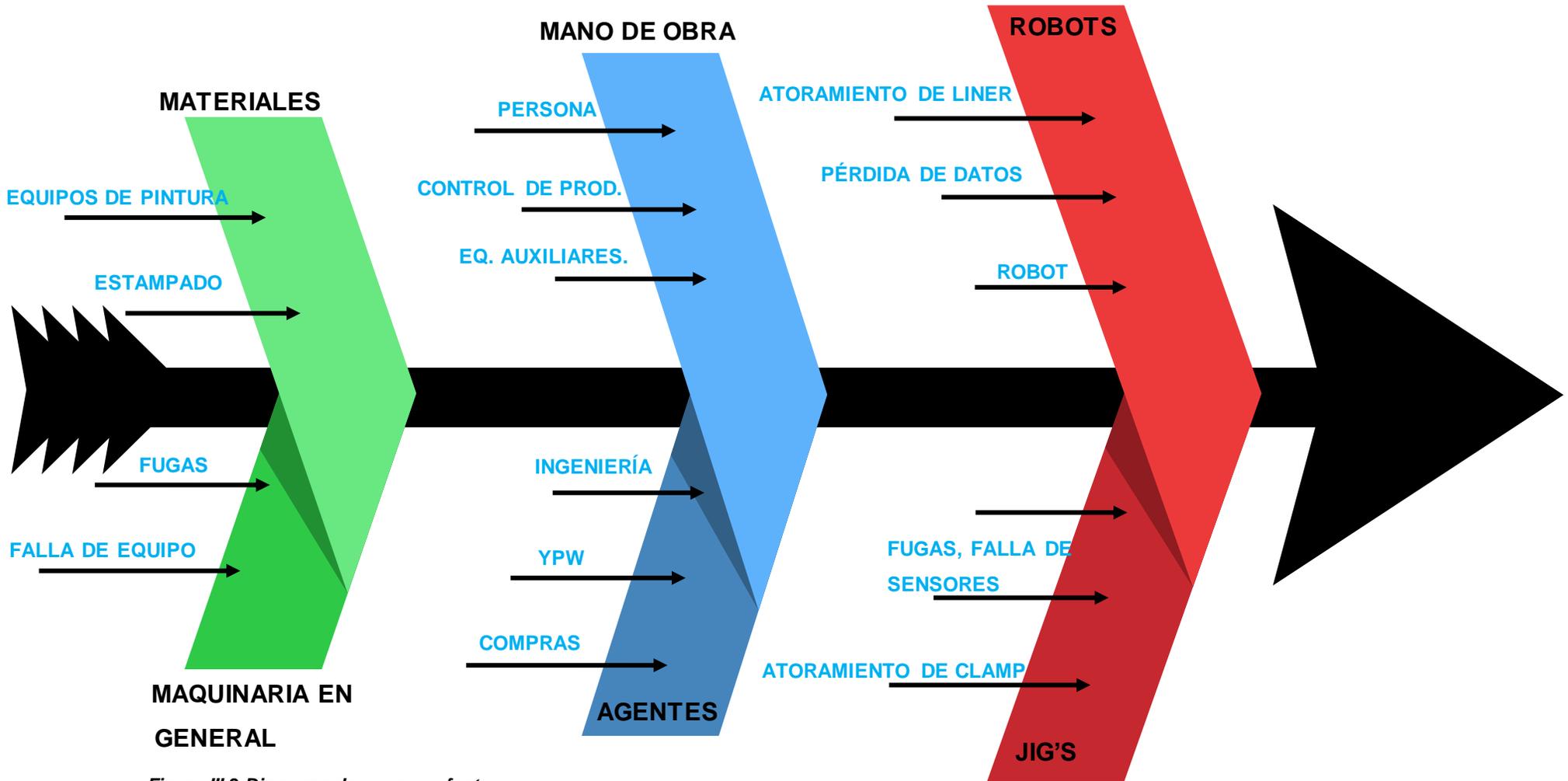


Figura III.3 Diagrama de causa y efecto

Fuente: Elaboración propia, 2021





iii. **Planilla de inspección.**

HOJA DE INSPECCIÓN.

NO. _____

NOMBRE DE LA LINEA: RR BEAM P02F/L02D

FECHA: A 16 DE SEPTIEMBRE DE 2021

LA

EMPRESA: YOROZU MEXICANA S.A DE C.V

ÁREA: P02F/L02D

DEPARTAMENTO: MANTENIMIENTO

UNIDADES: PIEZAS

ENSAMBLE

OBSERVACIONES:

EMPLEADO: ING. LUIS BRYANT DIAZ ANDRADE.

DESCRIPCIÓN: A continuación, se mostrarán la cantidad de estaciones dentro de la presente línea y cuáles de ellas pueden presentar alguna falla de las que se mostraron en el diagrama de Ishikawa.

Tabla III.3 PLANILLA DE VERIFICACIÓN.

Fuente: Elaboración propia, 2021

ESTACIÓN	MATERIALES	MAQUINARIA EN GENERAL	AGENTES	ROBOTS	JIGS
1	1	1	1	2	1
2		1	1	2	1
3		1	1		
4		1	1	2	1
5		1	1	2	1
6	1	1	1		
7		1	1	2	1
8		1	1	2	1
9		1	1	2	1
10		1	1		
11		1	1	2	1
12		1	1	2	1
13	1	1	1	2	1
14		1	1	2	1
TOTAL	3	14	14	22	11



iv. Gráfico de control.

Para continuar con las actividades, se puso en marcha un gráfico de control por meses de la producción en relación a los fallos que se tiene en dicha línea y así poder observar si se tienen anomalías.

Tabla III.4 % Fallos por mes

Fuente: Elaboración propia, 2021

MES	PRODUCCIÓN	FALLOS	% FALLOS	LCS	META
ENERO	9527.2	303.3	3.18%	4%	0%
FEBRERO	10575.2	320.2	3.03%	4%	0%
MARZO	12151.4	287.6	2.37%	4%	0%
ABRIL	8223.8	164.3	2.00%	4%	0%
MAYO	9202.5	217.0	2.36%	4%	0%
JUNIO	9473.4	262.0	2.77%	4%	0%
JULIO	9739.9	297.7	3.06%	4%	0%
AGOSTO	11732.7	310.0	2.64%	4%	0%
SEPTIEMBRE	8267.58	169.87	2.05%	4%	0%

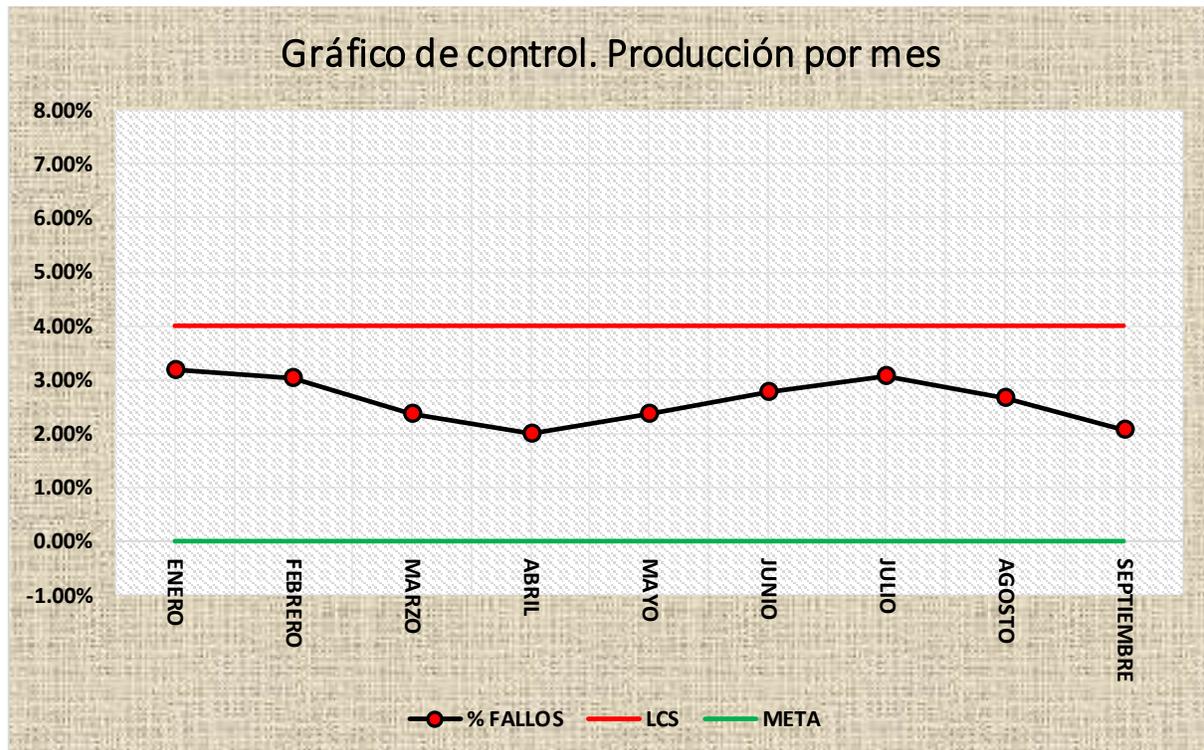


Figura III.4 Gráfico de control. Producción por mes

Fuente: Elaboración propia, 2021

v. Diagrama de dispersión.

El diagrama de dispersión se utilizó con el fin de mostrar gráficamente la producción mensual del periodo evaluado, así como también evaluar la tendencia de fallos y producción que se tendrán para octubre, noviembre y diciembre del presente año, lo mismo, nos servirá para dar hincapié al punto vi, en el que calcularemos el tamaño de la muestra necesaria que se debe tomar cada mes para saber si el proyecto tuvo éxito.

Tabla III.5 Producción y tendencia.

Fuente: Elaboración propia, 2021

	MES	TIPO	CANTIDAD	%	TOTAL
REAL	ENERO	PRODUCCION	431420	97.35%	443154
		PARO	11734	2.65%	
	FEBRERO	PRODUCCION	478876	97.06%	493374
		PARO	14498	2.94%	
	MARZO	PRODUCCION	550251	97.69%	563275
		PARO	13024	2.31%	
	ABRIL	PRODUCCION	372397	97.78%	380839
		PARO	8442	2.22%	
	MAYO	PRODUCCION	416719	97.47%	427546
		PARO	10827	2.53%	
	JUNIO	PRODUCCION	428986	97.31%	440848
		PARO	11862	2.69%	
	JULIO	PRODUCCION	441053	97.03%	454532
		PARO	13479	2.97%	
	AGOSTO	PRODUCCION	531294	97.43%	545333
		PARO	14039	2.57%	
TENDENCIA	SEPTIEMBRE	PRODUCCION	466581.8	97.34%	479352.68
		PARO	12770.88	2.66%	
	OCTUBRE	PRODUCCION	468850	97.32%	481739.2
		PARO	12889.2	2.68%	
	NOVIEMBRE	PRODUCCION	471118.2	97.31%	484125.72
		PARO	13007.52	2.69%	
	DICIEMBRE	PRODUCCION	473386.4	97.30%	486512.24
		PARO	13125.84	2.70%	

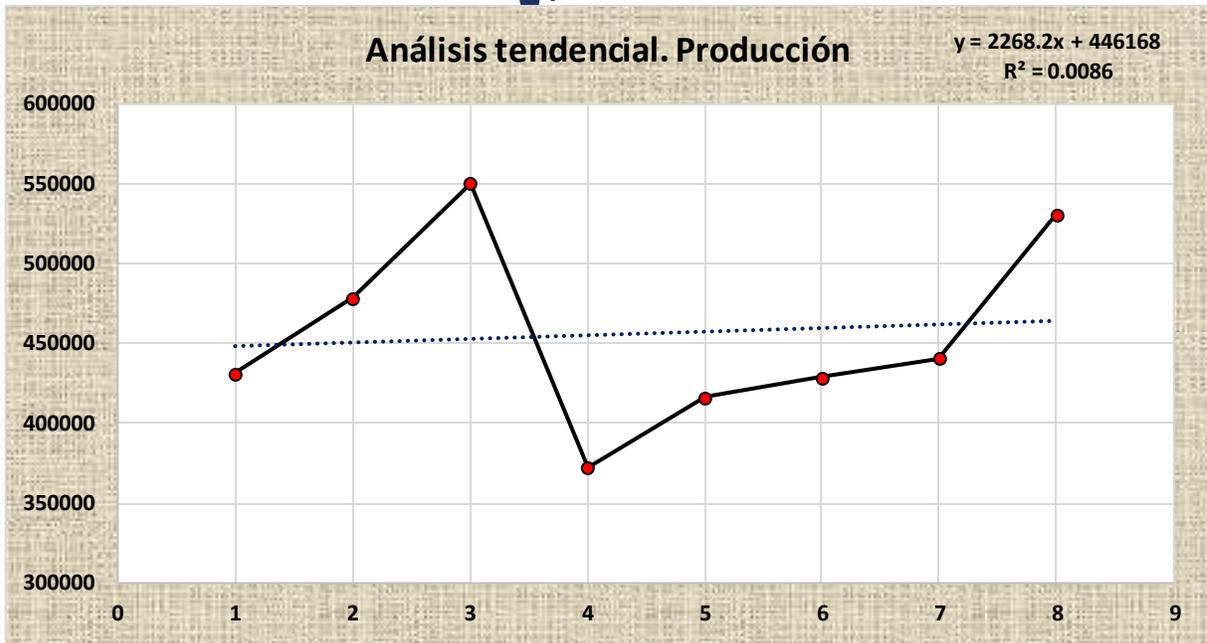


Figura III.5 Análisis tendencial. Producción

Fuente: Elaboración propia, 2021

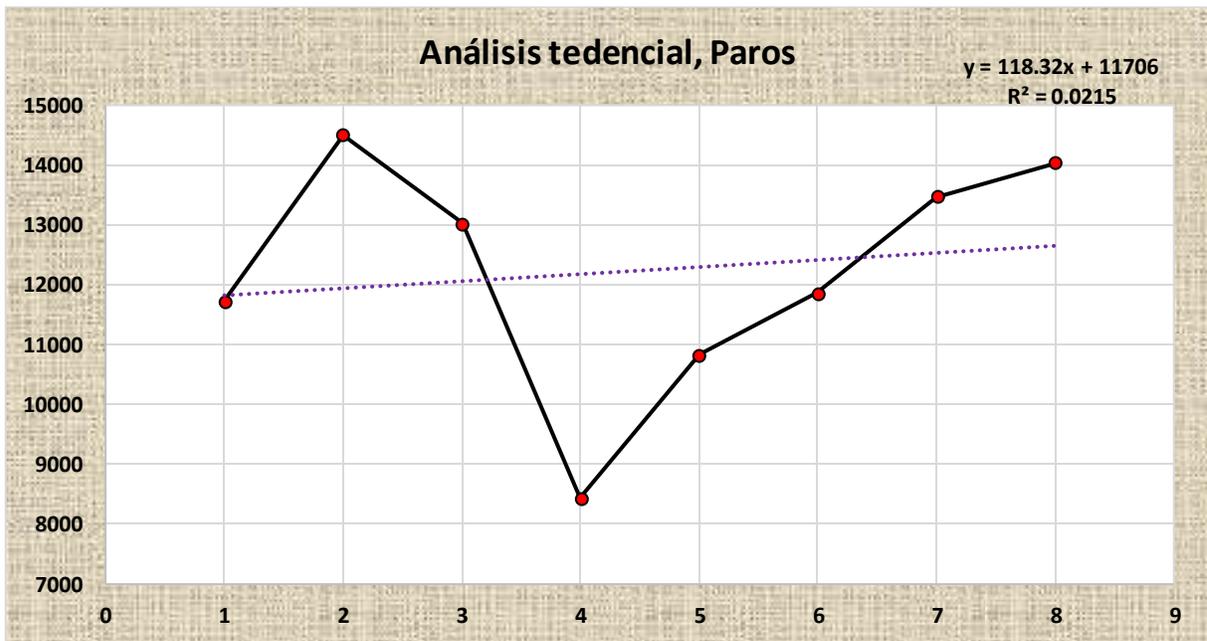


Figura III.6 Análisis tendencial. Paros

Fuente: Elaboración propia, 2021

vi. Muestreo estratificado.

Durante el periodo que se viene manejando (Ene-Sep. 2021), se generaron un gran número de fallas, por lo que se calculará la muestra requerida a inspeccionar después de este periodo con el fin de saber si se tuvo éxito en la aplicación del proyecto.

Considerando:

$$n = \frac{Z_{(1-\alpha/2)}^2 Npq}{(N-1)e_{\alpha}^2 + Z_{(1-\alpha/2)}^2 Npq}$$

Error máximo admisible = 6% = 0.06

NC = 95% = Z = 1.96

N = 116980

n = 112065

Tabla III.6 Tamaño de muestra a considerar.

Fuente: Elaboración propia, 2021

MES	PRODUCCIÓN REAL	TENDENCIA	MUESTRA
ENERO	9527.19	10219.35	9790
FEBRERO	10575.18	10133.7	9708
MARZO	12151.38	10048.05	9626
ABRIL	8223.77	9962.4	9544
MAYO	9202.54	9876.75	9462
JUNIO	9473.44	9791.1	9380
JULIO	9739.92	9705.45	9298
AGOSTO	11732.74	9619.8	9216
SEPTIEMBRE	8267.58	9534.15	9134
OCTUBRE		9448.5	9052
NOVIEMBRE		9362.85	8970
DICIEMBRE		9277.2	8887
TOTAL	88893.74	116979.3	112065

vii. Histograma, diagrama de Pareto.

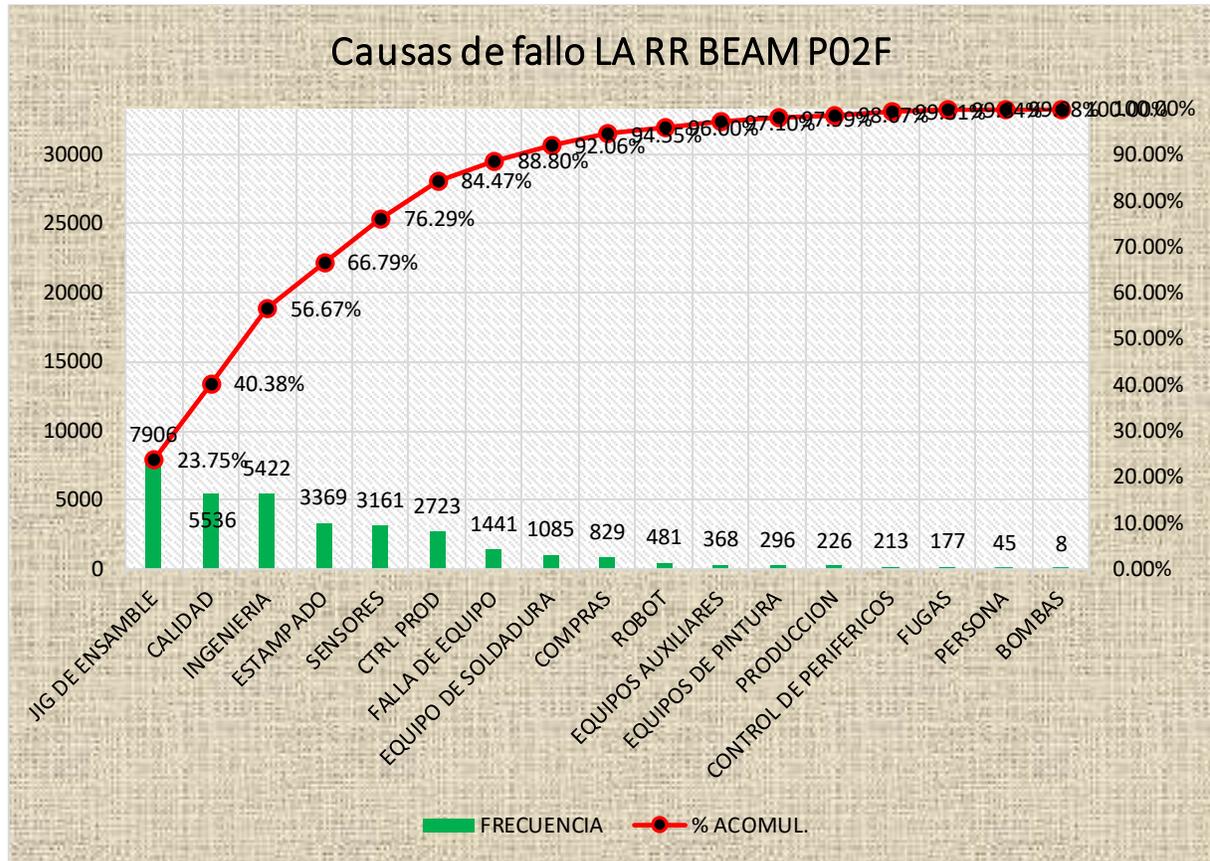
Para tener una visión más clara y precisa de las fallas a lo largo del tiempo especificado dentro de la línea que se está estudiando, se realizó un diagrama de Pareto específico, evaluando falla por falla, para clarificar claramente la causa raíz de todas las fallas presentadas, obteniendo así los siguientes resultados.

Tabla III.7 Fallas específicas.**Fuente: Elaboración propia, 2021**

LA	FRECUENCIA	%	ACOMULADO	% ACOMUL.
JIG DE ENSAMBLE	7906	23.75%	7906	23.75%
CALIDAD	5536	16.63%	13442	40.38%
INGENIERIA	5422	16.29%	18864	56.67%
ESTAMPADO	3369	10.12%	22233	66.79%
SENSORES	3161	9.50%	25394	76.29%
CTRL PROD	2723	8.18%	28117	84.47%
FALLA DE EQUIPO	1441	4.33%	29558	88.80%
EQUIPO DE SOLDADURA	1085	3.26%	30643	92.06%
COMPRAS	829	2.49%	31472	94.55%
ROBOT	481	1.45%	31953	96.00%
EQUIPOS AUXILIARES	368	1.11%	32321	97.10%
EQUIPOS DE PINTURA	296	0.89%	32617	97.99%
PRODUCCION	226	0.68%	32843	98.67%
CONTROL DE PERIFERICOS	213	0.64%	33056	99.31%
FUGAS	177	0.53%	33233	99.84%
PERSONA	45	0.14%	33278	99.98%
BOMBAS	8	0.02%	33286	100.00%
Total	33286	1		

Figura III.7 Diagrama de Pareto. Fallas específicas.

Fuente: Elaboración propia, 2021



III.1.3 Realización de un Análisis del modo y efecto de fallas.

Después de tener claro las fallas que más se presentan en la línea evaluada, se realizó un AMEF con el fin de evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos que afectan al proceso, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.



YOROZU		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (RR BEAM P02F/L02D)										
SISTEMA	RR BEAM P02F/L02D					NÚM. DE AMEF	1					
SUBSISTEMA	LÍNEA A	S	GRAVEDAD DEL FALLO			PÁGINA	1 DE 1					
COMPONENTES	JIGS, ROBOTS, PERSONAL.	O	PROBABILIDAD DE QUE OCURRA EL FALLO			PREPARADO POR	LUIS BRYANT DIAZ ANDRADE					
EQUIPO CENTRAL	RR BEAM P02F/L02D	D	PROB. DE QUE NO SE DETECTE EL ERROR			FECHA CLAVE	01/10/2021					
SITUACIÓN ACTUAL		DISEÑO ACTUAL				ACCIONES IMPLEMENTADAS						
ELEMENTO/FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFECTO	Nivel de severidad	Nivel de insidencia	Nivel de detección	Número de prioridad de riesgo	ACCIONES		RESULTADOS			
							Acciones implementadas	Nivel de severidad	Nivel de insidencia	Nivel de detección	Número de prioridad de riesgo	
RR BEAM P02F/L02D	ATORAMIENTO DE CLAMP	NO CLAMPA PIEZA, NO DETECTA MODELO, SE ATORAN NAVAJAS	10	5	1	50	LIMPIEZA Y REAPRIETE DE TORNILLERÍA	3	1	1	3	
	FALLA DEL SENSOR	EL SISTEMA NO RECONOCE, NI UBICA LA PIEZA	4	5	1	20	CAMBIO Y/O AJUSTE DE SENSOR	2	1	1	2	
	FUGAS	BLOW HOLE, NO CLAMPA PIEZA, HONGURAS, FALTA DE PRESIÓN	6	2	1	12	REEMPLAZAR MANGUERA NEUMÁTICA	2	1	1	2	
	FALLA DE EQUIPO	LA MEMORIA LÓGICA, PLC, NO PROCEDE CON LA OPERACIÓN.	7	2	2	28	COMPROBAR QUE EL DISPOSITIVO SE ENCUENTRA BIEN CONECTADO Y LIBRE DE POLVO Y AGUA	1	1	0	0	
	CHOQUE DE ROBOT	CHOQUE DE ROBOT	1	1	1	1	REALIZAR TEACHING Y REUBICACIÓN OPERACIONAL DEL ROBOT	2	1	0	0	
	EQUIPO DE SOLDADURA	VARIACIÓN DE A/W, NO SE PROCEDE A SOLDAR, MÁQUINA ALARMADA.	7	1	1	7	LIMPIAR UNIDAD ETHERNET Y COMPROBAR QUE TODOS LOS COMPONENTES SE ENCUENTREN LIMPIOS Y LIBRES DE PLVO Y AGUA	2	1	1	2	
	GUÍA DE TORCH DAÑADA	ATORAMIENTO DE ALAMBRE	2	1	1	2	CAMBIO DE LINER PERIODICAMENTE	1	1	0	0	
	MALA CALIDAD	PIEZAS MAL ELABORADAS, NO CLAMPAN, HONGURAS, FALLO EN LA DETECCIÓN.	3	9	1	27	COMPROBAR QUE EL PROVEEDOR INTERNO CON EL DPTO DE CALIDAD QUE LA PIEZA CUMPLA CON LOS REQUISITOS.	1	1	0	0	
	ENERGÍA ELÉCTRICA	FALTA DE ENERGÍA, APAGADO DE ESTACIONES, ROBOTS ALARMADOS Y POSIBLE PÉRIDA DE DATOS	9	1	1	9	COMPROBAR LA CONEXIÓN PERIODICA DE TODAS LAS ESTACIONES ASÍ COMO DE LOS MANDOS	1	1	0	0	
	CILINDROS	NO GIRA MESA DE TRABAJO, NO RETORNAN CLAMPS	2	1	1	2	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE CILINDROS EN EL MODO MANUAL PERIODICAMENTE	2	1	1	2	
	PERNOS	NO RETORNA PERNO, MALA CALIDAD	2	1	1	2	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE PERNOS PERIODICAMENTE	2	1	1	2	

Tabla III.8 AMEF.

Fuente: Elaboración propia, 2021





III.1.4 Exposición de los resultados obtenidos.

Con el fin de poder dar continuidad al proyecto, se expusieron los resultados obtenidos a los directivos del departamento de Mantenimiento-Ensamble, a modo de presentación ejecutiva., dando a mostrar el análisis estadístico obtenido para que, con ayuda del análisis y del departamento en general, generar un plan de mantenimiento preventivo basado en la filosofía TPM, con el objetivo de eliminar las pérdidas de producción debido al estado de los equipos, es decir, que los equipos siempre estén en disposición para producir su máxima capacidad con la calidad esperada sin ninguna interrupción.

III.1.5 Generación del plan de mantenimiento preventivo basado en la filosofía TPM.

Como lo pudimos observar en la sección del marco teórico, desde la filosofía del TPM se considera que una máquina parada para efectuar un cambio, una máquina averiada, una máquina que no trabaja al 100% de su capacidad o que fabrica productos defectuosos está en una situación intolerable que produce pérdidas a la empresa. La máquina debe considerarse improductiva en todos esos casos, y deben tomarse las acciones correspondientes tendientes a evitarlos en el futuro., en relación a lo anterior, podemos afirmar que no solamente el mantenimiento debe ser por parte del equipo de mantenimiento preventivo, sino que periódicamente se tiene que dar seguimiento por parte del operador de la máquina.

Dicho esto, se puede afirmar que fue necesario estructurar específicamente el mantenimiento que se definirá en la línea.

Cabe mencionar que la presente actividad se llevó a cabo en relación al libro de Suzuki, T. (2017)., denominado: TPM en industrias de proceso. Routledge., en el cual se explican las fases y pasos a realizar para lograr tener un buen Mantenimiento Productivo Total. Se seguirán las 4 fases que se mencionaron en el marco teórico: Preparación, introducción, implantación y consolidación. Lo anterior con sus respectivos pasos a realizar.



iii.1.5.1 Fase I. Preparación.

i. Anuncio de la alta dirección sobre la implementación del TPM.

El primer paso en el desarrollo TPM constó de hacer un anuncio de la decisión de implantar el TPM. Por parte de la alta dirección las responsabilidades que se recayeron sobre dicha organización, fueron:

- Informar a los líderes de dicha línea de su decisión
- Infundir entusiasmo por el proyecto
- Presentación formal que introdujo el concepto, metas, y beneficios esperados del TPM
- Tener un fuerte compromiso con el TPM.

ii. Lanzamiento de campaña educativa.

Se llevó a cabo la promoción y entrenamiento a los líderes de la línea que se está mejorando, se promocionó a lo largo de toda la planta, para que llegara la propuesta a todas las plataformas y líneas que están en la planta para que en un futuro pueda ser implementada en toda la planta, se explicó y se elevó la moral de trabajadores en general para lograr el objetivo del TPM. Si bien las presentes actividades no fueron desarrolladas planamente por el departamento, se tuvo certeza y planificación de las mismas.

iii. Creación de una organización para promover el TPM

Una vez que se ha completado la educación introductoria al nivel de personal de la gerencia del departamento.

Se tomó la decisión de crear un grupo organizacional para promocionar y llevar a cabo el proyecto. Se conforma principalmente de personal del área de mantenimiento preventivo pues las actividades más independientes de la gerencia ya tuvieron éxito. Se organizaron por rangos y actividades independientes a realizar, quedando nuestro comité integrado de la siguiente manera:



Figura III.9 Organigrama de proyecto.

Fuente: Yorozu, 2021

iv. Establecimiento de políticas y metas para el TPM

Se empezó estableciendo políticas y metas básicas, desde términos básicos (corto plazo), hasta los más esperados (mediano y largo plazo). Dichas políticas y metas quedaron marcadas en los siguientes 6 acuerdos.

- i. Maximizar la eficacia del equipo, reduciendo el paro de la línea en un 1% del porcentaje que se proyectará para el mes de octubre, noviembre y diciembre de 2021.
- ii. Ayudar a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa.
- iii. Contribuir a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta
- iv. Reducción de costos operativos y conservación del "conocimiento" industrial.
- v. Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan e intervienen la línea.
- vi. Involucrar activamente a todos los empleados, desde la alta dirección, hasta el nivel operacional.

v. Formulación de un plan maestro para el desarrollo del TPM

Tabla III.9 Plan Maestro del TPM.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

2021					2022	2023	2024
AGO STO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE			
PREPARAR	INTRODUCIR	IMPLANTAR	COMPLETAR	ESTABILIZAR	MEJORAR MANTENIMIENTO	MEJORAR MANTENIMIENTO	APLICAR EN PROYECTOS NUEVOS
MANTENIMIENTO PLANIFICADO	<p>i. Mejorar la mantenibilidad del equipo y de los sistemas de mantenimiento preventivo.</p> <p>ii. Lograr tener un sistema completo de mantenimiento preventivo.</p> <p>iii. Encontrar una forma de dar un mejor mantenimiento planificado modificando la frecuencia y metodología del mismo.</p>						<p>Reforzar la efectividad del equipo, obtener un entorno de trabajo favorable, poder aplicar el proyecto en nuevas plataformas, protagonizar al depto. De mantenimiento en la</p>
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	<p>i. Promover el mantenimiento autónomo a los operadores de la línea, mostrando cómo realizar un adecuado mantenimiento correctivo y/o preventivo rápido y eficaz.</p> <pre> graph TD A[Implementar el mantenimiento] --> B[Limpieza general del equipo] B --> C[Resolver problemas] C --> D[Inspección general del equipo] D --> E[Estandarizar limpieza y lubricación] E --> F[Organización de la línea y las estaciones] F --> A A <--> F B <--> C D <--> E </pre>						

<p>CALIDAD</p>	<p>Trabajar de la mano del departamento de calidad para lograr asegurar la calidad en el arranque de fabricación y recepción de las piezas.</p>
<p>EFFECTIVIDAD DE EQUIPO</p>	<p>Con el fin de evitar averías que tengan que tener intervenciones correctivas:</p> <pre> graph TD A[REALIZAR MTTO. PREVENTIVO] --> B[REALIZAR AJUSTES DENTRO DE MTTO. PREVENTIVO] B --> C[REDUCIR ROTURAS DE PIEZAS] C --> D[CREACIÓN DE FUNDAMENTOS PARA MTTO. AUTONOMO] D --> A </pre>
<p>DESTREZAS OPERACIONALES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Capacitar al personal operativo para realizar un mantenimiento adecuado para sus máquinas. ○ Buscar la moral hacia el Mto. Correctivo para la atención de otras fallas más complejas ○ Perfeccionar las habilidades del Mto. Preventivo ○ Creación de una secuencia operacional adecuada para el Mto. de la línea



iii.1.5.1 Fase 2. Implantación.

vi. El “Disparo de Salida” del TPM

En este punto, se hizo conscientes a cada uno de los participantes que intervienen directamente con la línea que se está evaluando, recalcando que dichos participantes juegan un rol crucial para el desarrollo exitoso del proyecto, fueron avisados sobre las actividades que se llevarían a cabo, se les dio a conocer la política básica que se mencionó en el paso iv del TPM, al igual que la información necesaria respectiva sobre el plan maestro del TPM.

vii. Mejorar la efectividad del equipo

El departamento de ingeniería y mantenimiento, los líderes de línea, y los miembros de pequeños grupos se organizaron en equipos de proyecto para generar mejoras para eliminar las pérdidas. Dichas mejoras produjeron resultados positivos dentro de la compañía, dicha actividad se relaciona con el punto ix., punto en el cual se mejoró la disponibilidad del equipo y consecuente a eso, mejorar su efectividad. (véase punto ix).

viii. Establecer un programa de mantenimiento autónomo para los operarios

Para las actividades operacionales, para los operadores, se establecieron ciertos pasos que se implantan junto al punto ix., todo se realizó en relación a los resultados obtenidos en la generación del plan de mantenimiento preventivo, esto en relación a las fallas que se encontraban más vulnerables en el análisis estadístico mencionado en el presente documento, teniendo en cuenta tanto la causa de la falla, el tiempo de paro, el departamento involucrado, la constancia y frecuencia de la falla, etc.

El presente programa de mantenimiento autónomo se sienta en las bases del programa de mantenimiento preventivo mencionado en el punto siguiente, el programa de mantenimiento autónomo, se menciona en el punto ix., en relación a la secuencia que se mencionó en el marco teórico.



ix. Establecer un programa de mantenimiento para el departamento de mantenimiento.

Hasta este punto, quizá el paso más importante y fuerte de todo el TPM que se está evaluando, como se ha mencionado anteriormente, se evaluaron las diversas razones por las que la línea está fallando, en relación al análisis estadístico realizado en la actividad II.2 del presente documento, se concluye con que la falla más constante de la línea RR BEAM P02F LA, es “JIG DE ENSAMBLE”, después de una ardua investigación visual, se concluye con que toda falla del JIG DE ENSAMBLE se relaciona directamente con la limpieza de la estación.

La manera tradicional de desarrollar dicho mantenimiento se sustenta sobre una hoja de actividades que se denomina sobre las nomenclaturas 611U03.416 y 611U03.403, dichas actividades se realizan 2 veces a la semana., sin embargo, se encuentra que su manera de llevarlas a cabo no es la óptima.

Las hojas de actividades mencionadas anteriormente, en general tienen una serie de pasos a seguir, en general tratan de limpiar los JIGS, reapriete de tornillería y marcaje de la misma, específicamente, la limpieza de los JIGS se llevan a cabo con un “cincel” en mano y un martillo, se golpean los JIGS y la mesa de estación, hasta lograr retirar la escoria de la estación, y al final se le coloca desengrasante, y se pasa aire comprimido por la misma, de esta manera, la estación queda adecuadamente limpia y lista para el siguiente turno.

Se encontró una oportunidad de mejora en este aspecto, después de la investigación sobre la limpieza de estaciones, mecánicas y eléctricas, en dicha investigación se encontró que el hielo seco ayuda favorablemente a esa actividad de limpieza, en resumen de la investigación mencionada anteriormente en el marco teórico, el hielo seco funciona como una maquina de agua pulverizada para la limpieza de los carros, exceptuando la **humedad**, y he ahí la clave, al ser hielo seco, se trabaja junto con aire comprimido, al impulsar el mismo sobre la estación, logra retirar toda la escoria presente en los JIGS, esto sin tener el mínimo rastro de humedad, pues el hielo seco se disipa de manera que una vez que toca la estación,



pasa a su estado de condensación, sin afectar a los JIGS ni equipos/componentes electrónicos presentes en la estación.

Así pues, debido al costo operacional de dicha actividad, se programaron las actividades de forma quincenal, en el día de inventario (una vez al mes), dicho día, los operadores y líderes se reúnen solamente para tener un control sobre las cantidades de material que se tiene disponible, no existen actividades operacionales, el otro día del mes, tiene que ver con un domingo, dicho día la planta siempre está “shut down”, dando oportunidad para llevar a cabo todas las actividades de mantenimiento preventivo.

El desarrollo de las actividades de la implementación de dicho mantenimiento quedó de la siguiente manera:

Tabla III.10 Programa de mantenimiento preventivo.

Fuente: Yorozu, 2021

PROGRAMA MENSUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ESPECIAL		YOROZU												APROBÓ	REVISÓ	ELABORÓ							
ENSAMBLE MP ESPECIAL														MISAIEL MARTINEZ	ENRIQUE ROBERTO	ALEJANDRO DE LIRA							
TIPO DE EQUIPOS: JIGS (LIMPIEZA CON HIELO SECO)																							
LINEA: PLANTA ENSAMBLE																							
ID	DESCRIPCION	PROGRAMADO	AÑO: 2021												OBSERVACIONES								
			AGO				SEP				OCT					NOV				DIC			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
P02FA02D																							
1	BEAM P02F LINEA A ST 3LH, 3RH Y 4	PROGRAMADO	30				30				30				30				30				LIMPIEZA DE BASES DE ASENTAMIENTO Y SLIDES DE REFUERZOS
		REAL	30				30				30				30				30				
2	BEAM P02F LINEA A ST 6, 7 Y 8	PROGRAMADO	20				20				20				20				20				LIMPIEZA EN ZONAS DE PERNOS DE ASENTAMIENTO Y CLAMS DE BRACKETS
		REAL	20				20				20				20				20				
3	BEAM P02F LINEA A ST 9, 10 Y 11	PROGRAMADO	40				40				40				40				40				LIMPIEZA DE PERNOS, BASES DE SPDL Y CLAMPS DE BRKT
		REAL	40				40				40				40				40				

x. Conducir entrenamiento para mejorar capacidades de operación y mantenimiento.

La mejora de las capacidades de operación y mantenimiento tuvo que ver con la concientización de los operadores de las máquinas para operarlas, tocando temas del buen manejo de los equipos para alargar la vida útil de los componentes, mostrándoles cómo retirar la escoria acumulada por la máquina de manera eficaz, así mismo, se entrenó al personal de mantenimiento preventivo para llevar a cabo la limpieza del equipo con el hielo seco.

xi. Desarrollo temprano de un programa de gestión de equipos

Como ya se había mencionado en el paso ix., se implementó un programa de mantenimiento preventivo a partir de los primeros resultados (véase figura III.10),





concluyendo así que el mantenimiento con hielo seco debía de ser en un formato o esquema mensual y siguiendo los siguientes pasos:

- i. Retirar escoria de guías y bujes
- ii. Retirar escoria de mangueras, conectores y partes neumáticas con hielo seco
- iii. Retirar escoria de partes mecánicas en general. (bases, pernos, clamps, placas, cubre chispas) con hielo seco.
- iv. Retirar escoria de sensores y cableados colocando protección anti chispa (silicona)
- v. Retirar escoria de limpiador de boquilla
- vi. Limpiar partes mecánicas con desengrasante

xii. Implantación plena del TPM y contemplar metas más elevadas

Con el fin de perfeccionar el TPM implementado, se dará seguimiento en los siguientes meses para poder comprobar su costo-beneficio adquirido para la empresa, no solo en la línea evaluada, si no en los proyectos y líneas nuevas que estará recibiendo la empresa, comprobando su factibilidad de implementación para que en algún punto de su implementación se logren las 0 fallas que tanto se esperan por parte de los directivos de la empresa.

iii.1.5.1 Fase 3. Consolidación.

III.1.6 Redacción y exposición de resultados finales.

Una vez realizadas las actividades anteriores, se expusieron los resultados finales de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, mostrando el antes y el después del mismo, tanto estadísticamente, afirmando que el Down time redujo en lo esperado tanto en los resultados físicos o palpables de la línea.



IV. Resultados.

IV.1 Causa raíz.

En relación a los análisis anteriormente mencionados en el capítulo III., se concluyó en que la causa raíz de una gran cantidad de nuestras fallas tienen que ver con la limpieza y el mantenimiento general del equipo, partiendo de ahí para seguir con el paso número i. de la implementación del TPM.

IV.2 Resultados estadísticos.

En relación al análisis tendencial realizado dentro de las 7 herramientas de la calidad, más específicamente en la parte del diagrama de dispersión, se llevó a cabo la comparativa con el análisis tendencial de paros del equipo en relación a lo obtenido realmente en el equipo. Lo anterior, quedó enmarcado en 4 tablas básicas;

i. Tabla tendencial septiembre-diciembre

En ella se destaca la tendencia que el equipo tendrá tanto de producción, como de paros, cabe mencionar que la producción no se puede reflejar como un parámetro en específico, por el contrario, se presentan en relación a los requerimientos del cliente, dicho análisis/tabla, considera más que nada los porcentajes de paros del equipo o su disponibilidad (definida como “producción”, o, “100%-%” de paro).

Tabla IV.1 Tendencia.

Fuente: Elaboración propia, 2021

TENDENCIA							
SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
PRODUCCIO N	PARO	PRODUCCIO N	PARO	PRODUCCIO N	PARO	PRODUCCIO N	PARO
466581.8	12770.88	468850	12889.2	471118.2	13007.52	473386.4	13125.84
97.34%	2.66%	97.32%	2.68%	97.31%	2.69%	97.30%	2.70%
479352.68		481739.2		484125.72		486512.24	





ii. Antes de la aplicación.

En la presente tabla, se mencionan los resultados de la disponibilidad del equipo en la primera y segunda semana del mes (antes de la aplicación del hielo seco).

Tabla IV.2 Antes de la aplicación

Fuente: *Elaboración propia, 2021*

ANTES DE LA APLICACIÓN							
SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
PRODUCCION	PARO	PRODUCCION	PARO	PRODUCCION	PARO	PRODUCCION	PARO
155583	3839	304623	8389	399367	10012	PARO GENERAL	
97.59%	2.41%	97.32%	2.68%	97.55%	2.45%		
159422		313012		409379			

iii. Después de la aplicación

En la presente tabla, se mencionan los resultados de la disponibilidad del equipo en la tercer y cuarta semana del mes (después de la aplicación del hielo seco).

Tabla IV.3 Después de la aplicación

Fuente: *Elaboración propia, 2021*

DESPUÉS DE LA APLICACIÓN							
SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
PRODUCCION	PARO	PRODUCCION	PARO	PRODUCCION	PARO	PRODUCCION	PARO
192056	3347	258916	4917	199017	3873	PARO GENERAL	
98.29%	1.71%	98.14%	1.86%	98.09%	1.91%		
195403		263833		202890			

Aquí se logra apreciar claramente que cada mes se aumentó la disponibilidad del equipo dentro de la segunda quincena, en comparativa con la primera del mismo. En septiembre aumentó la disponibilidad del equipo en un 0.7%, por su parte, en octubre se logró aumentar en un 0.82%, al final, en noviembre aumentó un 0.54%.

iii. Valores reales.



Así pues, en relación a las 2 semanas, se hizo la comparativa con la tendencia que se tenía anteriormente, quedando de la siguiente manera:

Tabla IV.4 Valores reales

Fuente: Elaboración propia, 2021

REAL							
SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
PRODUCCION	PARO	PRODUCCION	PARO	PRODUCCION	PARO	PRODUCCION	PARO
347639	7186	563539	13306	598384	13885	PARO GENERAL	
97.97%	2.03%	97.69%	2.31%	97.73%	2.27%		
354825		576845		612269			

Teniendo en cuenta la tabla III.10, se puede apreciar que la disponibilidad real del equipo, en relación a la tendencia esperada es la siguiente; En septiembre se aumentó la disponibilidad del equipo en un 0.64%, por su parte, en octubre se logró conseguir un 0.37% más, al último, en noviembre se logró recabar un 0.42% más de lo esperado.



Figura IV.1 Disponibilidad del equipo por aplicación.

Fuente: Elaboración propia, 2021

V. Conclusiones.

V.1 Conclusiones del proyecto.

“Un minuto invertido en planificar las actividades, ahorra hasta diez en la ejecución de las mismas”.

Brian Tracy.

La implementación de la filosofía TPM fue muy benéfica para la empresa, viéndolo desde el punto actual, se logró implementar un mantenimiento (limpieza criogénica), que ayudó a incrementar la vida útil de los componentes de los robots y equipos, al igual que un mejor cuidado de los componentes mecánicos. Dentro de la empresa, se impartieron un sinnúmero de capacitaciones para el aprendizaje sobre las herramientas y habilidades que se necesitaron para la manipulación de los equipos, robots y mesas de trabajo en la empresa., lo anterior con ayuda de manuales y prácticas situales, se me equipó con todo el equipo necesario para realizar mis prácticas; Pantalón, camisa, casco, chamarra, botas de seguridad, cachucha, etc.

Cabe mencionar, también que, se logró también ayudar en las acciones cotidianas de los operadores, dictando cuales son las actividades que hay que seguir para tener una verdadera autonomía del equipo, también se fortaleció el trabajo en equipo, se incrementó la moral de los operadores en el cuidado de los componentes de la máquina, además de tener una mejor visión sobre el trabajo a realizar, dando un sentimiento de trabajar realmente grato. Por su parte, viendo el punto a largo plazo, se logró tener una actividad de hincapié para la implementación del mismo para nuevos proyectos que entrarán a la planta, teniendo como punto fuerte una actividad de mantenimiento preventivo que ayude a mantener una excelencia laboral en los mismos.

La parte esencial de esta filosofía es que incorpora a todos los miembros de la empresa teniendo en cuenta que tanto los operadores, como los altos mandos son responsables del éxito de la excelencia laboral. Se tuvieron gratas convivencias



Figura V.1 Brian Tracy

Fuente: Barbara vd Berg, 2015



a lo largo de estos 6 meses en la empresa, se tuvieron éxitos, pero también tropiezos, altas y bajas, que con ayuda de mis supervisores se lograron perfeccionar o recuperar, según fuese el caso.

Siendo un plan piloto, es necesario incrementar el interés de todos los que participan en la empresa, teniendo apoyo, motivación y conocimientos necesarios, el programa será exitoso en próximos proyectos de la empresa. Por lo tanto, se puede considerar que el proyecto tuvo un éxito del 90% puesto que se logró reducir el tiempo de paro en un promedio de 0.55%, y comprobar que con su implementación logrará reducir aún más a medida que se siga implementando (con tendencia a la mejora),

He llegado a la conclusión de que esta carrera es muy noble, tiene muchísima participación dentro de la empresa y ayuda bastante a lograr su éxito laboral, cabe mencionar, también, que el trabajo en equipo siempre será hincapié para el éxito de los objetivos que se propongan en determinada situación, en general me encuentro muy agradecido por realizar este gran proyecto y ser parte de la empresa Yorozu Mexicana S.A de C.V.





VI. Competencias Desarrolladas.

VI.1 Competencias desarrolladas y/o aplicadas.

- I.** Diseñé, implementé, administré y mejoré sistemas de mantenimiento considerando las normas nacionales e internacionales de calidad y medioambiente.
- II.** Conocí la estructura y funcionamiento básico para operar la maquinaria de soldadura, así como las herramientas, equipos e instrumentos de medición y control para el mantenimiento de los equipos.
- III.** Integré, dirigí y mantuve un equipo de trabajo inter y multidisciplinarios.
- IV.** Seleccioné y puse en marcha maquinaria y equipo.
- V.** Integré sistemas de higiene, seguridad industrial y protección al medio ambiente con conciencia e identidad social.
- VI.** Formulé, evalué y administré un proyecto de inversión.
- VII.** Desarrollé actitudes emprendedoras, creativas, de superación personal y de liderazgo en su entorno social.
- VIII.** Actué con sentido ético en su entorno laboral y social.
- IX.** Utilicé las tecnologías y sistemas de información de manera eficiente.
- X.** Utilicé técnicas y métodos cualitativos y cuantitativos para la toma de decisiones.





VII. Fuentes de información.

VII.1 Fuentes de información.

Arteaga, A. A. (2020, 30 noviembre). Los 8 Pilares del TPM. LeanConstructionMexi.

<https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/los-8-pilares-del-tpm>

Arteaga, A. A. (2020, 30 noviembre). Los 8 Pilares del TPM. LeanConstructionMexi. Recuperado 26 de septiembre de 2021, de

<https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/los-8-pilares-del-tpm>

Batanero, C., & Godino, J. (2001). Análisis de datos y su didáctica. Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada.

Botero, C. (1991). Manual de Mantenimiento: Cap. 5. Mantenimiento preventivo.

BSG Institute. (2019, 12 diciembre). Los 8 Pilares del TPM.

<https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/los-8-pilares-del-tpm-1134>

BSG Institute. (2020). Los 8 Pilares del TPM. Recuperado 26 de octubre de 2021, de <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/los-8-pilares-del-tpm-1134>.

Cabrera, P. (2019, 2 septiembre). «TPM» Pasos para la implantación #IngenieríasUninter - ESCAT. Escuela de Ciencias, Artes y Tecnología.

Recuperado 30 de septiembre de 2021, de <https://blogs.uninter.edu.mx/ESCAT/index.php/tpm-pasos-para-la-implantacion-ingenieriasuninter>.

Castañeda, M. B. (2010). Procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS: Un libro práctico para investigadores y administradores educativos. Edipucrs.

Crozet, A. L. (2014, 24 junio). Big data: De la gestión de datos no estructurados a la especialización del análisis. ComputerWeekly.es.

<https://www.computerweekly.com/es/opinion/Big-data-De-la-gestion-de-datos-no-estructurados-a-la-especializacion-del-analisis>

Diagrama Causa - Efecto + Cartas de Control + Plantillas de inspección. (2021, 16 enero). YouTube. Recuperado 25 de octubre de 2021, de



https://www.youtube.com/watch?v=RRJpuKJUJPA&ab_channel=AmazonHistory

- E. (2018, 17 julio). Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, ¿cuál es mejor? Einatec. <https://einatec.com/mantenimiento-correctivo-preventivo-y-predictivo/>
- ESAN Graduate School of Business. (2019). ¿Cuáles son los pilares del Mantenimiento Productivo Total? Logística | Apuntes empresariales | ESAN. Recuperado 26 de octubre de 2021, de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2020/06/cuales-son-los-pilares-del-mantenimiento-productivo-total/>
- Fernandez Mozo, J. M. (2019). Análisis del modo y efecto de fallas (AMEF).
- Fernández Negueruela, M., & Rumi, F. (2014). Implementación de la filosofía TPM (Total Productive Maintenance) en una empresa local (Doctoral dissertation, Universidad Argentina de la Empresa).
- Gancedo, A. E. (2007). Implantación de la Filosofía TPM en una Planta de Producción y Envasado. Proyecto de Fin de Carrera). Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España.
- González Fernández, F. J. (2005). TEORÍA Y PRÁCTICA DEL MANTENIMIENTO.
- Histograma. (2019, 9 febrero). HISTOGRAMA. Recuperado 25 de septiembre de 2021, de <https://datavizcatalogue.com/ES/metodos/histograma.html>
- Huertas Camacho, J. J. (2014). Incremento de la producción de grageas de chocolate utilizando herramientas de mejora continua del pilar mejora enfocada de TPM en una empresa de alimentos.
- Kryogen S.A.S. (s. f.). ¿Qué es la limpieza criogénica? Rep. Industrial. Recuperado 13 de octubre de 2021, de <https://www.reporteroindustrial.com/temas/Que-es-la-limpieza-criogenica+116030>
- Kume, H. (1992). Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad. Editorial Norma.
- L. (2021, 19 agosto). Los graficos de control de Shewhart: principios basicos.



- LeanSherpa. Recuperado 25 de septiembre de 2021, de <https://leansherpa.es/los-graficos-control-shewhart-principios-basicos/>
- López Arias, E. A. (2009). El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación.
- Los Pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM) - BIMAN. (2021, 21 enero). YouTube. Recuperado 25 de septiembre de 2021, de https://www.youtube.com/watch?v=A-sSk8ddXsU&ab_channel=BIMAN.
- Minitab, LCC. (2019, 9 marzo). Elementos básicos de un diagrama de Pareto - Minitab. (C) Minitab, LLC. All rights Reserved. 2019. Recuperado 25 de septiembre de 2021, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/supporting-topics/pareto-chart-basics/>
- Minitab, LLC. (2019). Elementos básicos de un diagrama de Pareto - Minitab. (C) Minitab, LLC. All rights Reserved. 2019. Recuperado 26 de octubre de 2021, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/supporting-topics/pareto-chart-basics/>.
- Nicolson, M. (2020, 1 mayo). Preventive Maintenance vs. Predictive Maintenance: What's the Difference? MPulse Software. Recuperado 11 de septiembre de 2021, de <https://mpulsesoftware.com/blog/cmms/preventive-maintenance-vs-predictive-maintenance-whats-the-difference/>
- Ortega, C. (2021, 5 agosto). ¿Cómo hacer un muestreo estratificado? QuestionPro. Recuperado 25 de septiembre de 2021, de <https://www.questionpro.com/blog/es/como-hacer-un-muestreo-estratificado/>
- Rojas, A. R. F. (2009). Herramientas de calidad. Universidad Pontificia Comillas, Madrid.
- Romero, P. (2021, 7 septiembre). 7 herramientas estadísticas para el control de calidad. Geinfor ERP. <https://geinfor.com/business/7-herramientas-estadisticas-para-el-control-de-calidad/>
- Rouse, M. (2018, 27 diciembre). Inteligencia de negocios (BI).



ComputerWeekly.es.

<https://www.computerweekly.com/es/definicion/Inteligencia-de-negocios-BI>

SORABH, Gupta. TPM Concept and Implementation Approach. Hayana Engineering College, India. [ref. Julio de 2013]. Disponible en la web: <http://www.maintenanceworld.com/wp-content/uploads/2013/07/TPM-Concept.pdf>

SPC Consulting Group. (2015, 17 julio). Diagrama de Dispersión | SPC Consulting Group. Recuperado 25 de septiembre de 2021, de <https://spcgroup.com.mx/diagrama-de-dispersion/>

Suzuki, T. (2017). TPM en industrias de proceso. Routledge.

Webinar | Implementación práctica del TPM. (2021, 14 enero). YouTube. Recuperado 25 de agosto de 2021, de https://www.youtube.com/watch?v=15fUS6E9aGg&ab_channel=EdvanceBusinessSchool.

Wegener, R. (2013, 11 septiembre). Big Data: The Organizational Challenge. Bain. https://www.bain.com/insights/big_data_the_organizational_challenge

WIPOTEC-OCS. (2021). Conservación mediante mantenimiento predictivo. | WIPOTEC-OCS. Recuperado 30 de septiembre de 2021, de <https://www.wipotec-ocs.com/es/capturadoras-de-peso-dinamicas-cep/mantenimiento-predictivo/>



VIII. Anexos.

VIII.1 Anexos.

VIII.1.1 Anexo I.

Comparativa de una estación de trabajo (Antes y después de la limpieza criogénica)



Figura VIII.1 Ej. Antes y después: limpieza criogénica.

Fuente: Yorozu, 2021