



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

El mantenimiento centrado en la confiabilidad como una alternativa para incrementar la productividad en los procesos industriales.

T E S I S

Que para obtener el título de

Ingeniero Industrial

P R E S E N T A

Ramos Nolasco Arnold Miguel

Asesor de Tesis

Ing. Marcos Belisario González Loria



Octubre 2018.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE.

Resumen	5
Introducción.	7
Problemática.	9
Objetivos.	11
Justificación.	12

CAPÍTULO 1.

Breve historia del mantenimiento.

1.1 Algunos antecedentes históricos del mantenimiento.	13
--	----

CAPÍTULO 2.

Definición y tipos de mantenimiento.

2.1 Mantenimiento.	18
2.1.1 Definición del concepto.	18
2.2 Definición y característica del mantenimiento correctivo.	19
2.3 Definición y característica del mantenimiento preventivo.	20
2.4 Definición y característica del mantenimiento predictivo.	21
2.5 Definición y característica del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).	22
2.6 Definición y característica del mantenimiento productivo total (TPM).	23

CAPÍTULO 3.

Identificación de problemas de mantenimiento en una línea de producción.

3.1 Como identificar problemas en un equipo.	24
--	----

3.2 Como determinar el control de la planeación del mantenimiento.	28
3.2.1 Índice de control de mantenimiento.	29
3.2.2 Objetivo del control de mantenimiento.	32
3.3 Análisis para identificar el origen de los problemas.	33

CAPÍTULO 4.

Análisis para el desarrollo de un mantenimiento centrado en la confiabilidad, en los cuellos de botella en una línea de producción.

4.1 Historia del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.	36
4.2 Definición de cuellos de botella por paros de mantenimiento.	37
4.3 Algunas de las Herramientas Básicas para el análisis y solución de Cuellos de Botella.	38
4.4 Objetivos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.	61
4.5 Desarrollo de una planificación y programación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.	62
4.5.1 Planeación.	66
4.5.2 Programación.	67
4.6 Las fallas y su clasificación en los equipos.	70

CAPÍTULO 5.

Propuesta de mejora en la línea de producción y mantenimiento.

5.1 Introducción.	73
5.2 Fase I. “Vendiendo la idea”.	75
5.3 Fase II. “Preparando el terreno”.	79
5.3.1 Planeación y Programación de actividades.	83
5.3.2 Capacitaciones.	87
5.3.3 Algunas herramientas Lean Six Sigma para el proyecto.	91

5.3.4 Estableciendo el equipo de trabajo.	98
5.4 Fase III. “Puesta en marcha”.	101
5.4.1 Estableciendo la meta y objetivo del equipo.	102
5.4.2 Determinar el activo para aplicar el RCM.	103
5.4.3 Análisis de fallas y sus efectos.	116
5.4.4 Tácticas para el plan de Mantenimiento.	128
5.5 Fase IV. “Evaluando resultados”.	137
5.5.1 Análisis de las estrategias.	137
5.6 Fase V. “Seguimiento de la implementación”.	145
5.6.1 Indicadores.	145
5.6.2 Auditoría.	147
5.6.3 Seguimiento.	149
5.7 Recomendaciones.	150
5.8 Beneficios de implementar RCM.	151
5.9 Ventajas del RCM.	153
CONCLUSIONES.	154
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS.	156
ABREVIATURAS.	158
BIBLIOGRAFÍA.	159

Resumen.

Este trabajo de investigación se desarrolla en cinco capítulos, de los cuales a continuación se muestra un breve resumen del contenido en cada uno de ellos.

Para el primer capítulo, se expone información introductoria al tema, con respecto a la historia del mantenimiento, mostrando algunos aspectos históricos, en donde se marcan periodos de las generaciones que han existido a lo largo de la historia.

En el segundo capítulo, se muestra la definición del mantenimiento como concepto, por consiguiente los diferentes tipos de mantenimiento más comunes que existen dentro del sector industrial.

En el tercer capítulo, se explica algunas formas para identificar problemas en un equipo, en donde se detalla una lista con diferentes aspectos posibles para la localización de la falla, los índices de control dentro del mantenimiento y algunos tipos, cuales son los objetivos de dichos índices, algunos criterios para analizar la raíz de ciertos problemas.

En el cuarto capítulo se especifica la raíz de los problemas, mostrando algunas herramientas útiles para este tema, se establece la historia a detalle del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), la definición de este concepto, los cuellos de botella con especial enfoque hacia los paros por mantenimiento, como se desarrolla esta metodología, la definición y clasificación de las fallas en un equipo.

En el quinto capítulo se detalla una estrategia para implementar la filosofía RCM dentro de una empresa, bajo el desarrollo de etapas, las cuáles se propone para eficientar, con ciertos cambios, como implementar herramientas lean six-sigma, se mencionan los beneficios, ventajas que hay al momento que se realiza el RCM y algunas recomendaciones para tener éxito en esta metodología, a su vez, se generan determinadas conclusiones.

Introducción.

En este trabajo se presentará la investigación, desarrollo de una estrategia y aplicación de una propuesta de mejora, mediante la implementación de la filosofía del mantenimiento centrado en la confiabilidad, agregando herramientas de filosofías lean y six sigma, se explicará cómo aplicarla para que sea considerada como propuesta de solución para un equipo en un proceso y el análisis del mantenimiento.

En los procesos industriales el ser humano ha buscado la manera de poder obtener productos que satisfagan sus necesidades, desarrollando su inteligencia como factor principal. Esto lo hemos observado a través del tiempo, analizando métodos de trabajo con miras a mejorar, usando los recursos a su alcance como herramientas para generar un mundo de oportunidades, con el fin de cumplir el objetivo deseado.

Utilizando las filosofías de manufactura esbelta, incrementando la productividad e implementando esta metodología, da pauta para rediseñar tareas de mantenimiento y modificaciones en implementos para equipos, entre otras actividades, para contar con una mayor utilización en las máquinas, por lo que es imprescindible que sus errores de funcionamiento sean lo mínimo posible. Con base a esto, sale a relucir la gran importancia de aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad como herramienta para asegurar un incremento en la disponibilidad y así incrementar la calidad de servicio que ofrece la maquinaria para la creación o diseño de productos. A su vez, orilla a crear un sistema que permita establecer los cuidados pertinentes al equipo y administrar todos los recursos que implica.

El mantenimiento es elemento esencial dentro de las industrias, implica que en una empresa en donde no la apliquen puede generar gastos innecesarios, empezando por la implementación, planificación y control. Para comprender cualquier proceso se debe saber los componentes y funcionamiento de la maquinaria, comprender los elementos del diseño que debe cumplir, su finalidad, generar un equipo de trabajo que permita el mantenimiento fácil, para que en sus reparaciones la maquinaria resulte a bajo costo y pueda ofrecer un tiempo de vida útil más extenso, para invertir en ella en un futuro más lejano.

Apoyado en herramientas como Kaizen, entre otras, el mantenimiento también puede tener una adquisición de valor mayor, ya que es un paso clave para enriquecer la calidad del equipo, mejorando en pequeñas partes un funcionamiento, equipo o elemento que permite entre otras cosas extender su vida útil.

Pero todo esto recae la mayoría de las veces en personas que deben cumplir con cierto grado de responsabilidad, debido a esto el mantenimiento exige que el responsable debe tener determinadas cualidades necesarias para llevarla a cabo.

Problemática.

Ante el aumento de la demanda de productos, surge la necesidad de aprovechar la utilización de los equipos en su máxima expresión, donde una variable clave para lograrlo es considerar al mantenimiento como herramienta principal, volviéndose indispensable para el correcto funcionamiento en las operaciones. Bajo las observaciones realizadas dentro de la industria del cartón, se realizó una investigación sobre los antecedentes en los equipos para determinar la causa raíz del por qué no se cumplía con los objetivos para entregar en tiempo y forma la demanda del volumen y por ende causar conflictos de paros en las líneas productivas del cliente. La información tomando como referencia el año pasado, nos arrojó puntualmente que dentro del proceso conocido como “conversión”, (proceso en el cuál una lámina de cartón corrugado se transforma en una caja con determinado diseño gráfico y estructural), era evidente que no se contaba con una utilización adecuada de los equipos debido a fallas, con un promedio de 45% comparado con estándares globales.

En consecuencia a ello, surge la siguiente pregunta ¿Se podrá incrementar la disponibilidad de un equipo industrial quién ha sufrido desgastes graves? Y otra ¿A qué equipo debo enfocar los esfuerzos? Por lo que se volvió un reto a desarrollar. Los equipos llegaban a detenerse por fallas que aparecían o para realizar actividades de mantenimiento de emergencia, o no planeados, afectando de manera directa la producción requerida y disminución de la calidad, que pueda ser percibida por el cliente o en pruebas de aseguramiento de calidad.

En ocasiones se presentaba el caso donde existía una falta de conocimiento con respecto al adecuado manejo de un equipo, ocasionando daños al producto, equipo

o incluso un incremento del desperdicio de materia prima, causando así un descontrol.

Debido al paso de los años, se presenta una falta de actualización sobre los planes de mantenimiento, en especial con los equipos que rebasan 10 años de utilización.

Objetivos.

- El objetivo principal que se persigue es: plantear una posible solución para disminuir los tiempos de paro por fallas o tareas de mantenimiento en equipos industriales en al menos un 3%.
- Incrementar la utilización de los equipos industriales en un 4%.
- Desarrollar una estrategia para implementar esta propuesta en una empresa.

Justificación.

En las observaciones realizadas dentro del sector automotriz y manufactura, es visible que en determinadas horas de trabajo para cumplir un volumen de producción los equipos llegaban a fallar, situación que se hizo más frecuente dentro de la industria cartonera, los equipos trabajan enormes jornadas laborables, sin realizar mantenimiento ni inspecciones, ocasionando paros que generaban incertidumbre para establecer tiempos de reparación, además este tiempo era necesario en el cumplimiento de la producción de acuerdo al programa que establecía el departamento de planeación, y no había un control sobre el tiempo para reparar piezas que sufrieron daños críticos.

Con base a esta situación observada, se muestra una opción para poder mejorar de forma sustancial las operaciones involucradas en el mantenimiento industrial en un 3% e incrementar la utilización de los equipos en operación en un 4%.

Esto surge de acuerdo a las estimaciones de volumen de venta que se visualizaba para el año entrante, por lo que había que incrementar de un 45% a 49% de utilización, en especial para satisfacer aquellos clientes que se les consideraba como principales, esto mediante la reducción de tiempos muertos por fallas mecánicas, ya que se estaba haciendo más repetitivos esta anomalía generando paros mensuales promedio de 5 horas aproximadamente (representa más de 1 turno de paro). Este acontecimiento me dio pauta para investigar el conflicto, desarrollar y proponer un trabajo que sea útil sobre todo para todas aquellas empresas que trabajan sin parar todo el año, además que este sector considere indispensable para llevar a cabo un mantenimiento documentado y bien planeado.

CAPÍTULO 1. Breve historia del mantenimiento.

Este capítulo se enfocará para dar una breve información acerca de algunos antecedentes históricos, brindando una ligera introducción al tema y conocer un poco más acerca de los hechos más importantes del mantenimiento en su evolución.

1.1 Algunos antecedentes históricos del mantenimiento.

De acuerdo a fuentes bibliográficas, la historia del mantenimiento, se han dividido en generaciones, en donde la primera se puede encontrar para los años antes de 1950, reconociendo la aparición del mantenimiento, la época en donde se da un gran paso a la tecnología es la Revolución Industrial (1760–1830) (Figura 1.1), fue caracterizada debido a que la maquinaria empezaba a generarse en base al vapor, donde la mano del hombre empezaba a ser un poco reemplazada en algunas actividades, en donde el objetivo del mantenimiento consistía en reparar fallas o averías imprevistas, esto denominado como Mantenimientos Correctivos (MC).



Figura 1.1 Mantenimiento correctivo.

Para la segunda generación (1950–1980), en busca de poder lograr los objetivos establecidos por la primera generación, se agregaron las revisiones cíclicas a equipos o instalaciones, planificación de actividades, se buscaba implementar acciones que se planeaban, control de trabajos hechos, comprendiéndose que hubiera una relación entre el lanzamiento de órdenes de trabajo con la verificación de la realización de actividades, así como la información de datos que existiesen en las ordenes de trabajo, buscando como objetivo que existieran prevenciones a fallos, realizar las correcciones en averías, este último de mantenimiento es llamado Mantenimiento Preventivo (MP), ver figura 1.2.



Figura 1.2 Mantenimiento Preventivo.

El mantenimiento preventivo llegaba a un punto en el que se convertía en una herramienta obsoleta, debido a que se aproximaba a una etapa en el que las periodicidades, los resultados de las revisiones cíclicas y los sistemas de planificación se acercaban a un estancamiento, esto es, que las variables definidas para las actividades del mantenimiento: **fiabilidad, disponibilidad y costos**, estaban estabilizándose. Por lo que si se quería realizar una configuración con el fin de mejorar una variable de las otras tres, las restantes sufrirían un deterioro.

Para finales de los 60's y principios de los 70's, el mantenimiento preventivo era la herramienta más útil y novedosa para el mantenimiento en las organizaciones, estaba basado en 2 principios, siendo la primera donde había una gran correlación entre los años del equipo y el índice de falla, el segundo es que los componentes del equipo y la probabilidad de falla de estos podían ser determinados estadísticamente, por lo que sus partes podían ser reemplazadas o reconstruirse para evitar fallas.

En el lapso de transición entre la segunda y tercera generación nace un mantenimiento en los años 60's, donde su objetivo era centrarse en la calidad y cantidad de un producto, en vez de solo el cuidado de la máquina, llamado Mantenimiento Productivo (PM).

De igual forma, en la industria aeronáutica empieza por desarrollarse el concepto de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM, Reliability Centered Maintenance), pero solo en la fase de desarrollo exclusivamente militar.

En los 70's, basado en el mantenimiento productivo junto con los círculos de calidad y el personal de la empresa, se crea el Mantenimiento Productivo Total

(TPM), con el fin de maximizar la efectividad de un equipo, creando un sistema integral de las variables antes mencionadas.

La tercera generación (1980–actualmente) nace como solución ante la problemática generada por el estancamiento de la segunda generación, tiene etapas en donde las primeras se basan en atender las tres variables pasadas, se empieza por analizar aspectos que se venían investigando, empieza a profundizarse la gestión del mantenimiento más a detalle, se generan sistemas especializados para atender la administración del mantenimiento, añadiendo que ahora los sistemas debían estar basados en normas en busca de la seguridad, esto con el fin de poder alargar la vida útil de los equipos y reducir los costos generados.

Para esta generación, aparte de que se buscara la fiabilidad y mantenimiento de un equipo, se analizaba el costo total de ciclo de vida, esto es, la inversión inicial y que los costos que implicaban fueran menores o al menos menores, por lo que aparece el Mantenimiento Predictivo o Mantenimientos según condición o peritados (MOC, Maintenance On Condition), con el objetivo de inferir en una máquina para evitar fallas de leves a graves, esto a través de la pronosticación de indicios, para generar planes de acción antes de que ocurra la falla.

En el año 1980, se desarrolló el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, como una herramienta paralela, el cual busca mejorar la efectividad del mantenimiento, ver figura 1.3.



Figura 1.3 Mantenimiento Predictivo.

Actualmente, para el siglo XXI, se seguirá abarcando todo aspecto que se han venido trabajando, el cual con una mentalidad y enfoque más innovador, apoyado de la ahora globalización, el aporte de todo el conocimiento mundial hará que se logren mejores consistencias y el mejoramiento de todas aquellas actividades implicadas, busquen avances para la reingeniería en máquinas, quizá los procesos y de igual forma tengan ese cambio. Esperando que haya un crecimiento potencial en cuanto a la forma de producir, se encontrará la forma de involucrar todos aquellos materiales inteligentes que se desarrollan, la nanotecnología que va teniendo un espacio en este mundo, entre todas aquellas herramientas que siguen surgiendo como respuesta ante una problemática existente.

CAPÍTULO 2. Definición y tipos de mantenimiento.

2.1 Mantenimiento.

En este subtema se adentra a la conceptualización de mantenimiento de acuerdo a diversos autores, se muestra una clasificación de los tipos de mantenimiento que han existido para conocer un poco más como está dividido este ramo y sus enfoques. Además, se mencionan algunos elementos los cuales servirán para la identificación de problemas, que siempre han sido factor para el crecimiento de las empresas.

2.1.1 Definición del concepto.

Para establecer una definición como tal del concepto podemos apoyarnos en la siguiente.(VILLANUEVA E. D., 1984) define “la actividad humana que conserva la calidad del servicio que prestan las máquinas, instalaciones y edificios en condiciones seguras, eficientes y económicas”.

Mientras que (González R. H., 1984), afirma “es una compleja actividad técnico-económica que tiene por finalidad la conservación de los activos de la empresa, maximizando la disponibilidad de equipos productivos, tratando que su gestión se lleve a cabo al menor costo posible”.

Con base en las definiciones obtenidas, se puede decir que la conceptualización de mantenimiento generalmente es trivial debido a que por un lado es la

realización de actividades enfocadas al cuidado de un equipo y la otra es a la conservación de la calidad del servicio que ofrece para la generación de productos, estas dos conceptualizaciones son diferentes pero hay una estrecha relación entre ellas por lo que en ocasiones suele haber confusión.

Dentro del mantenimiento existen distintas clasificaciones, en el recuadro de la figura 2.1, se indican los tipos de mantenimiento, para comprender su diferenciación y cuáles son algunos de los objetivos de los que persiguen.

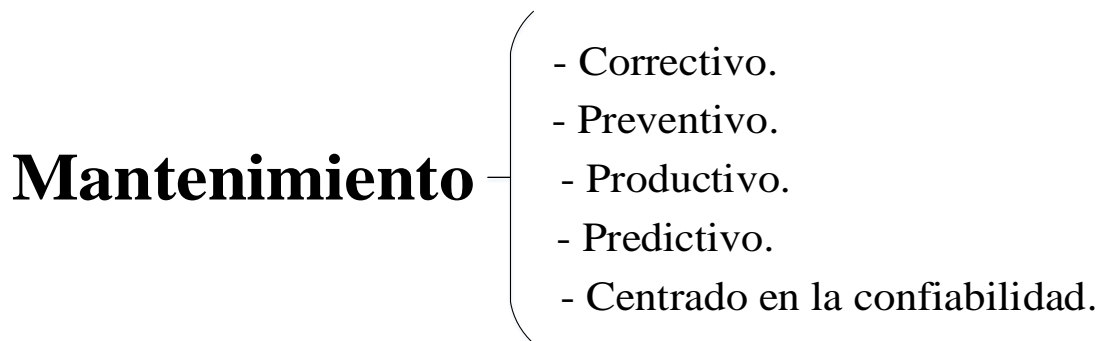


Figura 2.1 Tipos de mantenimiento.

2.2 Definición y característica del mantenimiento correctivo.

Tipo de mantenimiento que ocurre cuando un equipo ha sufrido una falla y debe repararse con carácter de urgencia, este mantenimiento no es basado en una planeación, por lo que se efectúa en cualquier instante, afectando la calidad que ofrece la máquina y por consiguiente a la producción de bienes, incluyendo el tiempo que toma para su reparación.

Esta entidad a su vez, carece de un control económico, puesto que existe un consumo de refacciones desmedido, ocasionando conflicto en el almacén de refacciones en cuanto a la reposición de stock, se utiliza en cualquier instante en el que la máquina genere un fallo.

El mantenimiento correctivo sigue siendo utilizado en la actualidad dentro de las empresas, aunque ya cuenten con altos niveles de mantenimiento implementados, siempre se tendrá una posibilidad de que aparezca.

De acuerdo con diversos autores, el mantenimiento correctivo se puede definir como el conjunto de tareas que se desarrollan en equipos, instalaciones o edificios, destinadas a corregir fallas que se presentan. Como consecuencia de una avería se pierde la calidad que ofrece el bien material o inmueble.

2.3 Definición y característica del mantenimiento preventivo.

Este tipo de mantenimiento es basado en una planificación de actividades, mediante el uso de paros para inspecciones periódicas a equipos, en tiempos determinados, esto con el objetivo de que se puedan detectar elementos que estén próximos a fallas, a fin de evitar que se genere un paro por avería, además de que en esta entidad se generan registros de acontecimientos, con el fin de tener un histórico clínico de los equipos, para consecuentemente determinar mejor la periodicidad de actividades sobre ellos. Para llegar a este tipo de mantenimiento, se recomienda efectuarlo sobre equipos críticos, la razón es que resulta elevado su costo de implementación, se necesita que el personal que intervenga en las labores tenga un cierto conocimiento al respecto.

Es posible que este mantenimiento a veces tenga un inconveniente en cuanto a que en un paro para el cambio de un elemento, otro tenga un desajuste, o uno de los mayores problemas que presenta el mantenimiento preventivo, es la periodicidad, porque si el tiempo es muy corto, se incrementa el porcentaje de error en la producción o si el tiempo es muy largo, se eleva el porcentaje de que un elemento genere una falla.

El mantenimiento preventivo es el conjunto de actividades, que tiene por objetivo mantener dentro de parámetros establecidos, la calidad que ofrece un equipo o inmueble, el cual se basa en programaciones establecidas para evitar fallos futuros.

2.4 Definición y característica del mantenimiento predictivo.

Mantenimiento de gestión avanzado, nace como evolución del mantenimiento preventivo, para adecuarse de mejor manera a las necesidades de un equipo, sin entorpecer la producción y generar mediciones de la evolución futura de una falla, anticipando su aparición.

Mantenimiento cuyo objetivo es pronosticar y detectar fallas buscando con anticipación esta, basándose en información técnico-avanzado con base en variables de mediciones físicas, en donde se generan parámetros para determinar el estado de un equipo y generar las correcciones adecuadas, evitando paros de producción no programados.

Por otra parte, Enrique Dounce define al mantenimiento predictivo como “servicios de seguimiento del desgaste de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o estimación hecha por evaluación estadística, tratando de extrapolar el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio”. (VILLANUEVA E. D., 2006, pág. 62).

2.5 Definición y característica del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

El mantenimiento centrado en la confiabilidad por sus siglas en inglés Reliance Centered Maintenance, es un tipo de mantenimiento que se utiliza para determinar el tipo de mantenimiento óptimo para aplicar en un equipo, mediante la identificación de todas las acciones potenciales a implementar y que una vez realizadas, se reduzca la probabilidad de fallo, así como identificar aquellas fallas que impliquen costos elevados de mantenimiento.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad se puede definir como una técnica para gestionar al mantenimiento y todas aquellas actividades involucradas, basándose en la confiabilidad de los equipos, mediante el desarrollo de programas específicos para cada equipo o activo de acuerdo a su diseño y construcción, contemplando la experiencia y conocimiento del personal involucrado, con el objetivo de poder satisfacer ciertas metas de producción, mediante la optimización del rendimiento de los mismos.

Con respecto al concepto confiabilidad como tal, visto desde el punto de vista en mantenimiento, se puede definir como aquella posibilidad de que una maquina o

equipo, pueda trabajar plenamente sus funciones en un determinado tiempo y con ciertos parámetros establecidos para operar. La confiabilidad, traducida del inglés (Reliability), también llamada fiabilidad.

2.6 Definición y característica del mantenimiento productivo total (TPM).

Tipo de mantenimiento que surgió en la industria automotriz y tiene como base principal la mejora continua hacia los equipos, cuyo objetivo principal es la conservación y uso de sistemas productivos, mediante la preservación de equipos en su condición inicial o de fabricación, para luego realizar la mejora continua sobre estos, donde se unifican recursos tales como el personal de la organización de diferentes niveles jerárquicos.

El TPM se puede definir como un método para la gestión del mantenimiento realizado por personal operativo y técnico, buscando un balance entre funciones y responsabilidades mutuas, para mantener los equipos en sus condiciones de origen mediante un cambio de cultura e involucramiento de actividades.

CAPÍTULO 3. Identificación de problemas de mantenimiento en una línea de producción.

3.1 Como identificar problemas en un equipo.

En distintas ocasiones se presentan situaciones en donde el equipo que está siendo desarrollado, diseñado, manufacturado, transportado, instalado o funcionando, llega a tener problemas ocasionándose fallas de diferentes niveles, por lo que se requiere del ingeniero o algún personal con conocimiento técnico, que de acuerdo a la situación y sus conocimientos, determine la manera adecuada de identificar primeramente el problema, y por consiguiente de fin al acontecimiento corrigiendo la falla sin sacrificar el nivel de calidad que ofrece el equipo.

Al analizar la situación presentada en la justificación del tema, se puede mencionar algunos puntos, los cuales sirven para detectar las fuentes de falla, a continuación se presentan algunos de ellos.

a) Diseño.

Ocurre cuando la fuente de falla es el diseño, ya que no fue el óptimo requerido o simplemente sólo ha funcionado por un tiempo.

b) Envejecimiento del equipo.

Con el paso de los años, las piezas físicas con las que contaba, sufren un desgaste.

c) Calidad de los materiales.

El material con el que fue construido la maquina no es el óptimo para su funcionamiento, esto es, cuando el producto no cumple con la calidad requerida.

d) Fabricación.

El control de calidad en el proceso de su creación es baja.

e) Instalación y mantenimiento.

Previo al funcionamiento de la máquina, las actividades necesarias para la instalación del equipo para cimentación, nivelación, instalación de líneas de aire, energía eléctrica, entre otras, son deficientes o faltan recursos para llevarlas a cabo.

De igual forma aplica para mantenimiento, ocurre cuando ejecutan una mala tarea de mantenimiento o inspección, por desajustes o alguna tarea que no realizaron, entre otras, que genera un problema mayor.

f) Transporte.

Puede ocurrir una falla cuando el equipo se transporta de un lugar a otro, ya sea desde el proveedor al cliente o un cambio de lugar dentro de la planta, sufre un golpe o ruptura en uno de sus componentes, tanto externos como internos, siendo en este último que en ocasiones se detecta cuando se empieza por operar.

g) El medio ambiente.

En diferentes partes del mundo se considera, como una de las principales que afectan los equipos, debido a que hay diferentes parámetros dependiendo de la zona donde trabajen los equipos, las variables utilizadas para medir el comportamiento en este criterio es la temperatura y humedad, entre otras. En ocasiones se desconoce o desprecia la necesidad de generar un sistema controlado, adecuando el medio ambiente para la máquina.

h) El personal.

Toda aquella persona que tenga intervención con el equipo es una fuente generadora de fallas, es la entidad que tiene una intervención con la máquina.

En este caso, es sobre el personal de mantenimiento, porque de acuerdo al desempeño de actividades de mantenimiento, las habilidades del personal tanto físicas como mentales del personal, el conocimiento sobre cómo dar mantenimiento, se ven reflejadas en la calidad del equipo al funcionar.

El segundo tipo de personal que existe, es el personal de operación, el cual está en contacto directo con el personal de mantenimiento y con el equipo.

El último tipo de personal, es el de rediseño, instalación, ingeniería, también se les considera como fuentes de falla, porque al haber una modificación en cuanto a instalación o mejoramiento de la máquina, puede haber errores de cálculo o variables sin considerar que afecten el funcionamiento correcto del equipo.

i) Operación.

Esto hace referencia a la acción como tal de una actividad por parte del personal de operación, sucede cuando el operador genera procedimientos inadecuados, por lo que genera un error o falla del equipo.

3.2 Como determinar el control de la planeación del mantenimiento.

En la actualidad, en toda empresa se espera que haya un departamento de mantenimiento, el cual debe tener toda una estructuración para su ejecución, por lo que es imperativo que exista una planeación dentro de ella para la realización de actividades.

Esta planeación en donde pueda darse el caso que llegue a ser deficiente comparado con lo que se requiere, es mejor que no contar con ninguna, con el paso del tiempo esta puede ir progresando para mejorar y al menos tener un nivel aceptable, esto significa, que se requerirá en gran medida la participación del personal encargado y del tiempo con el que transcurren las implementaciones.

Para empezar con el control de mantenimiento, es necesario definir el concepto de control, por lo que a continuación se menciona.

En conjunto con algunas definiciones de diversos autores como Salih Duffuaa, John Dixon Campbell, se puede establecer una definición como el conjunto de procedimientos de forma predeterminada, con el objetivo de poder observar si el comportamiento de una persona o equipo cumplen con una normativa establecida, midiendo el comportamiento que tienen con diferencia a una muestra patrón, bajo determinado tiempo.

3.2.1 Índice de control de mantenimiento.

Los índices de control o gestión de operaciones o de equipos, son indicadores que se ocupan como herramientas para poder obtener un valor cuantitativo, cualitativo generando un se puede considerar que hay procedimientos para su realización, de los cuales se conocen cuatro, que son:

1. **Medir.** Es el momento en el que se mide el comportamiento de los elementos tal y cómo se presentan, registrando el estado en tablas.
2. **Comparar.** Una vez medido el elemento, se procede a comparar el estado o valor obtenido con un patrón o norma previamente establecida, para conocer cuál es el tamaño de desviación que hay entre lo que se establece y lo real.
3. **Analizar.** Cuando se han comparado los valores que hay, se prosigue en analizar los datos que recopilados, de forma que se visualice su tendencia, analizar cuáles son las causas de su desviación o la razón de su existencia.
4. **Corregir.** Una vez realizados los procedimientos anteriores, se genera un perfil de resultados, con este se plantearán y generarán acciones con objeto de poder llegar al objetivo establecido por la norma o muestra patrón, no sólo cubriendo el error, sino eliminando la causa raíz que generan los problemas.

Con lo anterior establecido, se puede decir, que el personal a cargo del mantenimiento, debe tener determinado la cantidad de controles sobre aquellos elementos de importancia o actividades a desempeñar. Algunos índices que se pueden mencionar para llevar a cabo un control, pueden ser:

a) Índices de tipo porcentual.

Tipo de índice en el que se realiza una operación porcentual para determinar el parámetro, comparando el valor existente de un elemento, entre el valor esperado o programado.

Por ejemplo:

$$\frac{\text{Órdenes de trabajo cerradas}}{\text{Órdenes de trabajo planeadas}} \times 100$$

Este índice de control, se ocupa de igual manera para medir el consumo de algún material requerido para un mantenimiento, el tiempo de demora para realizar o terminar una actividad, entre otros. Es sugerible tomarlo como ideal para cuando empieza por implementarse una planificación de mantenimiento.

b) Índice de Referencias.

Este índice es para determinar cantidades de elementos que se requerirán con base a un mantenimiento de n cantidad, el cual genera un panorama de necesidades de recursos para su realización.

Por ejemplo:

- Costo de mantenimiento, por reparar un equipo crítico.
- Costo de mano de obra, para reparar un equipo crítico.
- Costo de refacciones de mantenimiento, para reparar un equipo crítico.
- Costo del tiempo perdido de producción, para reparar un equipo crítico.

c) Índice gráfico.

Este índice es generado con base a la información recabada por los controles a lo largo de un tiempo determinado, se genera un historial con los valores que se han obtenido.

Puede haber diversos tipos de gráficos, algunos pueden ser de dos variables de medición, otros de tipo ábaco, en donde se muestren 4 conceptos de control, uno por cada lado del cuadro.

3.2.2 Objetivo del control de mantenimiento.

En la actualidad, en cada empresa la competitividad se considera elemental para existir en el mercado, se buscan formas de subsistir, esto se ha enfocado en buscar maneras de reducir el costo de producto, anexándose los costos y actividades extras que no se han contemplado, por lo que uno de ellos es considerado el mantenimiento, como un gasto.

Dependiendo de su manejo, es como puede haber repercusiones económicas en la empresa, siendo un campo de investigación, con esto expresado se puede decir que el mantenimiento tiene dos campos muy importantes, por un lado tiene el enfoque económico y por otra parte el técnico.

Es por ello que debe haber un buen control de mantenimiento y auditorias, entre otras, el mantenimiento tiene un aspecto financiero, exige que haya un control de gastos, si no los hay, pueden haber graves consecuencias y una de ellas es la de perder competitividad en el mercado como se mencionó en un principio.

Por tal motivo se deben examinar desde el punto de vista económico, siendo las razones hacia donde se enfocan los gastos que se generan, se analizan todos los recursos que se utilizan y se cuantifican, esto con objeto de tener dos cosas: un costo total de lo que se requiere y generar un histórico de los gastos generados. Es claro que se calculan, determinan las cantidades, costos de recursos a requerir, pero siempre existirá una lucha entre la realidad y lo calculado.

Por lo que, el encargado de mantenimiento tendrá la responsabilidad de saber administrar todos los recursos con los que cuenta, saber manejar las situaciones, como lo que es; saber administrar el presupuesto asignado para poder solventar todos aquellos gastos que se generan o necesitan.

3.3 Análisis para identificar el origen de los problemas.

El ser humano por naturaleza tiende a generar hábitos, por eso se contempla como una de las principales razones del origen de los problemas. Para comenzar, se tienen que eliminar estos hábitos del hombre, sobre todo cuando trabaja solo.

De acuerdo con Francisco Sacristán, existen diferentes tipos de hábitos, los cuales son:

- 1.- No se utiliza la teoría para resolver problemas.
- 2.- Las variables que tienen que ver con el problema terminan desapareciendo.
- 3.- Siempre hay variables que no pertenecen al problema, haciendo que se pierda tiempo en la resolución de estas.

- 4.- Falta de conocimiento del equipo con respecto al funcionamiento o sus elementos que lo integran con respecto al problema.
- 5.- No se conoce el proceso de producción completo y por ende se desconocen las causas de los problemas en otros procesos contiguos.
- 6.- No hay un profundo y adecuado análisis de la situación, por lo que se aborda ligeramente.
- 7.- Algunas veces, cuando se realiza el análisis del origen del problema, solo se consideran las variables que tienen mayor incidencia, eliminando aquellas que se piensan que tienen menor relevancia.

Resumiendo un poco lo anterior, estos hábitos, entre otros, son causas que quizá generan conflictos que se ven reflejados a la hora de identificar problemas, por lo que si no se actúa inmediatamente ante esta situación, entonces el nivel de la calidad de operación en mantenimiento se verá afectada.

En gran parte de los sucesos, es difícil determinar cuál es la causa o causas que están originando el problema, ya que pueden ser combinaciones de causas. Esto hace generar y aplicar planes de acción ante estos acontecimientos, buscando atacar cualquier factor que pueda dar origen a la causa, con fin de mantener el

equipo para que funcione en condiciones normales. Cuando se descubre un problema, se debe adentrar en analizarlos desde las 5 variables (causa-efecto).

Como se ha mencionado, es importante siempre tener un análisis de la situación, conocer cuáles son las medidas de contingencia ante ella, pero no hay que olvidar que se debe mejorar, si se busca ser competitivos. Para poder mejorar es elemental tener un punto de partida, es indispensable conocerlo debido a que se toma como referencia para medir el avance, esto quiere decir, conocer la situación actual, el estado crítico o no existente, esto también se puede enfocar de igual forma a una persona, a un proceso o un equipo.

CAPÍTULO 4. Análisis para el desarrollo de un Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, en los cuellos de botella de una línea de producción.

4.1 Historia del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

Esta herramienta tiene inicio aproximadamente entre el año 1960 y 1970, en el sector de aviación estadounidense, su primera aparición fue en la implementación de un programa de mantenimiento en el Boeing 747, siendo de gran magnitud. Posteriormente se realizó para el DC-10 y en consecuencia a los demás del mismo sector, los resultados de estas implementaciones no fueron inmediatos, a pesar del hecho de que tomaron años en su implementación, los resultados fueron claves y sorprendentes para las actividades de mantenimiento, en donde se redujo el tiempo de inspección de los elementos de un avión significativamente. Esto dio como resultado, que en la industria militar se optara por empezar a utilizarse entre otros sectores, que veían con grandeza y asombro el beneficio que se obtenía de este mantenimiento.

La filosofía del RCM, marca varios puntos en las que se basa, entre los cuales se puede decir lo siguiente:

1. Evalúa el estado de los equipos y función.
2. Determinar componentes críticos de los equipos.
3. Inspección frecuente del estado y función de los elementos del equipo.
4. Implementación de mantenimiento proactivo.

Entendiéndose, que el mantenimiento proactivo, es un procedimiento que busca incrementar de manera muy relevante la vida de los equipos, disminuir actividades de mantenimiento, entre otras, mediante la generación de diagnósticos y el uso de la tecnología, atacando la causa raíz de una falla y no solo arreglar un indicio.

4.2 Definición de cuellos de botella por paros de mantenimiento.

Una definición a considerar sobre los cuellos de botella es como todos aquellos procedimientos que acotan los pasos siguientes de una secuencia establecida, que por lo general se observan manifestados en producción. Estos cuellos de botella, pueden llegar a tener menor capacidad de trabajo que el paso anterior o su consecuente, siempre se manifiesta el fenómeno a la salida de un bien o a la salida de una etapa de producción, desbalanceando la línea de producción.

En la figura 4.1, se muestra metafóricamente el concepto de cuello de botella.



Figura 4.1 Cuellos de botella.

4.3 Algunas de las Herramientas Básicas para el análisis y solución de Cuellos de Botella.

En todo el proceso de manufactura dentro de una empresa, se encuentran algunos cuellos de botella que están direccionados hacia:

- Proceso de producción.
- Lugar de trabajo.
- Desempeño.
- Etc.

A continuación se muestran algunas herramientas analíticas, gráficas, que pueden ayudar para la detección y generación de posibles soluciones ante los cuellos de botella.

a) Lista de Verificación.

De acuerdo con Duffuaa, la lista de verificación la define como “conjunto de instrucciones sencillas empleadas en la recopilación de datos, de manera que los datos puedan compilarse, usarse con facilidad y analizarse automáticamente.” (Duffuaa, Raouf, & Dixon Campbell, 2000, págs. 258-260)

Esta lista, se encuentra de diferentes formas, en las cuales puede haber propósitos como de revisión para mantenimiento o que sirven como herramienta para realizar una auditoría, esta información a su vez puede ser de utilidad para generar una revisión más amplia sobre las planeaciones o estar preparados para las actividades de mantenimiento, entre otros aspectos.

b) Histograma.

Es una gráfica en donde se representa un conjunto de información, se muestran variaciones o acumulaciones de variables cuantitativas. Los cuales, se conjuntan en grupos del mismo tamaño, que denominamos como clase.

En la figura 4.2, se muestra un ejemplo sencillo del histograma, como se observa, los intervalos se encuentran en el eje horizontal, mientras que las frecuencias, en el eje vertical, aquí podemos apreciar el comportamiento de fallas en una sección de la máquina llamada Alimentador en el año 2018.

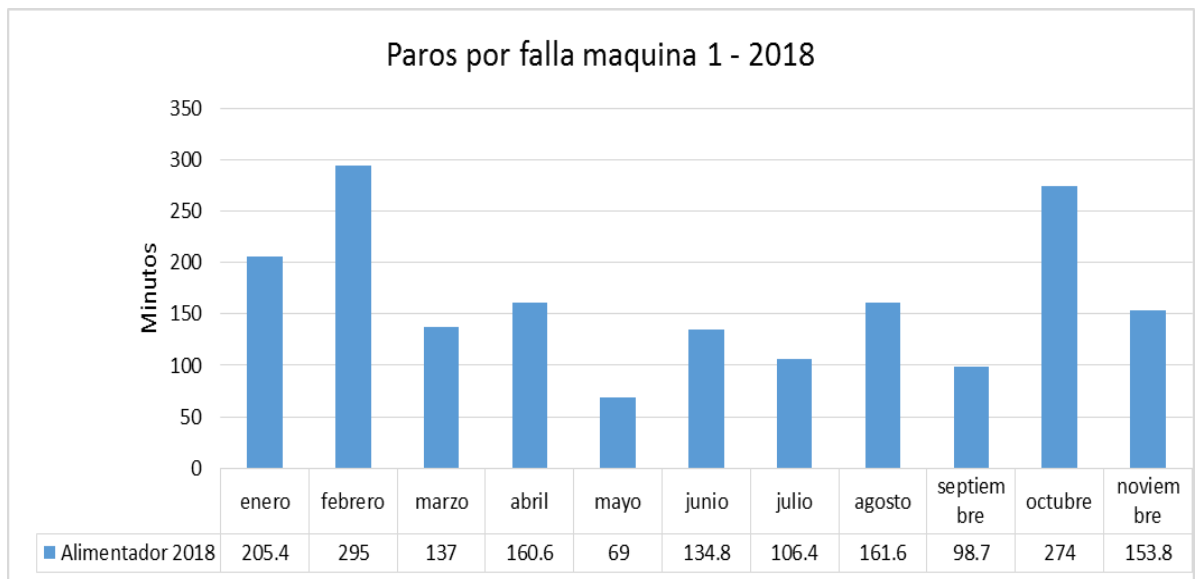


Figura. 4.2 Ejemplo básico de un histograma.

c) Diagrama de Causa – Efecto.

También conocido como Diagrama espina de pescado, elaborado por Ishikawa en los años cincuenta, con fines de control de calidad. Este método, es una representación gráfica de líneas y cuadros, los cuales permiten visualizar e identificar la relación que hay entre la existencia de un problema, es decir, el efecto, apareciéndose como la cabeza del pescado y todas aquellas variables principales que influyen, es decir, las causas, como el cuerpo del pescado que salen del hueso principal, proveniente de la cabeza.

Existe una pequeña variación en cuanto a la generalización de las variables principales, es por ello que las más comunes son:

- 1M — Mano de Obra.
- 2M — Máquina.
- 3M — Métodos.
- 4M — Materiales.
- 5M — Medios (ambiente, herramienta, control).
- 6M — Mantenimiento.

Y cada una de ellas, tiene unas subdivisiones que se convierten en subcausas, este procedimiento termina cuando se logra plasmar todas las subcausas posibles. Para después poder observar de forma general el problema, así como los factores que lo pudieran atribuir.

En donde al final, cada una de las variables se analiza con base a las subcausas que posiblemente lo originen y con qué frecuencia se encuentra su contribución.

En la figura 4.3 se muestra un ejemplo de cómo es la estructura de un diagrama de pescado.

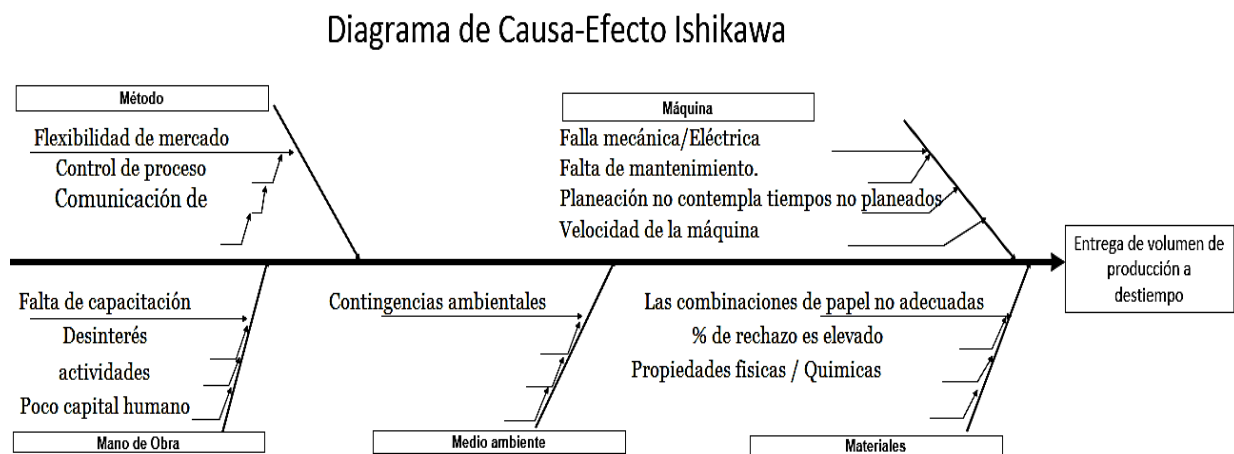


Figura 4.3 Ejemplo de Diagrama Causa – Efecto.

d) Diagrama de Pareto.

Es una herramienta gráfica de distribución que representa las frecuencias de datos ordenados de forma ascendente. Esta herramienta, se utiliza con el fin de poder diferenciar cuales son aquellos elementos de poca importancia, de los que son de gran impacto, a su vez, sirve para poder tomar un criterio de acción, acerca de cuál sería lo más recomendable para priorizar en cuanto a recursos a mejorar.

Para construir, se necesita una serie de pasos, que a continuación se mencionan:

PASO 1. Clasificar los tipos de datos, pueden ser con base a los problemas o causas que lo generan, los tipos de fallos que dan, etc.

PASO 2. Crear una hoja de registro de los datos, con base a su frecuencia, puede contener el registro los porcentajes individuales y acumulados que representan, entre otros aspectos e ir anotando los valores de los datos, los datos se tienen que ir ordenando del mayor al menor y sumándose para tener un total, véase el ejemplo de la Figura 4.4.

TIPO DE FALLO	NÚMERO	%	% ACUM.
Falla en las bandas.	30	47	47
Falla de motor.	24	37.5	84
Datos incorrectos.	10	15.6	100
TOTAL	64	100	—

Figura 4.4 Ejemplo de hoja de registro.

PASO 3. Crear un gráfico de columnas donde se utilice la clase (TIPO DE FALLO) contra la frecuencia (NÚMERO), en donde del lado izquierdo se empezará con el dato que contiene el mayor número de aparición o frecuencia.

PASO 4. Insertar valores de %ACUM a través de una línea única que parte del origen y llega hasta el valor del porcentaje total del acumulado, el rango de valores del eje vertical, será con base al % ACUM.

PASO 5. Anotar datos acerca de quien construyó la gráfica, la fecha y periodo de duración en el que fue elaborado, como se observa el ejemplo de la Figura 4.5.

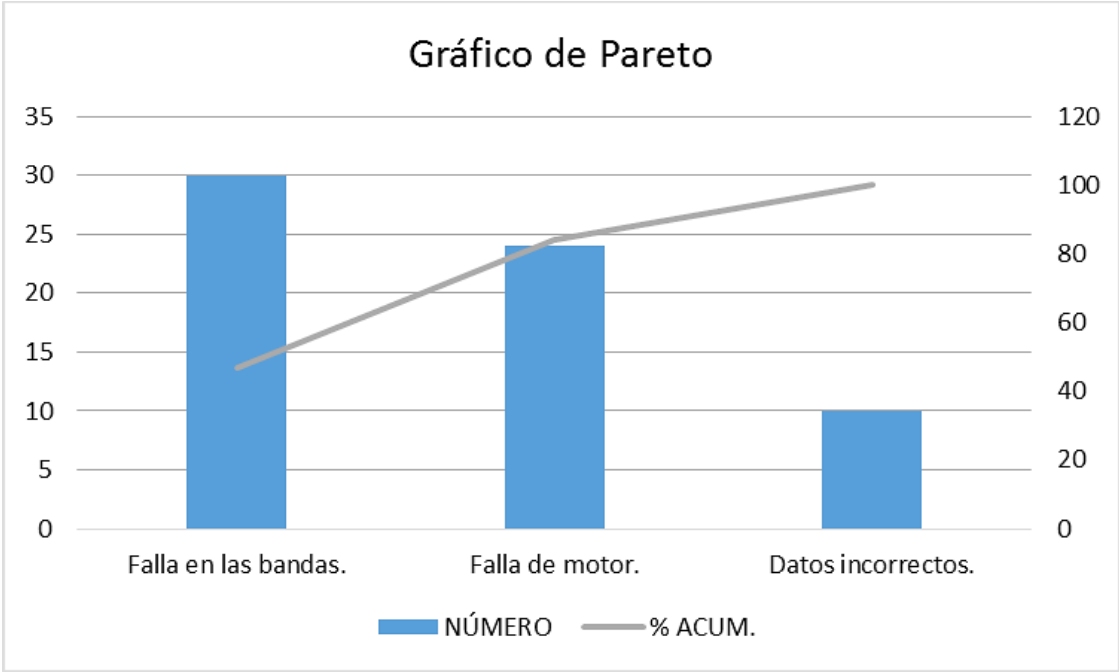


Figura 4.5 Ejemplo del gráfico de Pareto.

Una vez que se tiene el Gráfico de Pareto, se procede a clasificar aquellos elementos en 3 partes. La clase A, está formada por pequeños elementos que tienen un valor del 20%, pero que tienen una repercusión del 75% – 80%. Si se analiza esta clase, se resalta que los problemas son pocos y el arreglo inmediato tendrá un gran impacto.

La zona B contiene alrededor del 20% de aquellos factores que provocan un 15% de afectación. Donde puede haber una proporción para utilizar los recursos con la prioridad que tengan los problemas. La zona C, se conforma del resto de

problemas, donde hay un valor pequeño. Analizar este segmento de grupo C, puede ser no tan beneficioso puesto que, llega a existir un gran número de problemas extensos y se obtendrán pocos resultados si se resuelven.

e) Diagrama de Dispersión.

Tipo de gráfico que permite ver y analizar la correlación que existe entre dos variables. Este tipo de herramienta, es utilizada para ver cómo se comporta la alteración de una de las variables con relación a la otra, por ejemplo, en mantenimiento se observa qué hay una relación entre las actividades preventivas y la calidad que hay en el equipo o el nivel de conocimiento del equipo y el tiempo de realización de actividades, entre otras.

Mediante el grafico se ve reflejando esa proyección, a su vez, muestra cómo se comportan los puntos trazados, en el cual existen varios tipos. Se dice que este tipo de gráfico, puede ser un complemento para el diagrama de causa – efecto.

En el primero, los puntos generados no tienen un patrón, lo que significa que no hay una correlación entre las dos variables.

El segundo tipo, es una alta correlación positiva, en donde si la variable X se incrementa, el valor de Y lo hace de igual forma, esto se ve reflejado en los patrones.

El tercer tipo, es de baja correlación positiva, ocurre cuando a una variable X se le aumenta, la variable Y, sólo tiene un incremento ligero, esto en los patrones se observa como una tendencia positiva, pero más dispersa.

El cuarto tipo es de fuerte correlación negativa, esto sucede al momento en que el valor de X disminuye a medida que el de Y se va incrementando, el patrón de los puntos ahora tiene una tendencia negativa.

El quinto tipo, es de una débil correlación negativa, esto es cuando el valor de X disminuye ligeramente conforme el valor de Y aumenta, los patrones de puntos muestran una tendencia negativa, pero con más dispersión.

El sexto tipo, es de compleja correlación, ya que si hay una relación entre el valor de X y de Y, pero no es sencilla de definir, por lo que el gráfico de patrones puede contener un comportamiento meramente no lineal.

En la Figura 4.6 se muestran algunos gráficos de cómo son las dispersiones.

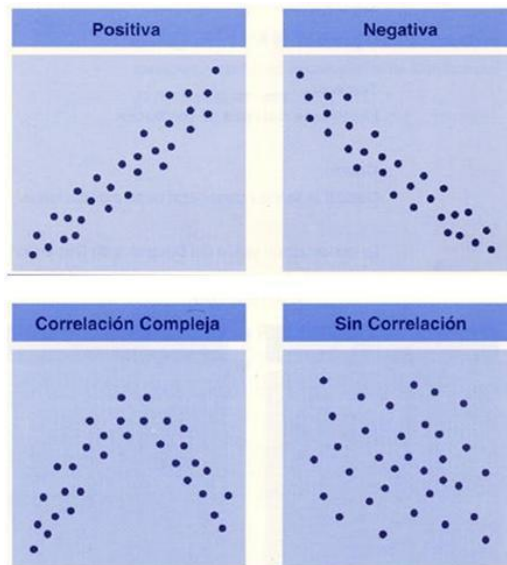


Figura 4.6 Tipos de gráficos del Diagrama de dispersión.

f) Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF).

Técnica analítica para evaluar, cuantificar y clasificar todos aquellos elementos o factores, tipos de averías y fallas que impliquen un riesgo en un equipo o en el diseño de un producto viendo como estas actúan en consecuencias que generan problemas. Comprendiendo cada una de las características de funciones que están en relación con el equipo, así como sus secundarias.

Para el mantenimiento, es necesario tener un maestro de partes del equipo, que contenga cada uno de los subensambles o piezas, donde el personal encargado de realizar el análisis genera un listado de las posibles fallas de cada elemento, la consecuencia de la respectiva falla y su probabilidad de que ocurra para el equipo

o elemento a analizar, entre otros aspectos. Esta relación, se tiene como objetivo identificar, eliminar o minimizar cualquier advertencia de un posible efecto que pueda generar un problema.

g) Benchmarking.

El Benchmarking, es una herramienta que tiene como objetivo realizar una comparativa entre la empresa perteneciente contra los competidores del mismo segmento, o de otro sector en dónde sean referentes líderes, para analizar que estrategias han desarrollado y replicarlas.

h) Diagrama de PERT.

Esta herramienta también conocida como diagrama de redes o ruta crítica, que sus siglas en inglés son Program Evaluation and Review Technique, nace como metodología para la planificación y control de un proyecto, enfocado en sus objetivos, visualizándolo de manera gráfica. En este método, se puede ver de manera más detallada todas aquellas actividades que interactúan con el proceso requerido, con el fin de poder programar los recursos necesarios para cumplir los objetivos implementados con una restricción, el tiempo.

Dentro de los elementos del PERT, se puede encontrar:

1. **Nodos.**- Sucesos que van en secuencia, marcados en un punto en el tiempo, que muestra el inicio y terminación de una operación o grupo de operaciones en un procedimiento.
2. **Arco.**- Cada tarea o grupo de las mismas, se define como una actividad, todos tienen un número en el cual se representan tiempos (semanas, meses, etc.), indispensables para complementar la tarea.
3. **Líneas con flechas.**- Indican la conexión entre nodos, de donde inicia y hacia a donde va.
4. **El tiempo de las flechas.**- Este se encuentra por encima de la línea de la flecha, pueden variar la unidad de medición en semanas o días, etc.

5. Holgura.- Tolerancias de tiempo en las actividades que no se encuentren en la ruta crítica.

En algunos casos, existen gráficos PERT, donde se utilizan hexágonos y círculos punteados, identificándose como los sucesos que indican el tiempo más cercano al evento o el más alejado, sucesivamente, véase la figura 4.7.

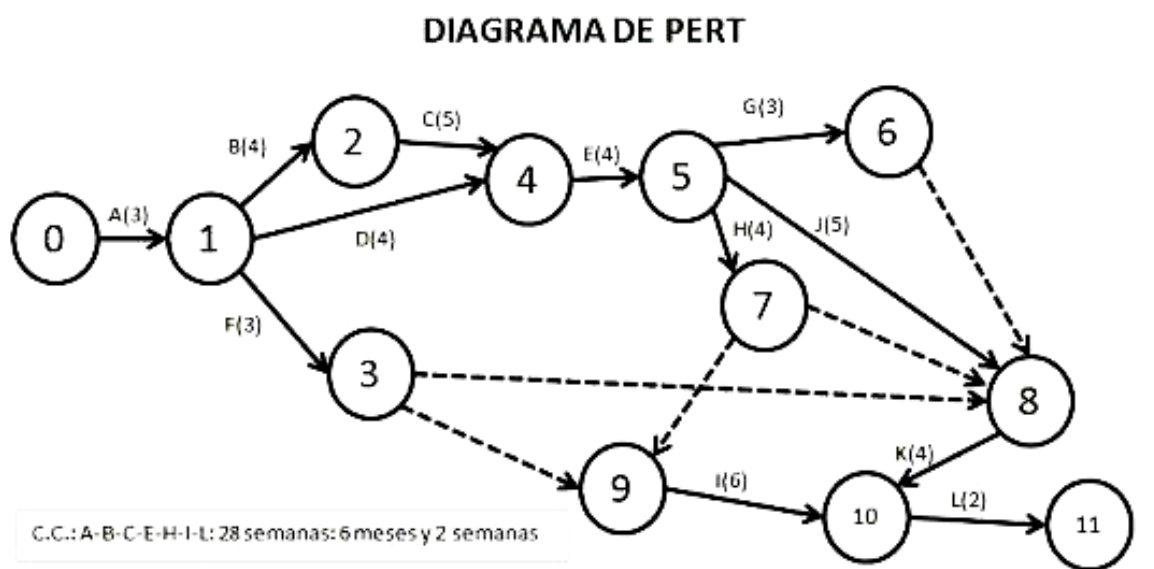


Figura 4.7 Diagrama de PERT.

i) Diagrama de proceso de operación.

En esta herramienta gráfica, se recaba información sobre todas aquellas actividades conectadas de manera cronológica, incluyendo inspecciones en un proceso, demoras, materiales requeridos, entre otras, pasando por toda la cadena de suministro.

En este diagrama se visualiza el comportamiento de las actividades, desde que entra una materia prima, que interacciones hay con otros elementos para formar subensambles o modificaciones, aportando pequeños datos de información específicos y necesarios para la manufactura.

Para la elaboración del diagrama de proceso, se necesitarán algunas de estas características:

1. Símbolos:

- Círculo.

Representa la operación de una actividad, puede ser manual o no, cada una de las operaciones debe tener una dimensión de 3/8 de pulgada o 10 mm.

- Cuadrado.

Denotará una inspección, puede aparecer al inicio, durante o después de finalizar una operación, de igual forma el símbolo deberá tener una dimensión de 3/8 de pulgada o 10 mm. En el círculo y cuadrado, se anotan estimaciones o valores reales de tiempos.

- Líneas verticales y horizontales.

Las verticales muestran la dirección del proceso, mientras que las horizontales que llegan a las verticales, que indican cuando se involucrará un material o equipo, que se necesitará para la actividad en el proceso.

Cuando es necesario que se crucen las líneas horizontales con verticales, pero sin que se toquen, se recurre a utilizar un semicírculo, comenzando de la línea horizontal, pasando por la línea vertical.

2. Datos:

- Encabezado.

El título, deberá contener un nombre que identifique la operación que se está analizando, así como especificar que es un diagrama de operación.

- Número de parte.

Debe contener un número de parte para saber a qué está referido.

- Número de dibujo.

Cuando se crea el dibujo del diagrama, deberá tener registrado un número o código único como referencia.

- Descripción.

Debe existir un texto que describa claramente todas aquellas operaciones e inspecciones involucradas.

- Método.

Debe haber un registro donde se especifica que es el método actual, para diferenciarlo de uno propuesto.

- Fecha.

La fecha en que se elaboró.

- Nombre del autor.

Refiriéndose a la persona quien realizó el diagrama. Pueden haber diferentes estilos, formatos para la elaboración del diagrama, pero en su mayoría son estos algunos de los elementos que debe contener, claro que pueden haber más o menos

elementos. La Figura 4.8 muestra un ejemplo del diagrama de proceso de operación.

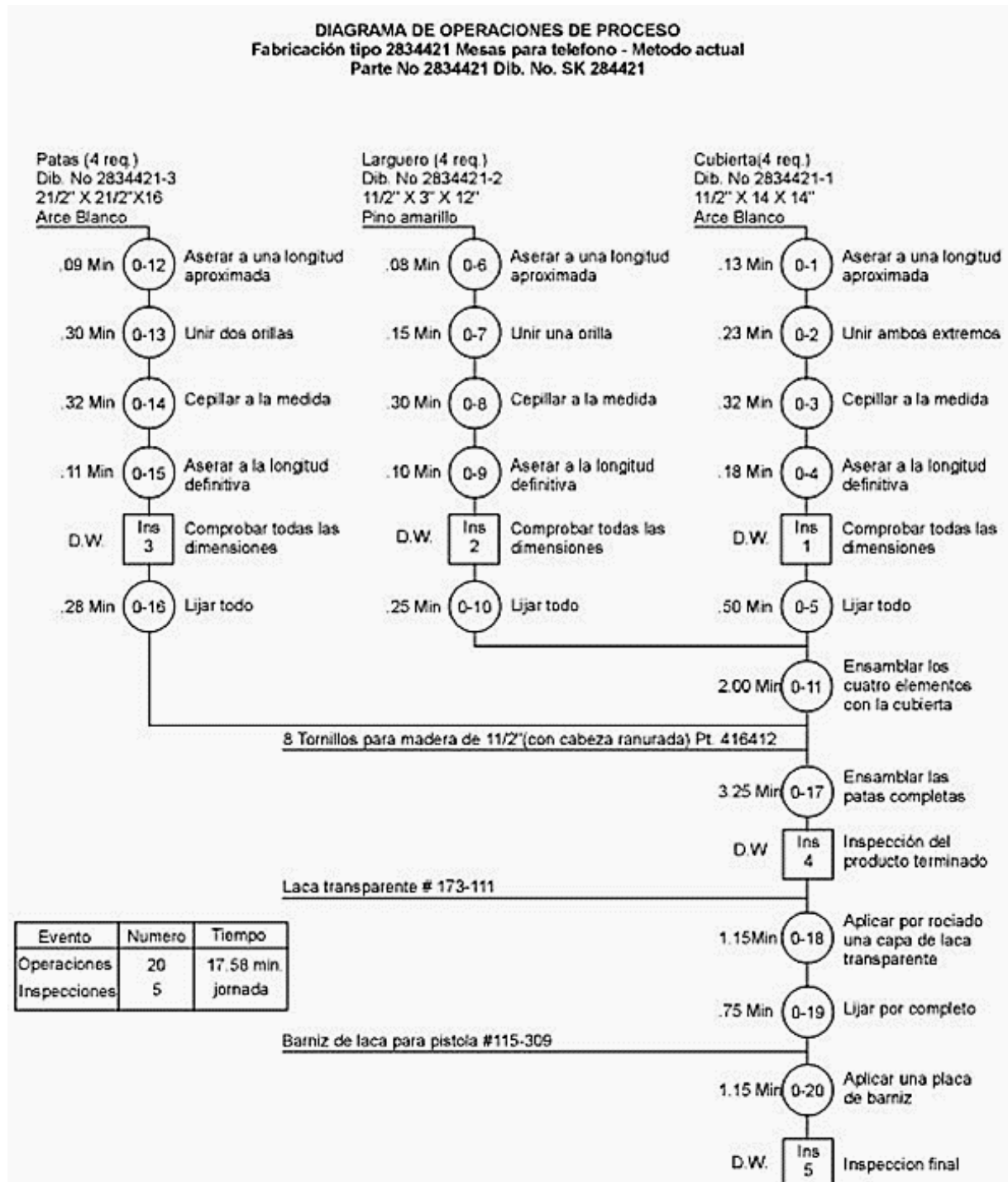


Figura 4.8 Diagrama de proceso de Operación.

j) Diagrama de flujo de proceso.

Esta herramienta a diferencia del diagrama de flujo de operación, es más detallada en sus partes, donde se puede observar de manera concisa, todas aquellas operaciones que no agregan valor al producto, durante todo el proceso que implica, aquellos almacenes temporales, retrasos, entre otros, los cuales también tienen un impacto en el costo.

Al igual que en el diagrama de operación, en este de igual forma tiene que haber información del análisis que se está obteniendo, esto es, todos los datos posibles para la identificación de la información, que se está recopilando.

El diagrama de flujo de proceso, se tiene un mayor peso en cuanto a los movimientos dentro de las operaciones, lo que significa que contiene más elementos para su creación, los cuáles se mencionan a continuación:

1. Símbolos:

Partiendo dentro de los símbolos del diagrama de operación, se anexan algunos de ellos, que en general son los más utilizados, como se muestra en la figura 4.9, donde se aprecia de manera gráfica algunos ejemplos sobre que representa cada figura geométrica.


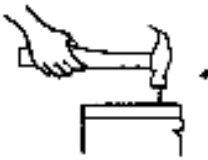
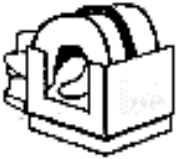






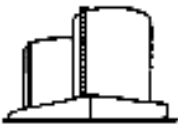
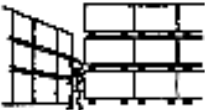









<p>Operación</p>  <p>Un círculo grande indica una operación, como</p>	 <p>Martillar</p>	 <p>Mezclar</p>	 <p>Taladrar o barrenar</p>
<p>Transporte</p>  <p>Una flecha indica un transporte, como</p>	 <p>Mover material en vehículo</p>	 <p>Mover material por banda transportadora</p>	 <p>Mover material cargado (mensajero)</p>
<p>Almacenamiento</p>  <p>Un triángulo indica un almacenamiento, como</p>	 <p>Materia prima almacenada a granel</p>	 <p>Producto terminado apilado en tarimas</p>	 <p>Archivo de documentos</p>
<p>Demora</p>  <p>Una letra D mayúscula indica una demora, como</p>	 <p>Esperar el elevador</p>	 <p>Material en espera de ser procesado</p>	 <p>Documentos en espera para archivar</p>
<p>Inspección</p>  <p>Un cuadrado indica una inspección, como</p>	 <p>Examinar calidad y cantidad</p>	 <p>Lectura de niveles en caldera</p>	 <p>Examinar información en forma impresa</p>

Figura 4.9 Diagrama de flujo de proceso.

En este diagrama, la distancia se toma en consideración de gran importancia, ya que la persona que realice el diagrama necesitará tomar medida de las distancias que se recorren entre actividades que involucren transportes de mercancía o

materiales, de un punto a otro. Esta técnica, se recomienda utilizar para realizar reducciones de transporte u operaciones, en donde se proponga un nuevo método de operación.

La figura 4.10, presenta un esquema genérico de cómo elaborar un diagrama de flujo de proceso.


Fabrica de marcadores de Colombia										
	Manual de Procedimientos				Codigo			FB-001		
					Version			00003		
	Diagrama de Flujo de Proceso				Fecha			16/2/11		
					Pagina			1-1		
Diagrama de Flujo de Proceso										
Fecha de Realizacion				19/02/2011		Ficha Numero				
Diagrama No	Pagina 1 de 1			Resumen						
Proceso	Actividad			Actual		Propuesto		Economia		
Elaboracion de Marcadores				Cant	Tiempo	Cant	Tiempo	Cant	Tiempo	
Actividad	Operación			267,5	218	267	215	-0,5	-3	
Ensamble e inyeccion	Transporte			0	0	0	0	0	0	
Tipo de Diagrama	Material	X		Espera	0	0	0	0	0	
	Operario			Inspección	0	15	0	15	0	0
Metodo	Actual	X		Almacenamiento	50	10	50	10	0	0
	Propuesto			Distancia Total	317,5	0	267	0	-0,5	0
Area/seccion				Tiempo Total	0	218	0	215	0	-3
Elaborado por				Aprobado por						
Descripcion	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Dist	Tiempo	Observaciones
Recepcion de materiales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	12,5	10	Pellet,colorantes,tintas punta
Preparacion de inyectable	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	3	
Molino	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	30	20	50% materia reciclada
Homogenizacion de mezcla	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	10	
Inyeccion	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	20	10	
Inspeccion de residuos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	5	
Eliminacion de desperdicios	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	10	
Estampado de cuerpo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	35	10	Tampoprint
Ensamble punta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	30	30	
Ensamble de filtrona	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	30	30	
Ensamble de inyector de tinta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	30	30	
Ensamble de tapa y contratapa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	30	30	
Inspeccion de calidad	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	10	
Limpieza	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	10	
Empaque	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	15	
Almacenamiento	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	50	10	
Total				14	0	0	2	1		

Figura 4.10 Ejemplo de diagrama de flujo de proceso.

Como se puede apreciar en la Figura anterior, es muy importante anotar toda la información posible, referente al análisis que se está realizando, de igual forma anotar el tiempo que toma cada actividad y la distancia que se recorre éste último en caso de que exista.

k) Diagrama de flujo.

El diagrama de flujo, es una representación gráfica del layout de la planta o área de trabajo analizada, en donde muestra la ruta de trabajo de las actividades que se realizan. A pesar del hecho de que el diagrama de flujo de proceso contenga en gran parte toda la información recabada del trabajo analizado, no contiene este factor, que en algunas situaciones es determinante.

Este es una variable que llega a ser importante para el analista, ya que puede o no, ser una limitante para realizar modificaciones que pudieron ser contempladas con anterioridad, por ende, este diagrama puede servir como un complemento ideal para el diagrama de flujo de proceso, como en la figura 4.11.

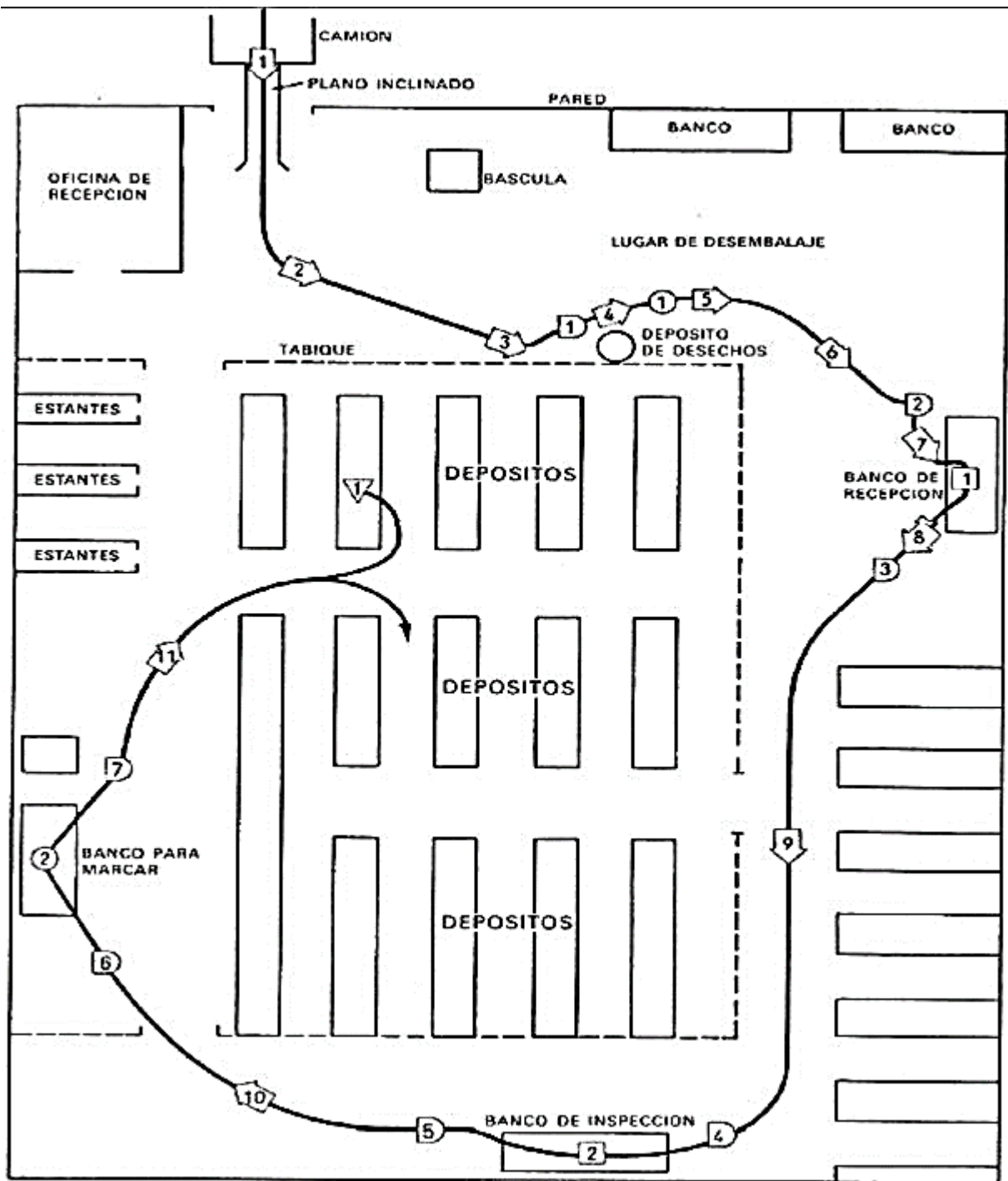


Figura 4.11 Diagrama de flujo.

4.4 Objetivos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

Cada tipo de mantenimiento nace con un objetivo, en el que parten sus actividades, alcances y maneras de cómo llevarse a cabo estas, en este caso no es la excepción, el mantenimiento centrado en la confiabilidad, de acuerdo a Alberto Mora Gutiérrez tiene varios objetivos, que entre ellos se puede encontrar:

- *Eliminar averías de las máquinas.*
- *Proporciona información de la capacidad de producción mediante el estatus de los equipos.*
- *Minimizar costos de mano de obra para reparaciones, basado en la responsabilidad del personal de mantenimiento.*
- *Planear a detalle las necesidades de mantenimiento.*
- *Genera una acción conjunta y sincronizada de mantenimiento y producción cuando se necesita planificar y mantener o aprovechar mejor la capacidad de producción.* (Gutiérrez, 2009, págs. 444-445).

4.5 Desarrollo de una planificación y programación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.



Figura 4.12 Representación gráfica de una planeación y programación.

Antes de comenzar un desarrollo como se representa metafóricamente en la figura 4.12, es importante conocer un poco más de la metodología que implica la utilización de este tipo de mantenimiento, en la que menciona que está basada en un análisis lógico, que atiende en responder ciertas preguntas, existen varios autores que difieren en la cantidad pero que en esencia son las siguientes:

- ¿Cuáles son los equipos o sistemas en los que se debe aplicar el RCM?
- ¿Qué funciones y expectativas son las requeridas de cada equipo o sistema?
- ¿De qué manera puede fallar para hacer dichas funciones?
- ¿Cuáles son los factores causales para que falle?

- e) ¿Qué fenómeno ocurre cuando se genera la falla?
- f) ¿Cuáles son las actividades a realizar para evitar cada falla?
- g) ¿Qué tan redituable es prevenir las fallas?
- h) ¿Cuál es el procedimiento en caso de que no se puedan evitar dichas fallas?

Para poder responder estas preguntas de la manera más adecuada y completamente posible, se debe seguir un proceso que consta de varios pasos. De igual forma que con las preguntas, varios autores difieren en la forma en la que se cuantifican, a continuación se muestran algunos casos.

Por ejemplo, *John Dixon Campbell* en su libro “*Organización y liderazgo del Mantenimiento*” menciona siete pasos y uno previo al primero, siendo los siguientes:

Antes del paso 1, primero se necesita comprender los objetivos y requerimientos de la empresa.

1. *Seleccionar las áreas de la planta Importantes.*
2. *Determinar las funciones claves y metas de la productividad.*
3. *Determinar los fallos funcionales plausibles.*
4. *Determinar los modos probables de fallos y sus efectos.*
5. *Seleccionar tácticas de mantenimiento factibles y efectivas.*
6. *Ejecución de las tácticas seleccionadas.*
7. *Optimizar tácticas y programas.* (Campbell, 2001, págs. 113-125)

Por otro lado, el autor *Salih O. Duffuaa* en su libro “*Sistemas de mantenimiento planeación y control*” nos menciona ocho pasos, los cuales mencionare de forma resumida:

1. *Seleccione los sistemas del equipo que sean más importantes para la planta.*
2. *Definir los rendimientos o funciones esperadas de los equipos.*
3. *Identificar todas las causas fundamentales de las fallas funcionales.*
4. *Determinar el efecto de todas las causas.*
5. *Calcular el grado de efecto de cada falla.*
6. *Utilizar el diagrama lógico de la falla.*
7. *Determinar acciones específicas que eviten fallas funcionales y la ocurrencia con base en un historial del equipo o a través de la experiencia de personal calificado.*
8. *En caso de que no haya tareas preventivas apropiadas, analizar si se puede trabajar hasta que se aparezca la falla (Duffuaa, Raouf, & Dixon Campbell, 2000, págs. 360-362).*

A su vez, *Francisco Javier González Fernández* en su libro “*Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*”, menciona que hay diez fases, que son:

0. *Definición de objetivos de la empresa.*
1. *Formación de Grupo de trabajo y facilitador.*
2. *Elaborar Programa de Actuación, Selección de Sistemas, Equipo o Área Prioritaria.*
3. *Determinar Meta según Objetivos Empresariales y de Negocio.*
4. *Analizar fallos funcionales simples, múltiples y ocultos.*

5. *Determinar modos de fallo y analizar causas y efectos.*
6. *Seleccionar Tácticas de Mantenimiento factibles, eficaces y rentables.*
7. *Auditar el programa definido y el Proceso realizado.*
8. *Implementar Tácticas definidas.*
9. *Optimizar el proceso y compatibilizar con el programa de Mantenimiento Legal de su seguridad.*
10. *Pasar al siguiente Sistema según Programa Fase 2 (Fernández F. J., 2011, pág. 105).*

Como se puede notar, existen ciertos puntos en los que concuerdan, como es el caso de determinar los objetivos de la empresa, que es algo vital para poder iniciar la implementación, suena sencillo ver los pasos que marcan para poder contestar las preguntas, sin embargo toma tiempo el poder obtener información en especial acerca de las causas y efectos de los fallos.

4.5.1 Planeación.

Ahora bien, para poder implementar un sistema de mantenimiento basado en la confiabilidad, como se vio previamente, es importante generar una estrategia de cómo llevarlo a cabo, abordándolo como un proyecto.

Una de las maneras, es generar una planeación para poder contemplar ciertos puntos, que ayuda a tener una mejor percepción del panorama y poder determinar si la manera en la que se realiza es la adecuada o necesita de ciertos ajustes.

Antes de comenzar una planeación, se debe saber si se tiene la aprobación de los directivos de la empresa, cuando se tiene dicha aprobación, la planeación debe contener ciertos puntos a considerar, como por ejemplo:

- Cuáles son los recursos con los que se cuentan para poder llevar a cabo la realización de cualquier actividad.
- Determinar que hay que hacer.
- Como tiene que ser la forma en la que se hará.

Dentro de la planeación se tiene que plasmar todas aquellas actividades que se realizarán. En algunos casos, se tiene que llegar a considerar que se pudieran utilizar recursos externos.

La persona que realice la planificación debe tener cierto grado de conocimiento técnico y por ende, experiencia en el área, por consecuencia esto ayudará a que sea capaz de establecer estimaciones sobre cuánto tiempo durará una actividad de mantenimiento, debe hacer proyecciones sobre el estatus del proyecto comparando lo planeado contra la situación actual.

4.5.2 Programación.

Adjunto a la planeación, se utiliza la programación, que ayuda a determinar el tiempo de duración de todas las actividades a ejecutarse o generar una estimación lo más acertada posible, de manera que en este paso, se acoplan las actividades plasmadas previamente a un tiempo determinado, es necesario determinar el inicio y fin de cada actividad, porque dependiendo de la proyección de tiempo, es como se sabe si las fechas tentativas o aproximadas sirven para el tiempo que llevará la implementación de un RCM o en su defecto, puede darse el caso que los directivos marquen el tiempo que se tiene para mostrar resultados.

Una de las herramientas que ayuda a realizar la planificación de un programa de este mantenimiento, es el del Diagrama de Gantt. Este diagrama, sirve de soporte para gestionar de manera general un proyecto, en donde identifica todas aquellas actividades que necesitan realizarse, incluyendo aquellas en las que se tengan relación con el departamento, bajo qué periodo de tiempo, cuales necesitan modificarse tanto en la tarea, como en la fecha para la que está determinada. En la figura 4.13 se muestra una ejemplificación de este diagrama.

Carta Gantt: Plan de Trabajo																	
Grupo: Fenix		Curso: Desafíos de la Ingeniería												Año: 2014			
Meses-Semanas		Abril				Mayo				Junio				Julio			
Nº	Actividades	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Investigación		■														
2	Corrección 1			■													
3	Entrega Blog 1				■												
4	Presentación 1				■												
5	Corrección 2							■									
6	Entrega Blog 2							■									
7	Presentación 2										■						
8	Feria Tecnológica											■					
9	Entrega Blog 3												■				
10	Congreso Tecnológico														■		

Figura 4.13 Ejemplo del Diagrama de Gantt.

Una de las desventajas acerca de esta herramienta, es que solamente se limita a dar una duración relativa, no es muy exacta, se recomienda que se utilice de manera muy general. Por otra parte, existen unas herramientas que tienen mayor exactitud, como es el método de la ruta crítica CPM y el PERT.

El diagrama CPM, viene de sus siglas en inglés Critical Path Method (Método de la Ruta o Camino Crítico en español), dicha herramienta ayudará en el mantenimiento para planear y programar aquellas actividades que se necesitan y determinar con mayor exactitud el tiempo que abarcarán. La representación de un diagrama CPM, es como el que se muestra en la figura 4.14.

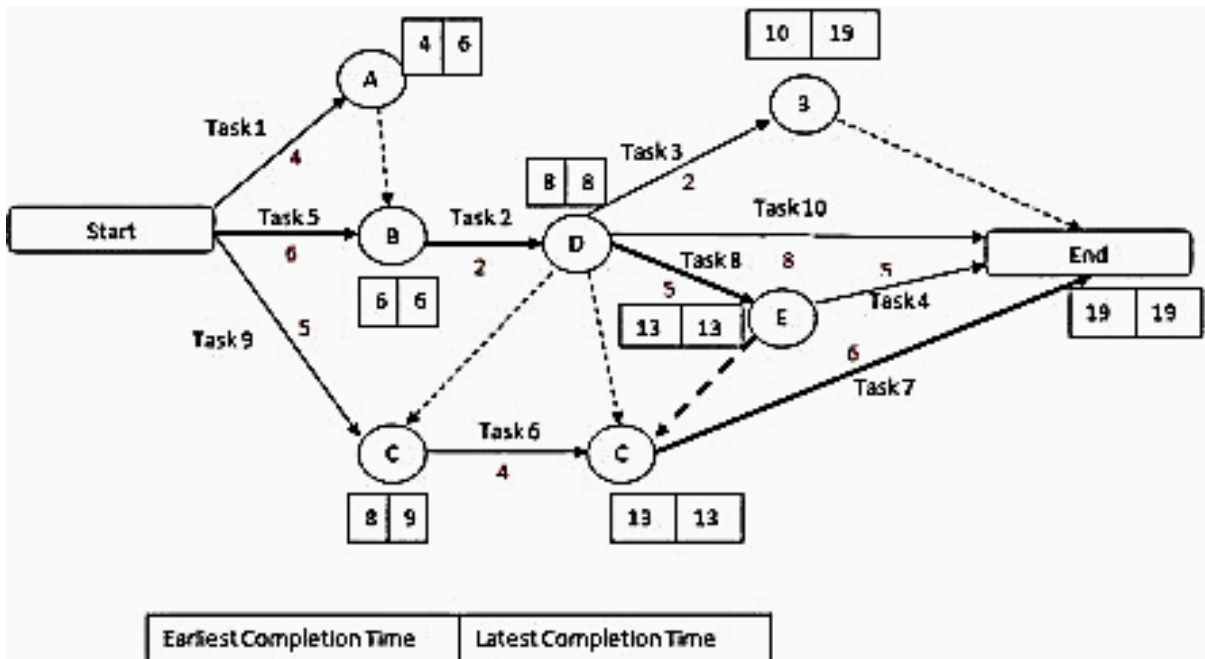


Figura 4.14 Diagrama CPM.

Para construir un diagrama CPM, se necesitan contemplar algunas cuestiones, como las siguientes:

1. Toda actividad está representada por solo una flecha.
2. No deben haber dos actividades con el mismo nodo.
3. Para asegurar que se tiene una red correcta, se debe cuestionar, si está la actividad previa al nodo establecido a esta o cuales son las necesarias para que la actividad se realice, así como saber cuál o cuáles son las sucesoras a esta y si hay algunas otras simultaneas.

La manera en cómo se representa el CPM es similar al diagrama PERT, tienen el mismo objetivo, la diferencia entre estas dos herramientas, es que el CPM asume

tiempos de actividades ya conocidos, de manera que sólo toma un valor, el diagrama PERT toma 3 valores estimados para cada actividad, usándolas para generar desviaciones o determinar valores promedio.



Figura 4.15 Logo representativo del acrónimo.

4.6 Las fallas y su clasificación en los equipos.

Para poder generar dichos análisis rigurosos en los que el personal de mantenimiento se verá involucrado realizando una correcta generación y desarrollo de Mantenimiento tipo RCM (véase la figura 4.15 para entender el acrónimo), es necesario que se comprendan los fallos, por consiguiente es fundamental comprender cuál es el significado del mismo y si existe una clasificación para ellos, logrando que en cuanto se realicen las acciones de mantenimiento, se puedan identificar con mayor claridad a la categoría en la que pertenecen, haciendo que la información a analizar resulte confiable, en base a ello, se puedan determinar acciones que marquen la diferencia, de lo contrario se

llega a tener un problema mayor si no se diagnostica bien el fallo, su efecto y su consecuencia en los equipos o sistemas analizados, como se muestra en la figura 4.16.



Figura 4.16 Ilustración de un fallo.

De acuerdo a diversos autores, la falla se define como la anulación total o parcial de un equipo para desempeñar su función y que está basada en la comparación de un estándar de trabajo.

Debido a que existen diversas formas de clasificar los tipos de fallas, dependiendo del criterio que se tome, en la figura 4.17 se propone una clasificación.

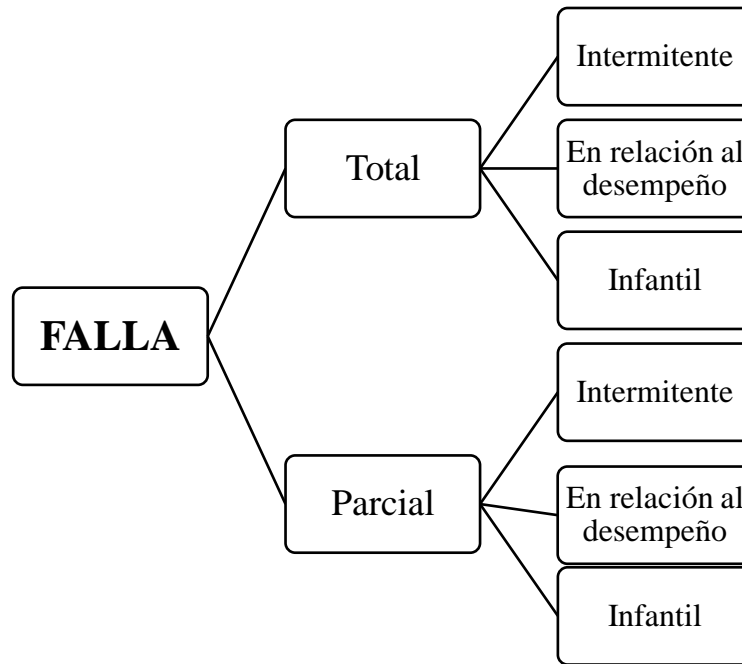


Figura 4.17 Clasificación de fallos.

Como se observa, los tipos de fallas radican principalmente en dos, esto debido a que en una falla puede parar por completo el funcionamiento de un equipo o sencillamente genera un funcionamiento inferior al normal.

CAPÍTULO 5. Propuesta de mejora en la línea de producción y mantenimiento.

5.1 Introducción.

Hasta ahora se ve teóricamente como se ha ido desarrollando el mantenimiento en sus diferentes formas hasta llegar al Mantenimiento de tipo RCM, también como se fue generando y sus aportaciones en el sector aeroespacial, pero se puede decir que en la actualidad existen diferentes sectores industriales donde no se ha implementado y quizá sea conveniente acercarse a esta metodología. Por consiguiente, es de interés mostrar una alternativa de como desarrollarlo e implementarlo con un enfoque un poco distinto al marcado por diversos autores, como se muestra la ilustración de la figura 5.1.



Figura 5.1 Ilustración Propuesta de solución.

Para saber cómo introducir la metodología dentro de una empresa, se clasifica por fases, dentro de cada fase están comprendidos ciertos puntos para llegar paso a paso al objetivo, se propone en la figura 5.2, donde se muestra las diferentes fases.

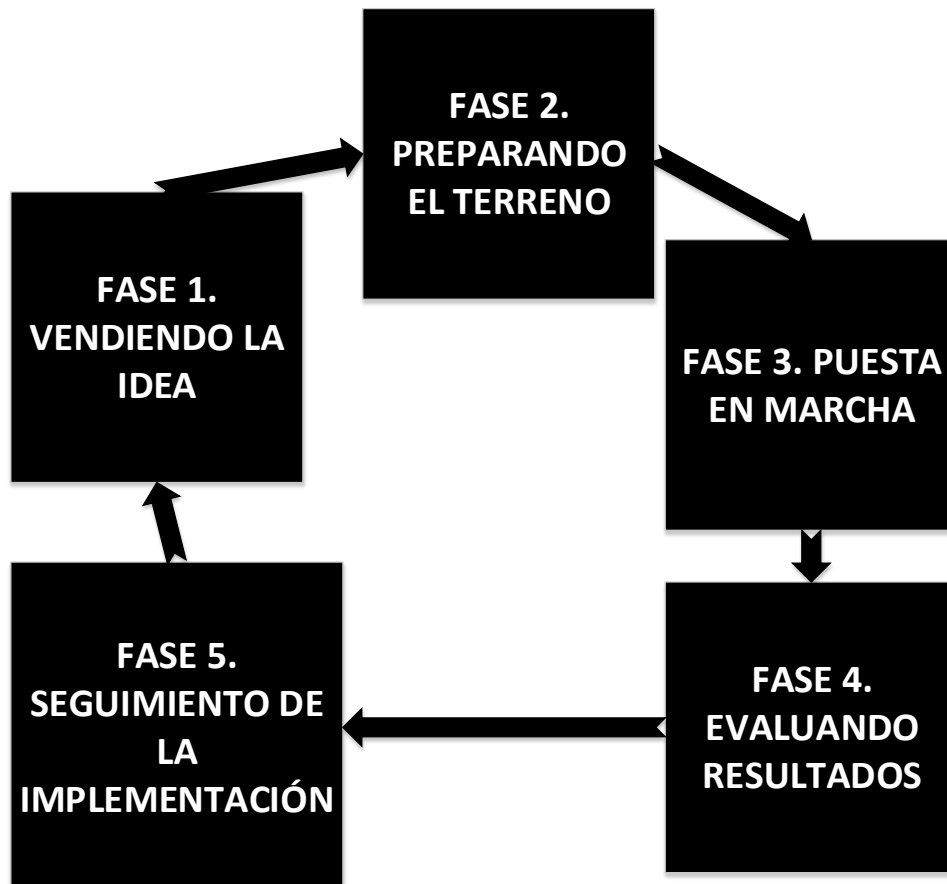


Figura 5.2 Clasificación de las Fases.

5.2 Fase I. “Vendiendo la idea”.

Dentro de las empresas existen diversos mundos de ideas, de estos sólo un grupo reducido es quien opta por darle seguimiento, la moldea hasta verla rendir frutos, quizá se preguntarán cual sería la razón de esto. Para poder vender una idea, en especial dentro de una empresa, es importante tener en consideración varios factores en los que se pueden tomar como herramientas para marcar la diferencia entre el éxito o fracaso de una idea.

Primero, para vender la idea de implementar el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) dentro de una organización, es conveniente lograr un acercamiento hacia el dueño de la empresa, o en su defecto, la persona a cargo de la misma, que pudiera ser un Director o Gerente de Planta, dependiendo de la empresa, entendiéndose como acercamiento, al poder establecer un canal de comunicación para tener el tiempo necesario y ser escuchados, como en la figura 5.3.



Figura 5.3 Fase I. “Vendiendo la idea”.

Continuando con lo anterior, para poder venderle la idea a personas con un alto grado jerárquico, se cuenta con la desventaja de que en ocasiones se tiene que proponer la idea en lo que dura el recorrido del elevador, que es cuestión de minutos, o en caso contrario, agendar una cita previa.

Meramente como punto medular, al proponer la idea, como primer punto, se tiene que conocer y entender cuál es la necesidad del cliente (en este caso, es el dueño de la empresa o personal con un alto puesto en la empresa), tan pronto como sea posible y convencerle de que se puede llegar a él, en la mayoría de los casos todo es en base a dinero.

De igual forma, al querer comentar la idea para implementarse, podría decirse que es como si realizara una especie de venta, por lo que puedo valerme de herramientas de cómo generar una buena venta. Ahora bien, a continuación se

comentan algunos criterios que se consideran claves para que esto pueda ser más comprensible y que esta idea llegue a ser las exitosas.

- Debe existir una estrategia.
- Influye la forma en como se explica o dice la idea.
- Debe crearse una atmosfera de comunicación.
- La idea tiene que ser innovadora.
- La psicología juega un papel clave.
- La buena actitud y el saber escuchar.

Entre otras más que puedan surgir. Para lo cual, esta idea se enfoca en la reducción de tiempos no productivos en el proceso de fabricación debido a fallas o mantenimientos preventivos en las máquinas, en la tabla de la figura 5.4 y gráfico de la figura 5.5, se muestra información acerca de las horas trabajadas durante un cierto periodo, en el que si el dueño de una empresa escucha la propuesta, sabrá con seguridad que las horas trabajadas de su compañía están incluidas dentro de los sectores que se mencionan, por lo que podría darse cuenta que sus cifras serían mejores si se llevara a cabo esta idea de implementación.

Suma de Total de horas trabajadas	Periodo			
TIPO INDUSTRIA	2013	2014	2015	2016
ALIMENTARIA	5503137	5542716	5686293	5798574
CONSTRUCCIÓN	105873	101913	101181	101358
ELECTRODOMÉSTICOS	3600333	3676317	3780624	3950460
MANUFACTURERA	8035746	8302198	8566004	8830445
METALÚRGICA	2719398	2857947	2931198	3029964

MINERA	745530	747774	755457	767538
OTROS	1002747	1030011	1070826	1161519
PETROQUÍMICA	1534401	1550160	1567173	1603347
QUÍMICA	1110357	1087311	1074036	1070262
TEXTIL Y CALZADO	2030787	1996725	1998699	1989591
TRANSPORTE	4456239	4952424	5296917	5532282

Figura 5.4 Tabla Total de horas trabajadas¹.

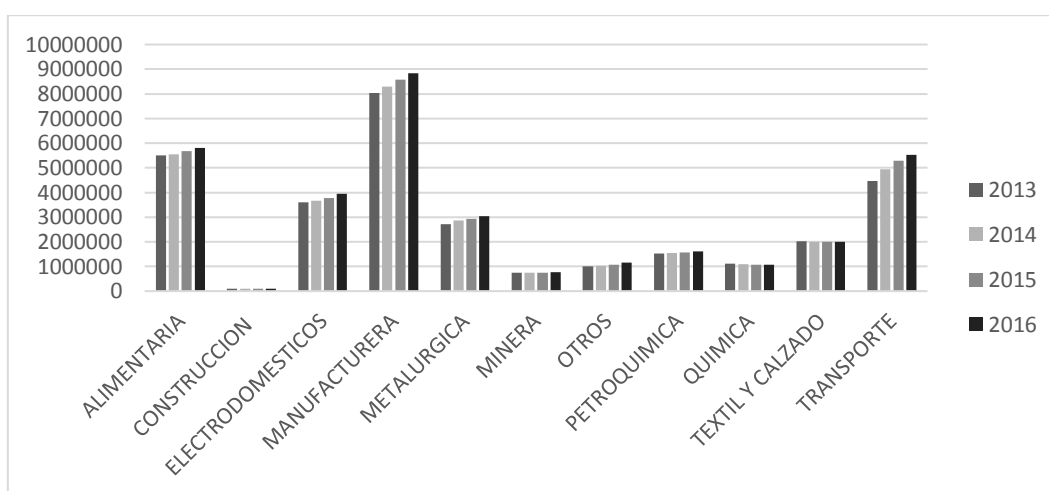


Figura 5.5 Gráfica de la tabla Total de horas trabajadas.

Si la persona con la que estamos vendiendo la propuesta se interesa, debería permitir el acceso a sus datos estadísticos acerca de su producción, el costo de fabricación de sus productos o servicios, mantenimiento, entre otros y de ahí determinar el costo de las pérdidas que han sufrido, con el fin de que el dueño y/o personal encargado de la empresa, pueda observar un panorama de las ganancias

¹ 1 Miles de horas Cifras preliminares a partir de 2016 Fuente: INEGI Encuesta Anual de la Industria Manufacturera (EAIM).

que no se han percibido. Teniendo como base esto, se puede decir que esta idea conducirá a obtener esas ganancias que no se han reflejado como deberían.

Retomando el caso que se mencionó en la problemática, se obtienen datos de las horas trabajadas en una máquina, la cual se toma como base que sirve como medida de comparación a futuro, y se realiza la proyección de cuál hubiese sido el incremento de utilización del 4%, si se aplicase en ese año esta propuesta de implementación, que sin lugar a duda resulto atractivo al gerente de planta, viendo de manera global que otras ventajas añadidas pudieron haber ocurrido.

5.3 Fase II. “Preparando el terreno”.

Una vez superada la Fase I, en donde la aceptación es evidente y confirmada, se pasa a la siguiente, a la que llamo “Preparando el terreno”, como primer punto quiero mencionar que se continua “*vendiendo la idea*”, sólo que en esta ocasión será para el personal encargado de las áreas funcionales de una empresa, refiriéndome a Gerentes, Supervisores, hasta llegar a los trabajadores que están directamente en contacto con los equipos, como en la figura 5.6.



Figura 5.6 Fase II. “Preparando el terreno”.

Existen varias formas para empezar con la Fase II, a continuación se mencionan algunas a considerar, que son de las mejores formas para lograrlo. Como primera opción y tradicional, es una junta. En la que se les hará la cordial invitación con una fecha determinada y serán programadas de acuerdo a los tiempos disponible que se tengan, pueden ser agendadas por niveles jerárquicos, por departamentos o mixto.

Esta junta puede realizarse en una sesión o en varias, dependiendo del avance que se tenga en el grupo, en ella se recomienda hacer presentaciones dinámicas, mostrar videos, pero siempre manteniendo una buena participación de los integrantes, a su vez se debe despertar el interés, puede haber el caso que si la junta está por niveles jerárquicos, quizá sea necesario que se exponga el tema de una forma diferente, en comparación con el personal operativo, ya que cada personal puede tomarlo con la perspectiva desde su puesto.

Otra opción es la de hacer campañas, en donde mediante pequeños *staffs*, se de una presentación del tema, puede haber pequeñas actividades recreativas para fortalecer la exposición, esto para que el personal que está escuchando, pueda captarlo y comprenderlo de mejor forma, con una actitud positiva.

Dependiendo de la forma en cómo se le explique el contenido a todo el personal tanto operativo como administrativo, es como se verá reflejado en la velocidad y participación de los mismos para llevar acabo la implementación del RCM, por lo que quien esté a cargo de desempeñar este paso, debe tener un amplio dominio del tema, a su vez de saber cómo manejar al grupo, debe haber una buena comunicación para evitar que existan confusiones y conflictos que afecten el proyecto, véase un ejemplo en la figura 5.7.



Figura 5.7 Exponiendo el tema.

En este proceso, se presenta cierta resistencia al cambio, ya que implica tener una mentalidad abierta para ver las cosas con un enfoque diferente, esto porque se cuenta con personal que tiene al menos 10 años de experiencia y su estilo de

trabajo quedo de cierta forma estandarizado, esta apertura al cambio, en especial es enfocada para el personal de mantenimiento, producción, seguridad, calidad y las gerencias. Esta exposición del tema se desarrolló en diferentes sesiones, para generar el interés por cambiar en los asistentes. Buscando siempre que la mentalidad sea de forma positiva y con una buena actitud en busca de sembrar el cambio en aquellas que aún carecen de ello, una de las ventajas es que al poder cumplir con la primer fase, se contó con el apoyo del personal con alta jerarquía, lo que facilitó la aceptación por parte de todo el personal y de los recursos como el acceso a determinada información, el personal que sería involucrado, tiempo para desarrollar el proyecto de implementación, capacitaciones.

5.3.1 Planeación y Programación de actividades.

Como este proyecto es de gran escala e importancia, requiere una planeación y programación de actividades de la manera más adecuada posible, en ocasiones se llegaron a modificar ciertas fechas establecidas por diversas razones, por lo que se tuvo que establecer ciertas holguras de tiempo y en otras se tuvo que realizar un ajuste en los tiempos de manera que se tuvo que comprimir algunas acciones, de igual forma se notó que durante el proceso de implementación, aparecían actividades nuevas que surgieron como necesidad para cumplirse bajo órdenes superiores, de igual forma ocurrió que al principio del desarrollo de la planeación y programación, se consideran ciertas actividades con un nivel de importancia y tuvieron un cambio, convirtiéndose en críticas al momento de realizarlas o no críticas.

Lo más recomendable para no perder la visión del proyecto, fue siempre tener en mente el plan maestro del proyecto, en el que se contemplaban actividades principales, esto sirvió para monitorear el comportamiento de avance, retroceso o modificación de tiempos/actividades para llegar a una fecha establecida.

La figura 5.8 muestra un ejemplo de cómo realizar una planeación y programación de actividades para llevar a cabo el proyecto, como se puede ver en dicha figura, aquí se plasman las fechas tentativas y las secuencias en cómo se realizarían las operaciones. Ser tan breves o tan extensos dependerá del alcance del proyecto, pero no se debe caer en la situación donde sea un cronograma tan extenso o saturado de actividades que no son de gran importancia el plasmarlas.

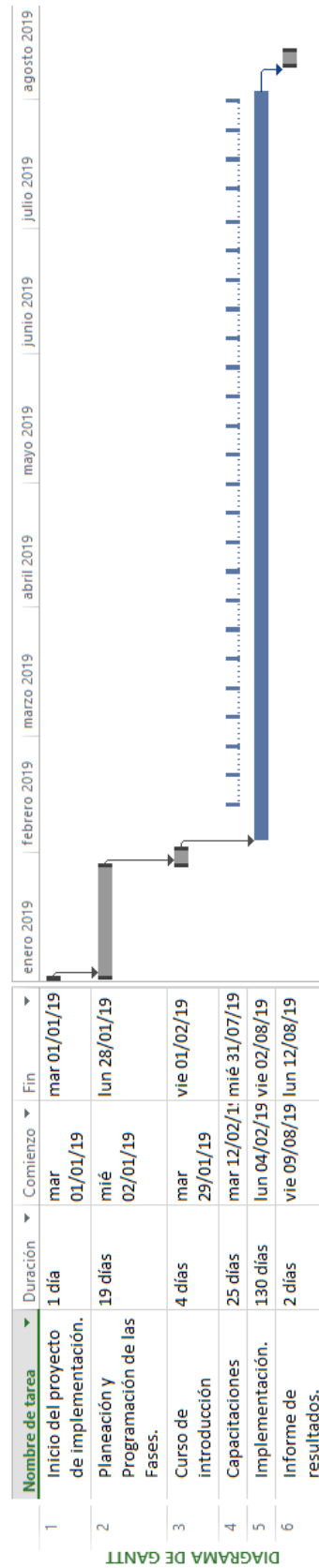


Figura 5.8 Esquema de una planeación y programación.

Como se observa en la figura 5.8, se establecen tareas principales, pero como segundo paso se debe marcar si en cada una de ellas existen actividades secundarias y a su vez si existen derivadas de cada una de estas, por lo que, dependiendo de la cantidad de tareas, es cómo afectará el tiempo que se le tiene asignado en cumplir, esto es, sí para una actividad se considera un día y se descubre que se necesitan llevar a cabo unas secundarias, se procede en verificar si realmente llevará el tiempo establecido.

A continuación se muestra un ejemplo de la planeación y programación de actividades de cómo se desarrolló, en la figura 5.9.

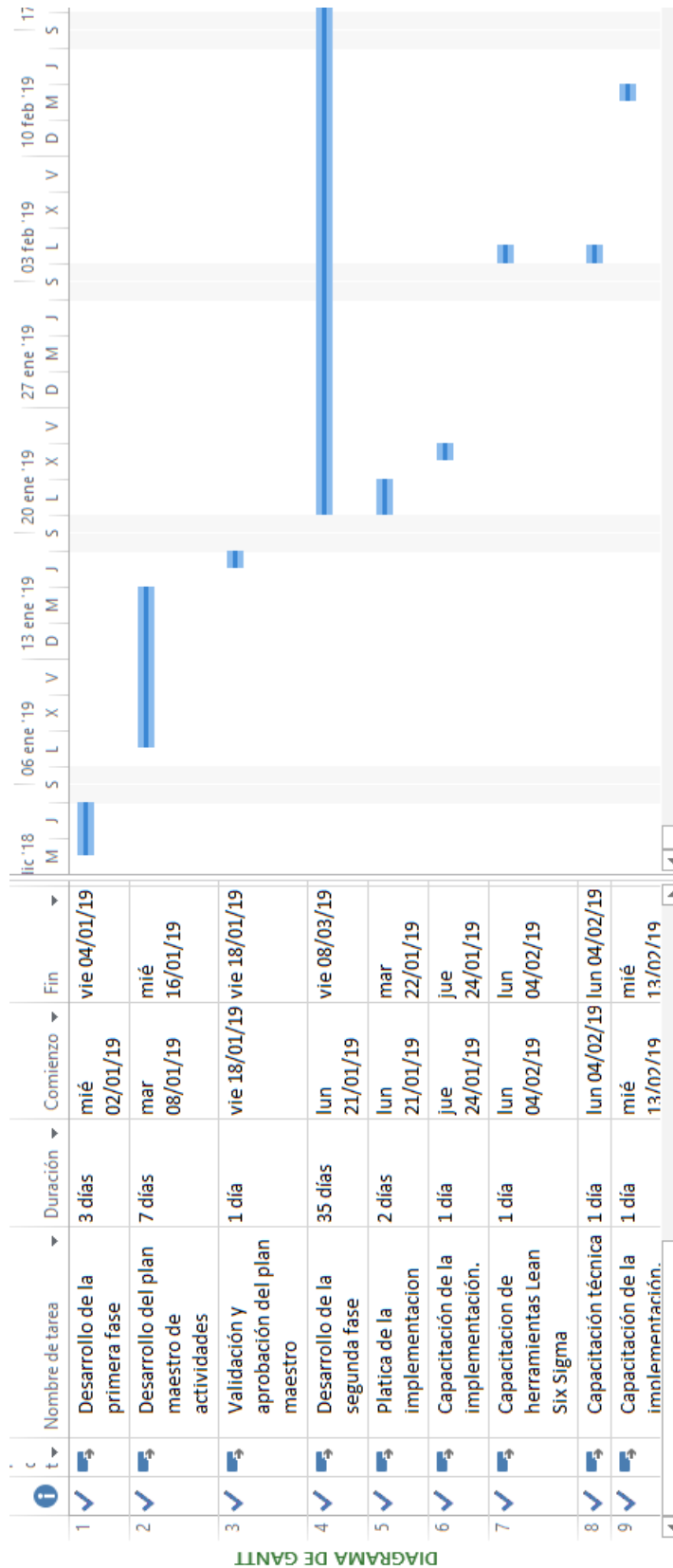


Figura 5.9 Plan maestro de la implementación caso práctico.

5.3.2 Capacitaciones.

Para seguir reforzando las juntas en busca de transmitir el conocimiento y el poder adecuar los cambios pertinentes, las capacitaciones cumplen con un papel importante, puesto que apoyan consolidando la información que se expuso de manera continua, sirven para corregir aquellos datos erróneos o que no fueron aclarados previamente. En la capacitación se tiene que saber con qué recursos se cuenta para realizarla (tiempo, personal, un aula, etc.), esto dará la pauta para crear el proceso de capacitación.

La capacitación deberá considerarse de tipo conferencia, sobre la marcha y desempeñando papeles, puesto que se está por generar un primer contacto con el personal, se necesita de este tipo porque hay que dar exposiciones del tema lo más claro y brevemente posible, sobre la marcha se seguirá capacitando porque durante el proceso habrán dudas o escenarios, que necesitarán soporte para auxiliarlos, se desempeñarán papeles, debido a que habrá asignación de responsabilidades a encargados que refuercen el seguimiento del proyecto.

Durante el proceso de capacitación, se debe comenzar a realizar un análisis de todo el personal con ciertas competencias, buscando generar perfiles de cada uno acerca de sus habilidades, para que se consideren los posibles candidatos que colaboren dentro de los grupos de desarrollo del proyecto.

Es recomendable que los grupos sean segmentados por niveles jerárquicos, porque para ciertas actividades se requerirán de un mismo nivel de conocimiento y actuación, tomando como base sus puestos de trabajo. De igual forma, se tiene que

crear un ambiente tranquilo por parte del grupo, con esto me refiero a que ningún trabajador se sentirá cómodo aprendiendo mientras tiene a su lado algún jefe o gerente.

Para dar comienzo a las capacitaciones, lo más recomendable es que hayan sido planeadas y programadas, en este paso se tiene que crear un programa que ayude a conducir al personal durante su aprendizaje, este programa debe contar con los siguientes puntos:

- Estar direccionado hacia el objetivo por el cual fue hecho.
- Tiene que ser un programa general para que se incluya a todo el personal que se requiera.
- El encargado de la capacitación deberá ser alguien calificado y con aptitudes para querer enseñar bien.
- Los temas deberán contener métodos para solucionar ciertos problemas.
- Haber un seguimiento de un esquema de actividades dentro del plan.
- Debe haber un tiempo para resolver dudas o comentarios.
- Crear un ambiente con tolerancia a cometer errores y saber cómo corregirlos.
- Haber un reconocimiento a los comentarios u opiniones o en su defecto realizar una corrección constructiva.
- Saber con qué herramientas y materiales se cuenta.
- Saber guiar y mostrar confianza en las capacidades del grupo.

Al momento de dar inicio las capacitaciones mediante la conferencia, se tiene que establecer cual o cuales son los objetivos para que el grupo este enterado acerca de la razón por la que se necesita de su presencia, se debe involucrar de forma activa al personal, ya que al hacerlos partícipes en el proyecto, ellos propondrán ideas tanto positivas como negativas, es por ello que se debe escuchar activamente a los integrantes, porque pueden existir comentarios negativos que quizá sean importantes considerar utilizar a favor, para evitar que esto sea un impedimento en cuanto a la participación del personal, se debe hacerles saber qué es lo que se espera de los participantes.

Como en toda preparación, siempre habrá dudas e inquietudes, por lo que se tiene que contar con una sesión para aclararlas o en su defecto, resolverlas al instante en que se presenten, también es válido apoyarse de la creación de folletos.

Ahora bien, como esta capacitación implica un cambio para mejorar varios aspectos, en especial dentro del departamento de mantenimiento, puede ser que se tiene el escenario en el que existe un grupo de personas tradicionalistas, en los que dentro de sus jornadas laborales, han venido trabajando de la misma forma por cierto tiempo. Esto es natural y se tiene que saber enfocar en este tipo de formas, se aconseja conducirlos mediante la proyección de una película, en donde se muestre una comparativa entre la nueva manera en la que se propone trabajar y el método con el que han venido trabajando. Así como es importante mencionar al grupo que el método que se propone para trabajar, es favorable y explicar las razones del porqué, hacerles saber que no se propone un nuevo procedimiento para trabajar al azar.

Cuando se pase a la parte de la capacitación de tipo sobre la marcha y desempeñando papeles, quizá persista el escenario anterior, por lo que la herramienta que será de gran ayuda es el hábito, este debe existir desde el momento en que comienzan todas las actividades, debe realizarse con las actividades ya aprendidas de manera correcta, esto facilita la velocidad con la que el grupo avance.

Es importante mencionar, que las capacitaciones se realizarán bajo ciertos periodos de tiempo establecidos dentro de las 5 fases, se realizarán pruebas para saber el nivel de aprendizaje de los trabajadores y tener un estatus general, después generar un análisis y poder determinar sobre qué tipo de habilidades se necesitan desarrollar en los grupos, que conocimientos requieren o necesitan reforzar, a su vez se recomienda realizar encuestas al personal acerca de las capacitaciones para retroalimentar y mejorarlas, a fin de que se cumplan las expectativas y se abarquen los objetivos establecidos.

Todas las capacitaciones dentro del caso, se dividieron en básicamente dos aspectos, uno que fue en cuanto al desarrollo de la implementación, en donde se enseñó cuáles eran los pasos que debían realizar en ese momento de la fase en la que se encontraban, aclarar dudas o hacer retroalimentaciones positivas. El segundo tipo de capacitación fue más en relación de aspectos técnicos, para que todo el personal que trabaja en mantenimiento, tenga el mismo nivel de conocimiento, compartir información con la que no se contaba para mejorar los tiempos de reparación, tips para poder solucionar algunas fallas, darle una ligera capacitación también al personal operativo, para que sepa la forma correcta de trabajar el equipo o aprender a detectar anomalías.

5.3.3 Algunas herramientas Lean Six Sigma para el proyecto.

Para poder determinar cuáles serán los posibles candidatos para convertirlos en el equipo, necesitamos dar un pequeño repaso a la filosofía Lean Six Sigma, además, comprender algunas metodologías y estrategias, que se necesitarán para implementarse en este proyecto.

Para comenzar, si se busca en un diccionario la palabra en inglés *lean*, se puede encontrar que se describe como algo delgado, esbelto, ahora bien, de acuerdo con diversos autores, definir la palabra lean es como una filosofía basada en el Sistema de Producción Toyota (TPS), que tiene como objetivo eliminar los desperdicios, que existen en el ciclo desde que el cliente solicita un pedido hasta que se obtiene el debido cobro, a través de procesos flexibles, generación de flujos más continuos, entre otras.

Por otro lado tenemos Six Sigma, que se puede definir como un sistema flexible con una filosofía encaminada al éxito en los negocios, mediante la comprensión de las necesidades de los clientes, se vale de la utilización de análisis estadístico de información, se esfuerza por incrementar la calidad, productividad y un beneficio financiero.

Una vez aclarado esto, Lean Six Sigma, busca como primer paso incrementar de manera simultánea la calidad y la reducción de costos en una organización, que tiene una filosofía y una administración de procesos como propósito. Busca conseguir resultados o mejoras que se relacionen con las metas establecidas para

un determinado tiempo. A continuación se mencionan algunas herramientas que se consideran básicas para su utilización.

a) 5 'S.

Herramienta popular del Lean Six Sigma que promueve una disciplina y responsabilidad, mediante cinco etapas en las que se busca tener un área de trabajo más productiva y limpia, donde se desarrolle un ambiente de trabajo más seguro y satisfactorio, véase el ejemplo de la figura 5.9. Se llama así debido a que representan palabras japonesas que inician con la S, que son:

1. Seiri (Clasificar).
2. Seiton (Ordenar).
3. Seiso (Limpieza).
4. Seiketsu (Estandarizar).
5. Shitsuke (Seguimiento/Disciplina).

La primera S – seiri, indica que se debe eliminar o quitar todo aquel elemento u objeto que no necesitemos en el área de trabajo para realizar las actividades pertinentes. En ocasiones pensamos que todo lo que guardamos lo ocuparemos en un momento, pero para hacer más fácil esta etapa podemos recurrir a estos pequeños pasos:

- Establecer parámetros para seleccionar, como tamaño, forma, color, costoso, frecuencia de uso, etc.
- Determinar las áreas de trabajo.
- Reconocer cuáles son los objetos.
- Seleccionar solo los elementos que necesitaremos y eliminar los excesos.
- Quitar información errónea.

La segunda S – seiton, se tiene que asignar un lugar para cada elemento que se considera útil previamente, así como:

- Asegurar de que sea un sitio en el que se puedan tomar y retornar fácilmente.
- Determinar la cantidad adecuada de cada elemento para el lugar en el que se asigne.
- Cada lugar va asignado en relación al espacio del área de trabajo.

La tercera S – seiso, se enfoca completamente en limpiar, esto requiere que la limpieza se realice en todas las áreas de trabajo, pero a su vez implica:

- Generar un calendario de limpieza.
- Determinar formas para limpiar.
- Anexar la limpieza como actividad dentro del trabajo.
- Crear el hábito de limpiar.
- Buscar factores de contaminación con el fin de erradicarlas o minimizarlas.

La cuarta S – seiketsu, en esta etapa se debe generar los estándares de la limpieza, esto es, generar los procedimientos de limpieza e inspección, hacer posible que se realicen las actividades implicadas en la limpieza de forma continua, haciendo que las tres S anteriores se sigan cumpliendo y realizar evaluaciones sobre ellas.

La quinta S – shitsuke, la última se centra en poder darle un seguimiento de la herramienta, esto implica que el hábito se vaya construyendo a diario, de manera que se convierta en una disciplina la realización de esta herramienta, generar la consciencia sobre la importancia de cumplir con los procedimientos establecidos para mantener el sitio impecable.

En la figura 5.10 se muestra una comparativa cuando no se tiene 5´S contra una oficina que ya tiene la implementación funcionando.



Figura 5.10 Ejemplo aplicación 5 S.

b) Poka Yoke.

Creada en Japón por la década de los sesentas, por Shigeo Shingo, nace de las palabras: poka (errores inadvertidos) y yokeru (evitar), como una técnica para la manufactura, es un método que busca obtener cero defectos en los procesos mediante la anticipación y prevención de los errores humanos, así mismo, busca localizar la causa raíz que lo origina, logrando que las personas estén enfocadas en las tareas encomendadas, como el ejemplo de la figura 5.11.



Figura 5.11 Ejemplo de Poka Yoke.

Existen 3 tipos de poka yoke, que pueden ser:

1. Físicos o de contacto. Se basan en la prevención de errores, se utilizan para detectar errores o defectos, este tipo se basa en las propiedades físicas de los objetos, como las formas, dimensiones, etc.
2. Secuencia. Se utiliza cuando la sucesión de pasos es de gran importancia, se reducen las formas en que se realice una tarea, a una sola opción y se verifica que se ejecute cada acción de manera correcta.

3. Conteo. Aparece cuando un contador se utiliza como dispositivo para llevar el registro de una operación o movimiento, en caso de encontrar un error o llegar a un número deseado, este manda una señal.

c) Andon.

Herramienta de lean manufacturing, que mediante un dispositivo con elementos auditivos, textuales o visuales, este elemento comunica el estado de las operaciones, paros de máquinas o problemas en tiempo real, que sirven como indicadores para realizar actividades de mantenimiento, cambio de un programa, etc. Se utiliza esta herramienta dentro del mantenimiento como ayuda para mejorar la comunicación a la hora en el que se necesite un servicio de emergencia, mejorando el tiempo para atender a las fallas, manteniendo la calidad de los equipos reflejada en las necesidades del cliente, como en el siguiente ejemplo de la figura 5.12.



Figura 5.12 Ejemplo de un Andon.

d) Kaizen.

Proveniente de la cultura japonesa, esta palabra que tiene primeramente como significado “mejorar”, haciendo referencia a realizar cambios, la filosofía de Kaizen menciona que la forma en la que vivimos, ya sea de trabajo, social o familiar, tiene que ir mejorando de forma constante, de ahí que adquirió el significado de “mejora continua”, aplicado esto dentro de una organización, se busca la mejora continua en todas las áreas funcionales dentro de cada uno de sus procesos en el que existan actividades que agreguen valor, reduciendo desperdicios mediante la aplicación de herramientas de manera gradual.

Para poder dar inicio al mejoramiento, tiene que haber un reconocimiento de las necesidades como tal, sí no existe, por consecuencia tampoco habrá que reconocer la necesidad de mejorar, como en el ejemplo de la figura 5.13. Es natural que como humanos, difícil aceptar la existencia de un problema, ya que el reconocerlo significa que admitir fracasos errores o debilidades y lo más grave es buscar como disfrazarlos. Es por ello que Kaizen también es una metodología para la identificación y resolución de problemas.

Dentro del Kaizen existe una práctica, en donde se incentiva fuertemente involucrar a los trabajadores en esta filosofía mediante las sugerencias. De manera que la cantidad de dichas sugerencias es un métrico para analizar el desempeño del personal a cargo de ellos, a su vez el jefe de los supervisores proporciona el soporte necesario buscando que los trabajadores generen más ideas.

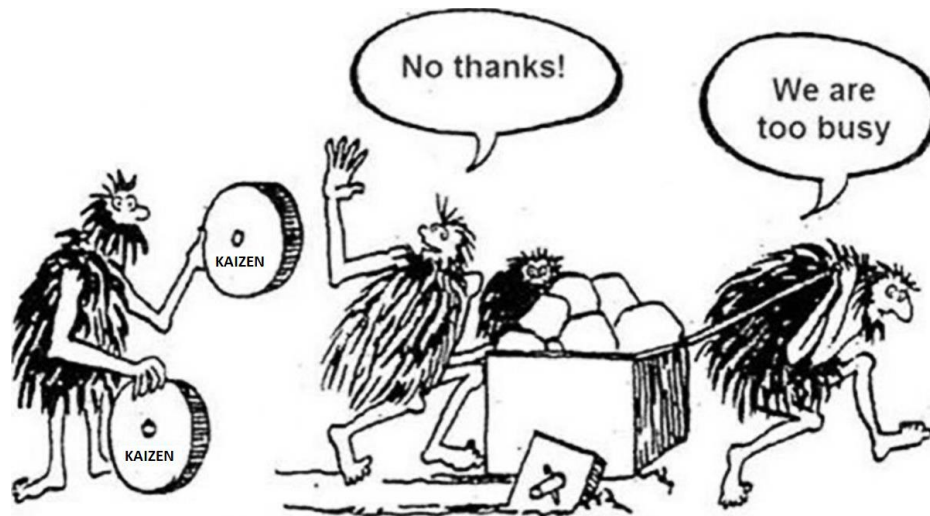


Figura 5.13 Ilustración del Kaizen.

El Kaizen sirve para reducir los desperdicios que hay dentro de una empresa, busca incrementar la calidad de los procesos que se refleja hacia los productos o servicios de manera general, pero más a detalle buscar reducir tiempos muertos, reducir la variabilidad dentro de un proceso, mejorar las condiciones en las que se trabaja haciéndolas más ergonómicas y seguras, entre otras.

5.3.4 Estableciendo el equipo de trabajo.

Como se mencionó con anterioridad, durante las capacitaciones se estará observando a los diferentes grupos en busca de los posibles candidatos, debe establecerse los criterios que se necesitan para que una persona sea contemplada para el equipo, una de las maneras para saber quiénes podrán ser considerados podrían ser:

- Con base a la adaptación que tienen al momento de capacitarlos con temas de lean six sigma.
- La actitud de querer cambiar para mejorar será un factor clave a considerar.
- El puesto que desempeña, esto debido a que se requerirán diferentes tipos de experiencia que aporten conocimiento en las reuniones.
- Las habilidades que tienen para comunicarse.

Se propone que dentro del grupo existan los siguientes cargos:

1. Líder del equipo. Esta persona deberá tener liderazgo y conocimiento del tema.
2. Patrocinador(es). Debe ser una persona que tenga autoridad y pueda apoyar en las decisiones del equipo.
3. Facilitador. Persona que tiene la habilidad para dar capacitaciones, proporcionará apoyo al equipo con su conocimiento del área, las herramientas y metodologías.
4. Deberá haber personal del departamento de mantenimiento en su mayoría, al menos un Ingeniero o Supervisor del área de producción, seguridad e higiene, calidad y uno del departamento de Diseño o Ingeniería, se recomienda que sólo existan entre 7 y 10 personas para el apoyo del desarrollo del proyecto, como un ejemplo gráfico de la figura 5.14.

Sabemos bien que existen las misiones y visiones que vienen directamente escritas en la política de la empresa, siendo la razón por la que el equipo deberá estar

apegado a las mismas, como en toda organización la comunicación es la clave del éxito, para formar el equipo se necesita de la colaboración de otros departamentos ajenos a Mantenimiento, ayudará cuando se necesite realizar planes de acción, deberán planearse reuniones con el equipo cada determinado tiempo, por medio de un cronograma que establezca el equipo, esas juntas no serán para estar inactivos, deben ser eficientes porque siempre habrá participación de los integrantes seleccionados, se discutirán temas relacionados con el proyecto, tomando decisiones con base a argumentos establecidos mediante el análisis, se delegarán responsabilidades con base a la función que desempeñan, pero siempre con el mismo nivel de compromiso.

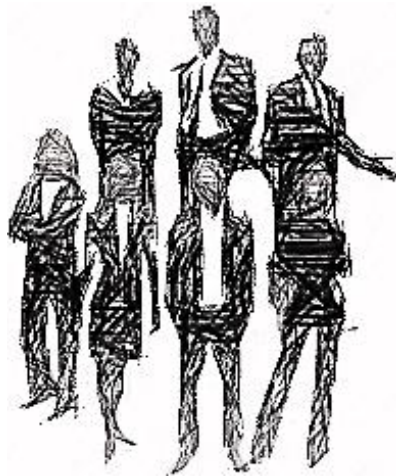


Figura 5.14 Formando el equipo de trabajo.

Ahora, el equipo con el que se trabajó se compuso de la siguiente tabla de la figura 5.15.

Puesto	Departamento	Cargo
1.- Externo.	Externo.	Lider de grupo.
2.- Gerente de planta.	Gerencia de planta.	Patrocinador 1.
3.- Superintendente de producción.	Producción.	Patrocinador 2.
4.- Ingeniero de Planta.	Mantenimiento.	Patrocinador 3
5.- Supervisor.	Producción.	Facilitador.
6.- Supervisor.	Mantenimiento.	Facilitador.
7.- Supervisor.	Seguridad.	Facilitador.
8.- Operador.	Producción.	Integrante.
9.- Técnico Mec-Ele.	Mantenimiento.	Integrante.

Figura 5.15 Tabla del equipo de trabajo.

Aunque no se pudo contar con un ingeniero de diseño, el equipo que se desarrolló, es suficiente para poder resolver situaciones que aparezcan y dar solución, ya que se buscó que fuera multidisciplinario, y es necesario para atacar un problema de raíz desde las diferentes perspectivas con las que se trabaja en la compañía.

5.4 Fase III. “Puesta en marcha”.

Una vez que se haya dado comienzo a las capacitaciones y formación del equipo encargado para este proyecto, comenzará la Fase III “Puesta en marcha” que consta en ir aplicando la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de forma gradual, en este punto se tiene que contar con el apoyo total del equipo, para evitar que existan carencias de aprendizaje o conocimiento del tema durante este proceso. También se necesita desarrollar sistemas de registro para ir compilando toda la información necesaria con el fin de tener antecedentes

que sean útiles ante los problemas, logrando ser más efectivos en la solución de ellos.

5.4.1. Estableciendo la meta y objetivo del equipo.

Para comenzar con el desarrollo de la metodología del RCM, se necesita seguir con el programa que se establece en la etapa de planeación y programación de actividades. Uno de los siguientes pasos será el poder establecer la meta y objetivo del equipo, esto es, se tienen que juntar los esfuerzos en la misma dirección que la compañía. Aquí el equipo podrá aportar ideas que complementen las establecidas por la empresa o podrán crear algunas convenientes, pero que no se alejen del objetivo.

Cuando se llegó a este paso, el equipo adoptó los objetivos que tiene marcado la planta, que en este caso tienen como variables los siguientes rubros:

- 1.- Desperdicio.
- 2.- Overall Equipment Effectiveness (OEE).
- 3.- Certificación del volumen de producción.
- 4.- Seguridad.

Las prioridades no van de acuerdo a la secuencia en la que están escritas, pero todas tienen una gran consideración en la planta, porque es un estándar con el que

se les mide, se fijaron la meta de poder incrementar la velocidad de la máquina, pero esto requería saber cómo calcularla y que variables intervienen.

5.4.2. Determinar el activo para aplicar el RCM.

Es necesario limitar hasta qué punto se quiere aplicar la metodología, por lo que ahora el equipo necesita analizar cuáles son las áreas y equipos en los que se implementa, por lo que se requiere hacer una evaluación de todas ellas. Es claro que hacer una lista de todos los equipos o sistemas podría resultar eterna y laboriosa, sin mencionar que es algo complejo. Para poder realizar una lista útil se recomienda hacerla de forma estructural, esto es, generar las relaciones que las constituyen, mostrando las dependencias que existan entre cada uno de los activos. Por lo general, dentro de una empresa se puede encontrar las categorías mostradas en la figura 5.16.

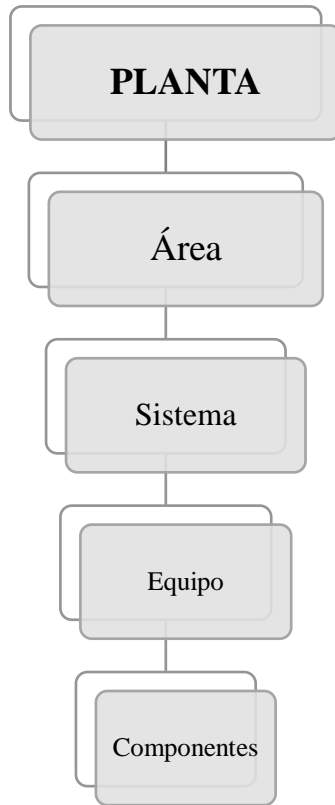


Figura 5.16 Estructuración de las categorías de una empresa.

No todos los equipos o componentes son siempre indispensables, existen algunos con mayor prioridad que otros, pero ¿Cómo poder diferenciarlos? una herramienta que sirve para tener más claro sobre que equipos o sistemas empezar por implementar la metodología, es mediante el análisis de criticidad, que más adelante se mencionará.

Para clasificar los equipos a considerar es por:

- A. *Equipos críticos. Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.*

- B. Equipos importantes: Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.*
- C. Equipos prescindibles. Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño coste adicional.*
- (Garrido, Organización y gestión integral de mantenimiento, 2003, pág. 24)

Se aconseja tomar también como parámetros los costos de sus refacciones y mano de obra, el tiempo que tardan las reparaciones, la frecuencia con la que fallan, el efecto al medio ambiente o seguridad que causan, el impacto a la producción que causa, entre otras.

El equipo tuvo una sesión en donde se discutió sobre cuál sería el equipo, maquina o sistema en el cual debía realizarse la implementación, pero como era la primera vez que se aplicaba, tomaron como base una máquina con la cual se corre producto de un cliente distinguido, que no se puede producir en otra máquina dentro de la planta, por lo que la estructura del diagrama quedo de la forma que aparece en la figura 5.17

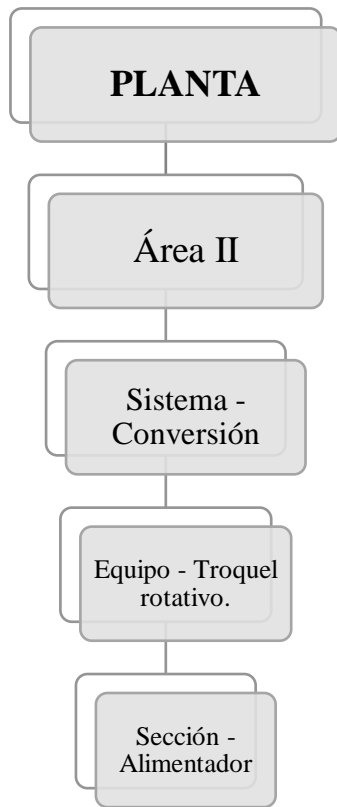


Figura 5.17 Estructura de las categorías de la compañía.

Para poder visualizar mejor la sección de la máquina, a continuación se muestra un diseño, en la figura 5.18.

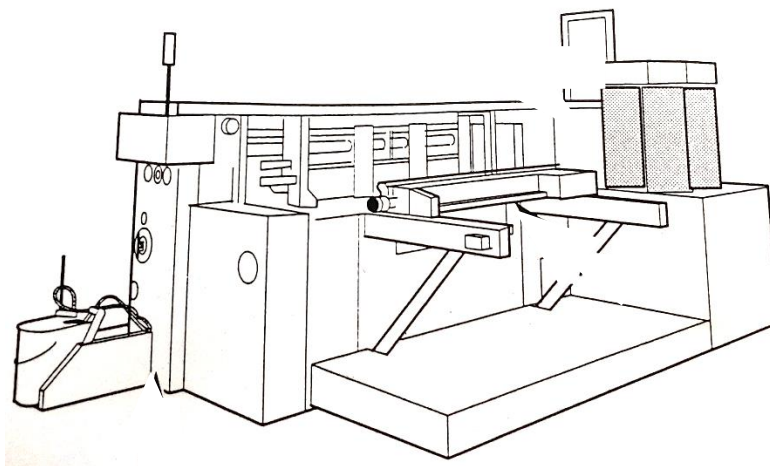


Figura 5.18 Sección del Alimentador.

Ahora desde la perspectiva matemática, la criticidad (Parra Márquez & Crespo Márquez, Ingecon, 2012) se calcula de la siguiente forma:

$$Cr = f \times C$$

En donde:

Cr – Es la criticidad.

f – Frecuencia de fallo (cantidad de eventos que ocurren en determinado tiempo (fallas/año)).

C – Consecuencia del número de las veces de los fallos.

- Para poder evaluar la frecuencia de fallo (f) se tiene que realizar una tabla tomando criterios como el ejemplo de la figura 5.19.

Escala.	Tipo.	Ocasiones por año.
4	Frecuente	Mayor a dos.
3	Promedio	De uno a dos.
2	Bueno	De .5 a uno.
1	Excelente	Menos a .5.

Figura 5.19 Clasificación de criterios en la frecuencia de fallo.

- Para determinar la consecuencia (C) se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA$$

En donde:

C – Consecuencia.

IO – Factor de impacto en la producción.

FO – Factor de flexibilidad operacional.

CM – Factor de Costos de Mantenimiento.

SHA – Factor de impacto en cuanto a seguridad e higiene, medio ambiente.

Para obtener cada uno de los factores, es recomendable tomar como base las siguientes referencias de escala.

- a) Para el impacto en la producción (IO), se tiene que realizar una tabla con escala, como el ejemplo de la figura 5.20:

Escala.	Pérdidas de la producción (%).
10	≤ 75 .
7	$50 \geq 74$.
5	$25 \geq 49$
3	$10 \geq 24$
1	< 10

Figura 5.20 Clasificación de criterios para el impacto en la producción.

b) Para la flexibilidad operacional (FO), de igual forma se tiene que realizar una tabla con escala, como el de la figura 5.21.

Escala. Características operacionales.	
4	-No hay reservas de producción para cubrir la demanda. -No hay tiempos medidos de reparación. -No hay una gran logística.
2	-Cubre una parcialidad de la demanda de producción. -Cuenta con una parcialidad sobre los tiempos de reparación. -Existe una logística a nivel medio.
1	-Existe una reserva de producción para cubrir la demanda. -Existen tiempos de reparación. -Existe una logística.

Figura 5.21 Clasificación de criterios para la flexibilidad operacional.

c) Costos de Mantenimiento (CM), se tiene que generar una tabla, como el ejemplo de la tabla de la figura 5.22, esto debe ser aprobado por el personal que maneja los costos de mantenimiento.

Escala. Costos de reparación, materiales y mano de obra.	
2	>20,000 dólares.
1	<20,000 dólares.

Figura 5.22 Clasificación de criterios para los costos de mantenimiento.

d) Impacto a seguridad e higiene, medio ambiente, como el que se muestra en la tabla de la figura 5.23, este concepto debe ser aprobado por los gerentes

de área, de planta y el dueño ya que depende del giro de la empresa, es como se verá reflejado en los criterios que necesitan considerar.

Escala	Características.
8	-Existe un riesgo alto de pérdida humana. -Daños graves a la salud. -Incidente ambiental (catástrofe) que supera lo permitido.
6	-Existe un riesgo medio de pérdida humana. -Daños severos a la salud. -Incidente ambiental grave.
3	-Existe un riesgo mínimo de pérdida humana. -Ligero daño a la salud. -Incidente ambiente ligero, fáciles de contener.
1	-No hay riesgo de pérdida humana. -No hay daño a la salud. -No hay daño al medio ambiente.

Figura 5.23 Clasificación de criterios para el impacto a la seguridad e higiene.

Ante esto, el equipo deberá debatir que tan crítico es un equipo seleccionado, en especial para los participantes de los departamentos de Calidad, Seguridad e Higiene, Producción e Ingeniería. Porque darán su opinión desde la perspectiva en el área donde se desempeñan, para poder determinar el valor de la ocurrencia. Se realizará el análisis para todos los equipos que existan dentro de la empresa, por lo que será importante ir realizando una lista de todos ellos para evitar la omisión de alguno.

Posteriormente se realizará una matriz de criticidad, en la que se plasmarán las frecuencias y la ocurrencia, como en la figura 5.24

Frecuencia	4	CO	CO	CO	MC	MC
	3	CO	CO	CO	CO	MC
	2	NC	NC	CO	CO	MC
	1	NC	NC	NC	CO	CO
		10	20	30	40	50
		Ocurrencia				

Figura 5.24 Matriz de criticidad.

NC – No crítico.

CO – Crítico.

MC – Muy crítico.

Es importante mencionar que el cálculo de la ocurrencia se puede modificar, dependiendo de las variables que la empresa necesite agregar o quitar, por lo que la matriz de la figura 5.24 podría cambiar.

El equipo realizó el análisis de criticidad basado en el cálculo que se muestra, la única diferencia en cuanto a parámetros, fue en la frecuencia, ya que hay datos en donde se incrementa drásticamente, a continuación se muestra la tabla de la frecuencia en la figura 5.25.

Escala.	Tipo.	Ocasiones por año.
4	Frecuente	Mayor a 32.
3	Promedio	De 20 a 32.
2	Bueno	De 8 a 20.
1	Excelente	Menos de 8.

Figura 5.25 Clasificación de los criterios de frecuencia en la troqueladora rotativa.

He de mencionar que la máquina es de tipo troquel rotativo, es Martin modelo DRO 1628 y para que fuera más fácil la implementación, se realizó el análisis de criticidad sobre este equipo, seccionando la máquina, arrojándonos la matriz que el alimentador es un punto clave que hay que tomar en cuenta, mostrado en la figura 5.26.

Frecuencia	4	CO	CO	CO	MC	MC
	3	CO	CO	CO	MC	MC
	2	NC	CO	CO	CO	MC
	1	NC	NC	CO	CO	MC
		10	20	30	40	50
		Ocurrencia				

Figura 5.26 Matriz de Criticidad Sección Alimentador.

Una vez que se ha establecido el análisis de criticidad de todos los equipos y áreas sobre las que se trabajará, será conveniente hacer un registro de criticidad de los demás equipos, mediante una base de datos. Esto será útil como primera evidencia, así que se debe guardar la información y respaldarla.

Esto sin duda no es sencillo y tampoco tomará un día el realizarlo por todas las implicaciones que conlleva, pero una vez realizado este paso, el equipo decidirá sobre qué elementos serán los primeros en los que se trabajará, esto deberá estar considerado dentro del programa maestro de planeación y programación. Esto es mostrado en la figura 5.27:

Empresa:								
Planta:								
Listado de criticidad de los activos.								
Folio	Tipo de criticidad	Elemento	Dependiente a:	Producción	Mantenimiento	Calidad	Seguridad e Higiene	Fecha de actualización.
1A	MC	Sistema de corte	Línea de producción A.	MC	CR	CR	CR	15/05/2018
2A	CR	Bomba de vacío	Sistema de corte	CR	MC	CR	MC	15/05/2018

Figura 5.27 Base de datos del análisis de criticidad.

A continuación se muestra la tabla con registro de las evaluaciones sobre la sección del alimentador en la figura 5.28.

Empresa:									
Planta:									
Listado de criticidad de los activos.									
Folio	Tipo de criticidad	Elemento	Dependiente a:	Producción	Mantenimiento	Calidad	Seguridad e Higiene	Fecha de actualización.	
1A	CR	A/C Tableros	Alimentador	MC	CR	CR	CR	07/09/2018	
2A	CR	Freno y embrague	Alimentador	MC	MC	CR	MC	07/10/2018	
3A	CR	Bandas y poleas	Alimentador	CR	CR	CR	NC	22/10/2019	
4A	CR	Botones y selectores	Alimentador	CR	CR	NC	CR	06/05/2019	
5A	MC	Fuente de CD	Alimentador	MC	MC	MC	NC	06/05/2019	
6A	CR	Bujes y pernos	Alimentador	CR	CR	NC	NC	15/11/2019	
7A	CR	Sensores y fotoceldas	Alimentador	CR	CR	NC	NC	28/05/2019	
8A	MC	Flechas y rodillos	Alimentador	CR	CR	NC	NC	22/03/2019	
9A	CR	Control de velocidad	Alimentador	CR	CR	NC	CR	01/12/2019	
10A	CR	Rodillos	Alimentador	MC	CR	NC	NC	22/03/2019	
11A	CR	Rodillo de hule	Alimentador	MC	CR	CR	NC	01/12/2019	
12A	MC	Motores de CA	Alimentador	MC	MC	MC	MC	07/03/2019	

Figura 5.28 Base de datos del análisis de criticidad en troqueladora rotativa..

Dependiendo del apoyo que se tenga, podrían tomar varios activos al mismo tiempo, pero mi recomendación es comenzar por aquel elemento que contenga una frecuencia alta de falla y el equipo apoyado por los patrocinadores lo consideren necesario o indispensable.

5.4.3. Análisis de fallas y sus efectos.

Es imperativo mencionar que el siguiente paso es medular dentro de la implementación, de esto dependerán los procesos siguientes y por consiguiente se verá reflejado en el nivel de aplicación del RCM. Principalmente consiste en analizar de manera rigurosa todas las fallas existentes o potenciales en el elemento seleccionado, es un paso relativamente extenso, será prescindible el conocimiento y experiencia del personal de mantenimiento, para su correcto estudio se puede utilizar la siguiente herramienta:

a) AMEF.

Como se mencionó en el capítulo 3, esta herramienta ayudará en gran medida, por lo que a continuación se detalla para comprender mejor su aplicación en este proceso.

Como primer paso se realiza un listado de las funciones, una vez seleccionado el elemento, el equipo generará una lista de las funciones con las que debe cumplir el activo.

Después un listado de todas las fallas posibles para cada una de las funciones, se incluyen también aquellas fallas donde la función se vea reducida, se debe asegurar que se tengan plasmadas todas las fallas. Una vez terminado esto, se genera un listado de los efectos para cada falla, estos efectos se relacionan cuando ocurra la falla.

En este punto evaluaremos la severidad (*S*) o gravedad de esas fallas, luego se establecerá una escala bajo ciertos criterios, se puede tomar como referencia la figura 5.29:

Clasificación.	Probabilidad de severidad.	Criterio.
10	Peligroso.	Puede poner en peligro al operador y al proceso, no cumplen con una legislación gubernamental.
9		
8	Muy alta.	Todo el producto debe desecharse, o repararse en su totalidad.

7	Alta.	La función principal del producto apenas es apreciable por el cliente, algunos productos son seleccionados, mientras que otros deberán ser reparados.
6	Moderada.	La función principal del producto apenas es apreciable por el cliente, una parte del producto deberá rechazarse sin opción a repararse.
5	Baja.	Productos con niveles de calidad muy bajos, todo el producto si se retrabaja será fuera de la línea de producción.
4	Muy baja.	Existen defectos notables por la gran mayoría de los clientes, el producto deberá seleccionarse y un porcentaje repararse, sin desperdicio.
3	Menor.	Existen defectos notables por la mitad de los clientes, el producto se seleccionará y un porcentaje deberá repararse, sin ningún desperdicio.
2	Muy menor.	Existen ciertos defectos notados por un grupo menor de los clientes, el producto se seleccionará y un porcentaje deberá repararse, sin ningún desperdicio.
1	Nula.	Sin defectos perceptibles, mínimo inconveniente para el operador o la operación.

Figura 5.29 Clasificación de criterios para la severidad.

El equipo consideró tomar como base este listado, ya que también cumple con aspectos de seguridad, se apega mucho a las acciones que se han realizado a lo largo de los años.

A continuación se analiza el nivel de ocurrencia o frecuencia (f), para ello será necesario realizar un listado de todas aquellas causas o factores que los originan, esto tiene que ir en relación a cada uno de los modos de fallo. Una vez terminado, el equipo evaluará el nivel de ocurrencia, en la figura 5.30 se muestra un ejemplo sobre cómo se genera una tabla sobre el nivel de ocurrencia, el equipo establecerá los criterios más convenientes, es necesario ir llevar un registro de la cantidad de ocasiones en las que ocurre una falla.

En este caso, se comenzó por querer mejorar la utilización en la sección del alimentador, tomando los datos del año pasado, resulta ser que los elementos bandas y poleas, en la sección del alimentador, que salió como objeto de análisis, en donde dichos elementos son los que estaban generando paradas con un promedio de 16 horas por mes durante el año pasado, para visualizar estos elementos, en la figura 5.30 se muestra su ubicación dentro de la sección.

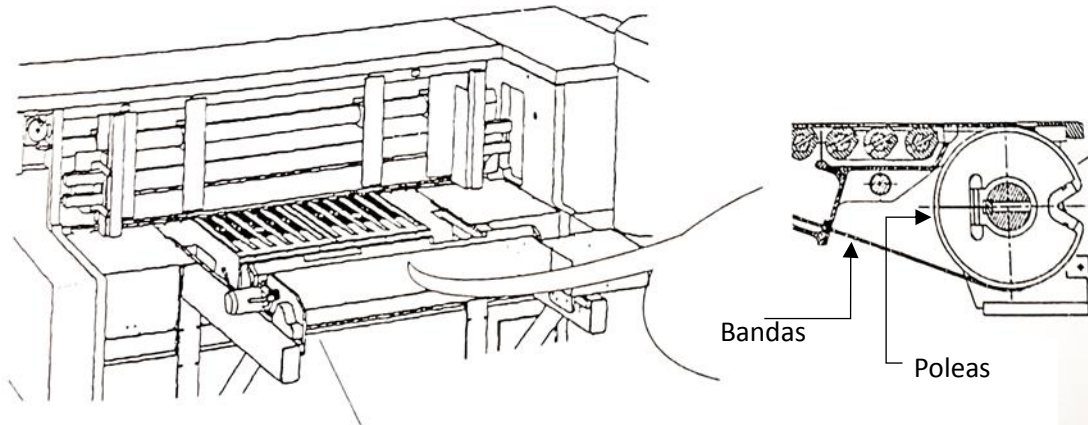


Figura 5.30 Localización de las bandas y poleas en el alimentador.

Clasificación.	Probabilidad de falla.	Criterio.
10	Muy alta.	Diaria – varias ocasiones.
9	Alta.	Diaria.
8		3 veces a la semana.
7		2 veces a la semana.
6	Moderada.	1 vez a la semana.
5		Cada 2 semanas.
4		Mensual.
3	Baja	Cada 3 meses.
2		Cada 6 meses.
1	Muy baja.	Cada año.

Figura 5.31 Clasificación de criterios para la frecuencia.

Ahora bien, el equipo propuso una ligera modificación a esta clasificación, en cuanto a la frecuencia con la que se hace presente la falla, puesto que los datos nos

han arrojado que al menos por mes si sucede esta falla, que se muestra a continuación en la figura 5.32.

Clasificación. Probabilidad de falla. Criterio.		
10	Muy alta.	Diaria – varias x turno.
9		Diaria.
8	Alta.	3 veces a la semana.
7		2 veces a la semana.
6	Moderada.	1 vez a la semana.
5		Cada Mes
4		Cada 3 Meses
3	Baja	Cada 4 meses.
2		Cada 6 meses.
1	Muy baja.	Cada año.

Figura 5.32 Clasificación de criterios para la frecuencia de falla en bandas.

Como siguiente paso, se anota los controles para detectar las fallas, esto tiene que ser para cada tipo de falla, se considera básico el clasificar los controles como preventivos o informativos, de igual forma se establecen los criterios de evaluación para la probabilidad de detectar la falla (D), implica también todas las maneras de detectar las causas antes de que ocurra una falla, como se muestra en la figura 5.33:

Clasificación.	Probabilidad de detección.	Criterio.
10	Casi imposible.	No hay control del proceso, no se ha analizado.
9	Muy remota.	Los controles son ineficaces para detectar una gran cantidad de fallas.
8	Remota.	Controles inadecuados o sin comprobar su funcionamiento.
7	Muy baja.	Falla detectada mediante elementos visuales, auditivos, etc. o por atributos, es posible que algunos no se detecten.
6	Baja	Falla detectada mediante equipos de calibración en el lugar del operador de control por atributos.
5	Probable.	El control detecta en ocasiones determinadas fallas.
4	Muy probable.	El control existente detecta la mayoría de las veces los errores.
3	Alta.	Error encontrado por los controles evitando que el producto siga su proceso.
2	Muy alta.	Error encontrado por los controles evitando que el proceso inicie.
1	Casi seguro.	El control es confiable, casi nulo error al detectar fallas.

Figura 5.33 Clasificación de criterio para la probabilidad de detección.

Como se observa, se tiene que recopilar cierta cantidad de información sobre los activos, si el departamento de mantenimiento tiene registro de este conocimiento, esto facilitará el avance en este punto, de lo contrario, se tiene que empezar el registro de los activos, en consecuencia, se debe crear sistemas de registro y la capacitación al personal de mantenimiento para su uso adecuado.

Afortunadamente, se cuenta con un sistema de registro, por lo que se pudo haber obtenido los históricos del año pasado, ahora bien en cuanto a la probabilidad de detección, genero controversia en el grupo puesto que para las bandas y poleas no se cuenta con tecnología para implementar controles, en consecuencia se tuvo que modificar la tabla por esta ocasión, tomando los valores de la siguiente figura 5.34.

Clasificación.	Probabilidad de detección.	Criterio.
5	Casi imposible.	No hay control del proceso, no se ha analizado.
4	Remota.	Falla detectada por elementos visuales, de tacto, es posible que algunas fallas no se detecten.
3	Probable.	El control detecta en ocasiones determinadas fallas.
2	Alta.	Error encontrado por los controles evitando que el producto siga su proceso.
1	Casi seguro.	El control es confiable, casi nulo error al detectar fallas.

Figura 5.34 Clasificación de criterios para la probabilidad de detección de falla en las bandas del alimentador.

Cuando se obtienen estos tres valores, se puede calcular el número prioritario de riesgo (NPR), es un indicador del nivel de gravedad de una falla, en el que refleja cuál o cuáles son los elementos clave dentro del activo sobre los que se tiene que incrementar el nivel de mantenimiento, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$NPR = (f) (S) (D) \quad \text{Ec. 1}$$

En donde:

f – Frecuencia del modo de fallo mediante una causa.

S – El nivel de severidad o gravedad que tiene, expresado mediante el tiempo que toma para la producción.

D – Probabilidad de detectar la falla.

En seguida se generarán recomendaciones para eliminar o reducir las fallas, pueden ser enfocadas para un cambio en el diseño, proceso, estándares de calidad, procedimientos, entre otras, para cada una de las fallas existentes. En esta parte el equipo asignará un responsable por cada uno de los planes de acción propuestos, se establecerán fechas compromiso dentro del tiempo que se tiene contemplado en este proyecto, también otras acciones que se programan dentro de la misma. Se tendrán que realizar como prioridad todas aquellas fallas que hayan obtenido un NPR alto y que representen un riesgo potencial, el equipo evaluará dentro de estas como se irán trabajando secuencialmente. Todo esto se registra en un formato como el que se muestra en la figura 5.35.

Nombre de la empresa:	Parte del proceso:	Numero de proceso:
Departamento:	Sistema:	Página de
Responsable:	Equipo:	Fecha de inicio
Nombre de los integrantes del equipo:	Tipo de AMFE:	Fecha de la última revisión.
	Número de AMFE:	Emitido el:

Folio	Función del activo / proceso.	Modo potencial de falla.	Efectos potenciales de falla.	Severidad	Causas potenciales de falla.	Ocurrencia	Controles de proceso existentes (preventivos, informativos, etc)	Detección	NPR	Acciones recomendadas:	Responsable:	Fecha limite de compromiso:	Acciones realizadas:	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR

Figura 5.35 Formato propuesto para AMEF.

Una vez llegada las fechas compromiso, el equipo se reunirá para realizar la última etapa, que consistirá en volver a realizar un diagnóstico del activo, por lo que volverán a realizar otro AMEF para comparar el primer realizado con el actual y poder verificar si los planes de acción fueron eficaces o si se necesita replantear las propuestas de acción para reducir el estado de riesgo.

Como el caso que se muestra en la figura 5.36, en donde el tema que se desarrolló fue en las bandas de alimentación, las cuales podían causar un daño que pudiera influenciar directamente al producto del cliente y por el cuál puede desencadenar en un rechazo.

Nombre de la empresa:	-	Parte del proceso:	Alimentación de lámina	Numero de proceso:	0000-00001
Departamento:	Equipo de la metodología RCM	Sistema:	Conversión	Página	1 de 1
Responsable:	Supervisor de Producción/Mantenimiento	Equipo:	Troquel Martin DRO 1628	Fecha de inicio	13/03/2019
Nombre de los integrantes del equipo:	Equipo de trabajo metodología RCM	Tipo de AMFE:	Proceso	Fecha de la última revisión.	29/11/2019
		Número de AMFE:	000-00-001A	Emitido el:	07/02/2019

Folio	Función del activo / proceso.	Modo potencial de falla.	Efectos potenciales de falla.	Severidad	Causas potenciales de falla.	Ocurrencia	Controles de proceso existentes (preventivos, informativos, etc)	Detección	NPR	Acciones recomendadas:	Responsable:	Fecha limite de compromiso:	Acciones realizadas:	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
1	Bandas de alimentación	Fatiga	Bandas se revientan	8	Material dañado o roto	5	N/A	10	400	Establecer filtro de detección.	Supervisor de Mtto.	28/03/2019	Investigar a detalle para implementar filtro	-	-	-	-
2	Bandas de alimentación	Fatiga	Bandas vibran	7	Reduce velocidad	5	Verificación del espesor de la banda.	4	140	Incrementar frecuencia de inspección.	Operador	28/04/2019	Realizar mayor inspección e invertir	5	5	3	75
3	Bandas de alimentación	Holgada	Se safa	5	Defecto en la	5	Verificación del espesor de la banda.	5	125	Incrementar nivel de inspección.	Supervisor de Mtto.	06/05/2019	Se agrega inspección de tensión en la banda	6	5	4	120

Figura 5.36 Registro de AMEF's en troqueladora rotativa sección alimentador.

5.4.4 Tácticas para el plan de Mantenimiento.

Cuando se hayan establecido las primeras fallas sobre las que se actuará, se procede con establecer cuáles serán las tareas óptimas que se realizarán para dichos eventos, para ello el equipo necesitará crear diversas estrategias, que se encargarán de reducir la frecuencia y gravedad con que aparecen, se toma como base el plan de mantenimiento ya establecido por el departamento y la utilización del árbol de decisiones, que a continuación se detallará un poco más.

El árbol de decisiones, es una herramienta gráfica que tiene por objetivo el analizar cualquier problema establecido, siendo de gran utilidad a la hora de visualizar y analizar cualquier decisión por más complicada que sea.

Contiene un llamado nodo de decisión, es donde se puede optar por una de las distintas opciones ilustradas de forma cuadrada, existen unas líneas llamadas ramas, que salen de dichos nodos hacia diferentes nodos de eventos, esta última hace referencia a la acción de una alternativa. Se inicia del lado izquierdo, haciendo el recorrido hacia la derecha, representando cuáles son las decisiones existentes y las consecuencias, si se opta por cada una de ellas secuencialmente.

Para tener más claro lo anterior, veamos la siguiente figura 5.37.

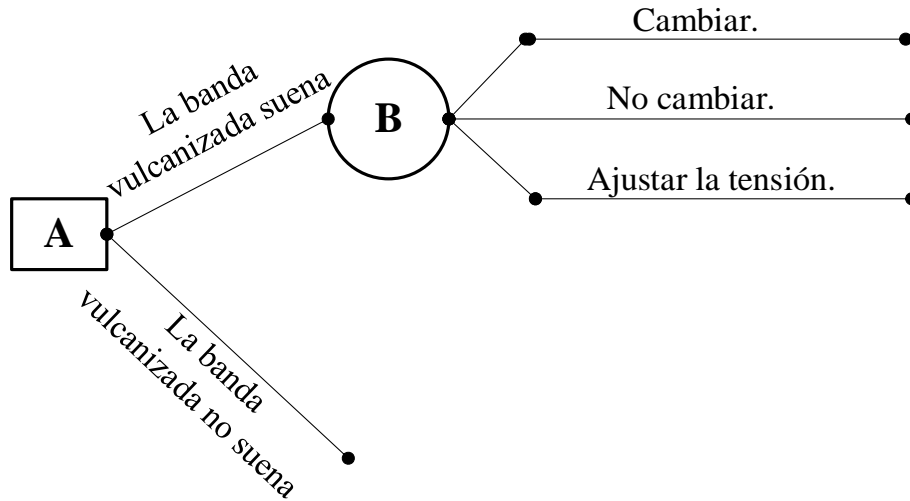


Figura 5.37 Ejemplo de un árbol de decisiones.

Este ejemplo es sencillo, como se observa en el árbol de decisiones, se puede tener varias alternativas a la hora de decidir y de ellas tomar alguna, ahora bien, enfocándose en el proyecto, el equipo trabajará con esta herramienta, pero segmentados conforme a los modos de falla en donde se desempeñan sus asignaciones de acuerdo a los AMEF realizados, debido a que todos los empleados que se encuentran directamente involucrados con el activo, tienen diferentes perspectivas de cómo llegan a fallar, tomando como base sus experiencias y antecedentes, es como se podrá ir conociendo las consecuencias bajo ciertas decisiones que serán de gran utilidad a la hora de realizarse.

Por ejemplo, deberá realizarse un árbol de decisiones cuando un equipo presenta una pérdida o disminución de cualquier función con la que tiene que cumplir, debido a un tipo de fallo, sea evidente o no, dicho diagrama deberá mostrar preguntas que debe saber el operador o si es visible ante él, saber si esta falla ocasiona una pérdida total del equipo o no, y así sucesivamente, hasta llegar a las

condiciones en donde se tenga que hacer una tarea correctiva, preventiva, predictiva, de rediseño o en su caso no realizar ninguna.

Al realizar este paso, el equipo se dará cuenta que en ocasiones, se tendrán que generar acciones que no sean de mantenimiento, podrían ser de producción o de mejoras, puesto que ciertas fallas pueden prevenirse mediante tareas de capacitación sobre el uso adecuado del equipo o mejorar los procedimientos establecidos por producción. Puede darse el caso que se necesite realizar tanto tareas de mantenimiento, como planes de acción con otros departamentos, esto dará como resultado una pauta para establecer una comunicación amplia, por lo que no se debe descartar ninguna idea propuesta, sino que se tiene que comprobar.

Se tendrá que determinar hacia qué área ataca las consecuencias, ya sea al medio ambiente, operacional, capacidad de producción, costo de mantenimiento u otro que hubiera, como a continuación se muestra en la figura 5.38.

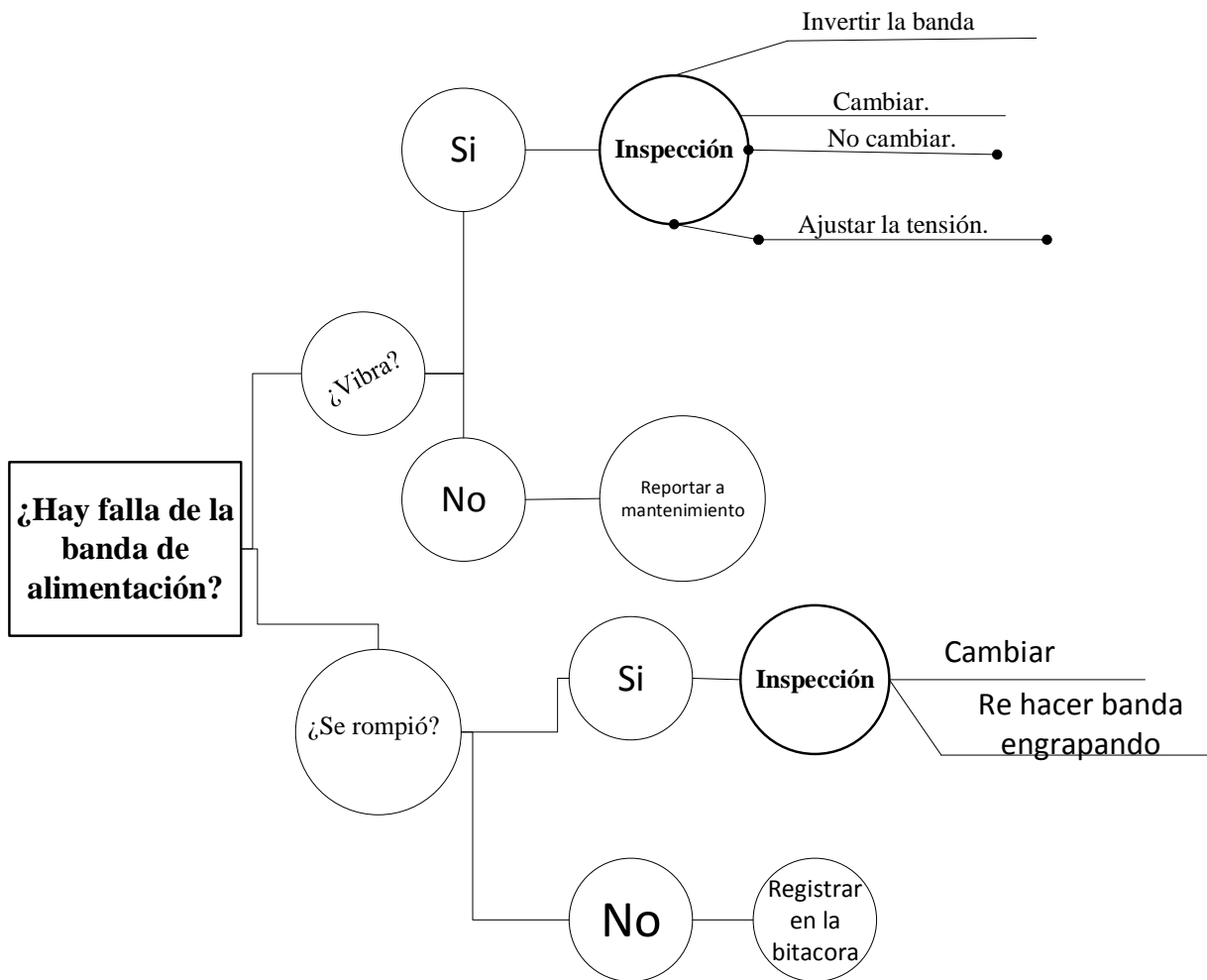


Figura 5.38 Diagrama de árbol de decisiones sección alimentador.

Dependiendo del nivel de mantenimiento que se tenga sobre el equipo o el sistema, es como se verá reflejado en cuanto al desarrollo sobre este tema, en caso de que exista una deficiencia de este, el personal de mantenimiento deberá dar más atención sobre el comportamiento del activo, registrando las anomalías que se presenten para llevar un histórico como antecedentes ante posibles fallas, que quizá en su pasado ocurrieron pero sin ser percatadas o aquellas que se presentan esporádicamente durante los años pudiendo ser olvidadas.

El árbol de decisiones en este caso fue para las bandas de alimentación, se presentan los modos de fallo y la lógica de cómo debe actuar el personal operativo y técnicos de mantenimiento en caso de que se repita le mismo patrón, para saber cómo responder ante dicha situación, mejorando los tiempos de respuesta y reacción.

Las tareas de mantenimiento deberán estar clasificadas bajo ciertos criterios, ya sea, por el tipo de mantenimiento, su frecuencia y el tipo de tarea, entre otras. Uno de ellos será mediante la clasificación del área de mantenimiento, en donde se podrán clasificar como:

- Mecánico.
- Eléctrico.
- Neumático.
- Etc.

La frecuencia con la que se realizarán bajo determinado tiempo, pueden ser:

- Anuales.
- Mensuales.
- Semestrales.
- Semanales.
- Trimestrales.
- Diarios.
- Bimestrales.

Por otra parte los tipos de mantenimiento se clasificarán como:

- Correctivos.
- Preventivos.

- Predictivos.

Tomando como base lo ya resuelto por el equipo, se generó un plan de mantenimiento para el alimentador, en la parte de las bandas, que se muestra en la figura 5.39.

PLAN DE MANTENIMIENTO GENERAL.																			
Responsable del área: Ingeniero de Planta		Fecha de realización: 24/06/2019																	
Elaborado por: Supervisor de mantenimiento.		2019																	
N°	Código de la tarea.	Descripción de la tarea.	Área del mantenimiento.	Tipo de mantenimiento.	Frecuencia	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Observaciones	
1	0000-0001-IN	Inspección física de las bandas de alimentación (espesor, tensión)	Mecánica.	Preventivo.	Semanal.														Se realiza cada lunes.
2	0000-0002-CM	Cambio de bandas de alimentación	Mecánico.	Preventivo.	De acuerdo a condiciones físicas.														
3	0000-0003-TN	Tensar banda de alimentación de acuerdo al procedimiento.	Mecánico.	Preventivo.	Quincenal														
4	0000-0004-IV	Invertir bandas de alimentación.	Mecánico.	Preventivo.	De acuerdo a condiciones físicas.														

Figura 5.39 Registro del plan de mantenimiento en troqueladora rotativa sección alimentador.

Otra clasificación del activo es diferenciando los sistemas que la componen, como son:

- Sistemas de lubricación.
- Sistemas de potencia.
- Sistemas de control.
- Sistemas neumáticos.
- Sistemas hidráulicos.
- Sistemas mecánicos.
- Sistemas de corte.
- Sistemas de seguridad.

La periodicidad y la clasificación de las tareas de mantenimiento pueden ir cambiando dependiendo del comportamiento del activo, por ejemplo, si una tarea que está bajo una frecuencia mensual no tiene un efecto sobre el funcionamiento, deberá cambiarse a una mayor frecuencia, o por el contrario, si una tarea esta sobrada en su frecuencia, deberá cambiar a una menor. Por otra parte, si se observa que el activo tiene una tarea correctiva y se ha mejorado su desempeño puede pensarse en cambiarse a preventiva. Se tendrá que analizar si las tareas estipuladas en el plan de mantenimiento son las adecuadas, deberán sufrir cambios o ser eliminadas porque no aportan ningún beneficio.

Una vez ya establecidas todas las tareas, tipo de mantenimiento, frecuencia, entre otras, se aprovecha este paso para ser más productivos en el plan de mantenimiento coordinando las actividades, se toma como base las variables que se mencionaron anteriormente, estipular que actividades son las que se realizarán bajo cierto

periodo de tiempo y junto con producción, habrán algunas que necesiten al activo completamente detenido por determinado tiempo o en su efecto, que se necesite dar prioridad a la producción demandada, entre otros criterios que sean relevantes.

Se tiene que recordar que el plan de mantenimiento deberá realizarse en dos partes, la primera es en realizarlo específicamente del activo y una vez terminado, se integra a uno general, donde abarquen los demás que conforman el complejo industrial.

Por otra parte, se necesitará realizar una evaluación a consciencia del personal de mantenimiento y producción, utilizando criterios tanto cuantitativos como cualitativos de cada uno, se necesitará saber el tiempo que han trabajado, tipo de capacitaciones que han tenido y el resultado de sus colaboraciones, con el objetivo de tener presente sobre quienes serán los responsables de realizar determinadas actividades. Puesto que el factor humano en ocasiones es quien determina la calidad sobre las tareas que se ejecutan y reflejadas en las funciones, es por ello que servirá este análisis para saber la consecuencia, como por ejemplo de aquellos casos en los que la tarea determinada fue la correcta, pero no el cómo se realizó, o quien fue el responsable cuando carecía de entrenamiento y por consiguiente, ayuda para mejorar el procedimiento de la tarea o brindar una mejor capacitación al personal encargado, entre otras.

Una propuesta a considerar, sería como la que se realizó con el equipo, como se ve en la figura 5.40.

Evaluación del proyecto a nivel personal

Puesto	Departamento	Cargo	Antigüedad	Calificación promedio	Desempeño					Observaciones
					Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	
1.- Externo.	Externo.	Lider de grupo.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2.- Gerente de planta.	Gerencia de planta.	Patrocinador 1.	35 años	9.6	10	9	10	10	9	
3.- Superintendente de producción.	Producción.	Patrocinador 2.	13 años	9	9	9	10	8	9	
4.- Ingeniero de Planta.	Mantenimiento.	Patrocinador 3	11 años	8.8	8	10	8	9	9	
5.- Supervisor.	Producción.	Facilitador.	17 años	8.6	8	8	9	8	10	
6.- Supervisor.	Mantenimiento.	Facilitador.	7 años	8.6	8	9	9	8	9	
7.- Supervisor.	Seguridad.	Facilitador.	3 años	9.4	10	9	9	9	10	
8.- Operador.	Producción.	Integrante.	28 años	7.8	7	8	8	9	7	
9.- Técnico Mec- Ele.	Mantenimiento.	Integrante.	27 años	7.8	8	7	7	9	8	

Fecha de realización: 24/09/2019

Figura 5.40 Registro de evaluación del personal involucrado.

Otro criterio que se analizará será en conocer la herramienta con la que tendrán que trabajar, porque si el trabajador tiene establecido sus tareas pero no cuenta con

la herramienta, no logrará realizarlas o incluso correr un riesgo potencial, por lo que se tendrán que establecer las herramientas y el Ingeniero de Seguridad deberá analizar si carecen de algún equipo de protección o inclusive si la tarea tiene un riesgo elevado, tendrá que hacer este análisis para dar sus opiniones de ello y retroalimentar al equipo.

5.5 Fase IV. “Evaluando resultados”.

5.5.1 Análisis de las estrategias.

Una vez que se desarrolla la implementación, la realización de los planes de mantenimiento, se continua con la siguiente fase, llamada “Evaluando resultados”, consiste en analizar a detalle las consecuencias de las acciones si se realizan o no, con esto me refiero en saber las actividades, recursos, todos los costos, los beneficios y cualquier riesgo involucrados. Debido a esto, se tiene que comenzar por una pequeña definición de costo, algunos tipos y que consideraciones se tienen para calcularlos.

El costo se puede definir como el gasto o distribución de gastos (erogaciones) capitalizable que sirve para dar un ingreso de algún bienestar futuro o desarrollo de un proceso. Existen diversas clasificaciones para los costos, dependiendo de los criterios que se consideren, para este proyecto se utilizarán los que se enlistan a continuación:

- a) Costos fijos: Tipo de costo que se mantiene estable aunque exista una modificación en el volumen de actividades, se requiere para ejecutar las tareas necesarias, así como los activos que se utilizan, esto es, este tipo de costo no está sujeto al volumen de producción o un servicio.
- b) Costos variables: Tipo de costo que por el contrario al fijo, cambia de forma equitativa, de acuerdo al cambio en el volumen de actividades, producción o de servicio.
- c) Costo de producción: Aquel tipo de costo que aparece cuando en un proceso hay una transformación de la materia prima en productos manufacturados, en este se incluyen los de la materia prima, mano de obra directa, indirectos de fabricación (como materiales indirectos, mano de obra indirecta, otros gastos ajenos al producto).
- d) Costo de la no disponibilidad por fallas: Este último tipo de costo descrito por *Alberto Mora Gutiérrez*, en su libro “*Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*”, se refiere a los costos que existen cuando no se pueden operar los equipos que tienen fallas o reparaciones sin llevarse a cabo o concluirse, entre otros.

El personal encargado de cada área deberá calcular los costos de todas las acciones que le competen, en el caso del área de mantenimiento, corresponderán a las reparaciones, la materia prima y refacciones que se utilizan para llevar a cabo las

tareas de mantenimiento, la mano de obra involucrada, el tiempo en el que la máquina está parada, en general todos los costos de mantenimiento.

Esto se complementará con el análisis que el equipo realizará sobre las estrategias de mantenimiento o el árbol de decisiones que tendrán, porque les permitirá visualizar mejor el panorama cuando un equipo tenga una determinada falla, mediante este poder evaluar si la actividad de mantenimiento es costeable para su realización o ejecutar algún otro plan de acción, sin olvidar que se deben considerar los costos de mano de obra, repuestos, consumibles, como un ejemplo de analogía mostrado en la figura 5.41.



Figura 5.41 Fase IV. “Evaluando resultados”.

Deben aplicarse determinados criterios para considerar si una acción de mantenimiento es efectiva y de bajo costo, como los son:

- Fallas que afecten la seguridad o su medio, deben mantener un porcentaje mínimo aceptable.

- Para fallas no observables, puede eliminar la aparición de otras simultáneas.
- El costo para fallas con efecto hacia mantenimiento correctivo, deberán ser menores a las reparaciones cuando requiere reemplazo en determinado momento.
- El costo de las fallas relacionadas con los paros de producción, serán con base al tiempo de espera, que serán inferior a las pérdidas de producción. A su vez, deberán ser inferior al costo que se tiene por realizar la reparación.

En caso de que las estrategias que se contemplen no sean efectivas, ni de bajo costo, deberá considerarse el impacto que tiene el riesgo. Por lo que nuestra matriz de acciones será más completa y efectiva, como en el siguiente caso que se muestra en la figura 5.42.

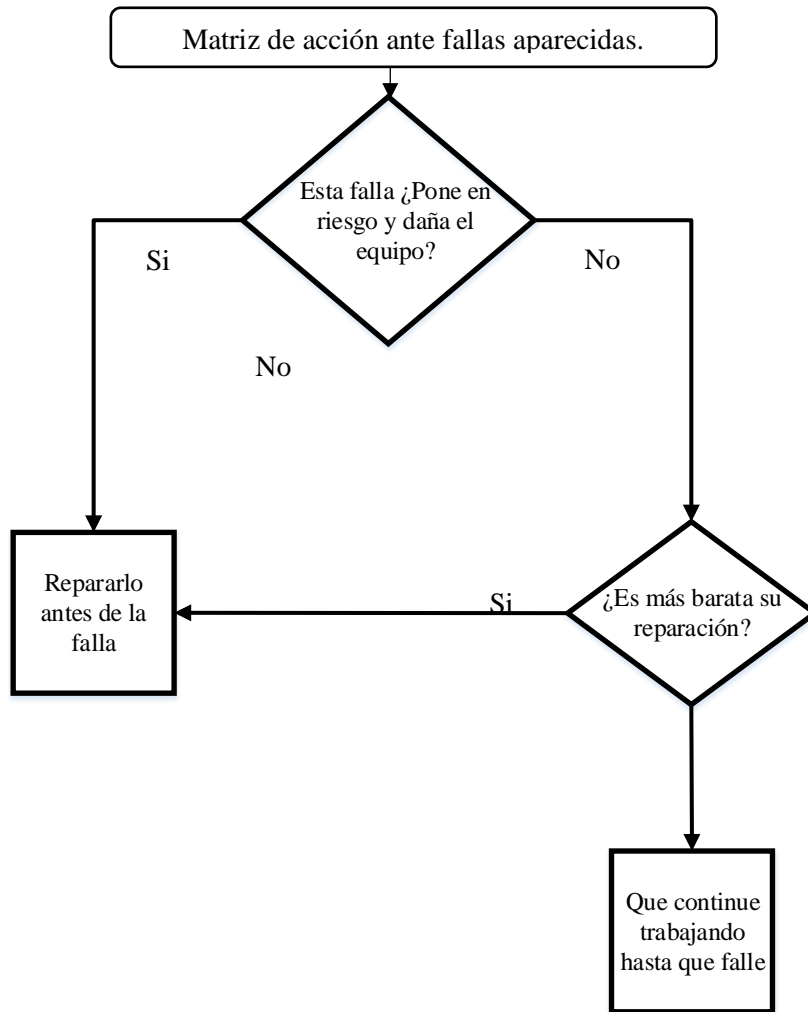


Figura 5.42 Caso de la matriz de acciones.

De acuerdo a las estrategias que se implementen de manera gradual, con el paso del tiempo, se verá reflejado el nivel de impacto de estas implementaciones, el principal objetivo es incrementar la utilización a través de la reducción de paros por mantenimiento, mediante el mejoramiento de la confiabilidad de nuestros equipos. Para llegar a este punto, se necesita obtener y documentar la información posible de las acciones que se vayan realizando durante determinado tiempo, esto con el fin de tener una retroalimentación, para saber si las acciones implementadas son las esperadas o se necesite hacer modificaciones.

El equipo de trabajo tendrá que generar formatos en los que se registre la maquinaria a la que se realizará el mantenimiento centrado en la confiabilidad, todas las actividades en las que tendrá relación con mantenimiento, mostrar gráficas porcentuales de confiabilidad que obtendrá antes y después de su implementación, de reducción de fallas antes y después de este mantenimiento, entre otras.

Una propuesta del reporte sobre las actividades que se realizarán sobre un equipo puede ser considerado como se muestra en la figura 5.43:

HOJA DE REGISTRO DE ACTIVIDADES RCM

Sistema:
 Equipo:
 Responsable del área:
 N° de Registro RCM:

Fecha de inicio:
 Fecha de termino:

Frecuencia del Mtto.

Hoja:

Herramientas: <input type="text" value="Calibrador"/>	Equipo de protección: <input type="text" value="EPP Básico"/> <input type="text" value="Guantes"/>
---	---

Folio	Responsable(s) de la actividad	Tarea	Descripción de la actividad	Materiales/ repuestos	RANGO NORMAL	Resultado	Hr. De inicio	Hr. De término	Comentarios
1	Mecánico	0000-0001-IN	Inspección física de las bandas de alimentación (espesor, tensión)	N/A	Espesor 5mm	4.88 mm	6:40 a.m.	7.03 a.m.	Se procede a invertir las bandas simetricamente.
2									
3									
4									
5									
6									
7									

Observaciones:

Figura 5.43 Formato de registro de actividades del equipo.

Como se vio en el formato de la figura 5.43, se registrarán las actividades de mantenimiento empleadas, sin importar el tipo de actividad que haya sido, a su vez, el personal del departamento de Mantenimiento deberá tener conocimiento acerca de los valores normales de operación del equipo, de lo contrario, se tendrá que comenzar por determinar cuáles son de acuerdo a la experiencia que tengan. Un parámetro que ayudará para saber si las decisiones tomadas hasta el momento han sido efectivas, será mediante la obtención del tiempo de paro que ocurre debido a las fallas.

Conforme se obtengan los registros, como el propuesto de la figura 5.43, se seguirá con la compilación global de la información proporcionada, en donde, se concentrará un resumen total del estado del equipo durante determinado periodo (véase figura 5.44), que se sugiere sea anual, de acuerdo a los resultados obtenidos en este paso, se observará si las estrategias implementadas por el grupo son las adecuadas, o no, esto deberá ser un indicador para evaluar el desempeño sobre lo que se ha trabajado.

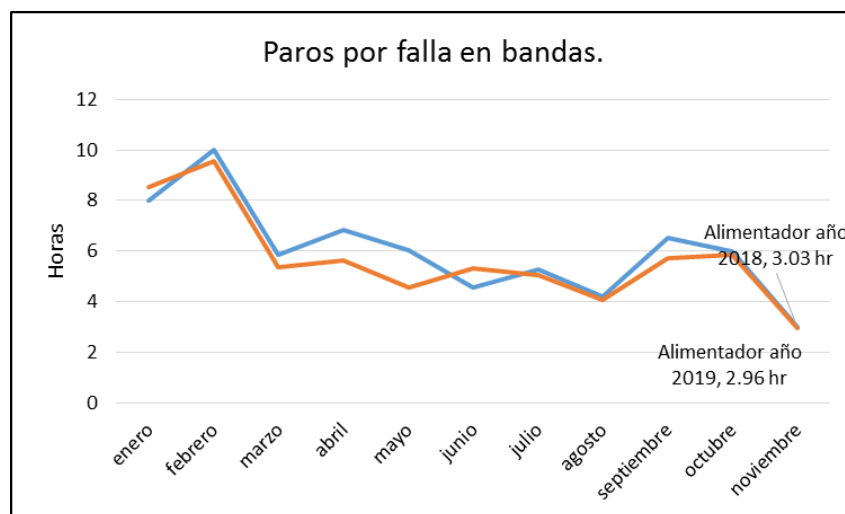


Figura 5.44 Ejemplo de gráfico del resumen general de fallas.

5.6 Fase V. “Seguimiento de la implementación”.

5.6.1 Indicadores.

Cuando los resultados se han analizado, compilado, se necesitará contar con un sistema que permita medir la información o en caso de que exista este medio, se debe actualizar, modificar o crear. Esto dependerá de los objetivos establecidos al comienzo del proyecto, cuyo propósito es incrementar la productividad, asociados a mantenimiento y producción. En esta parte, hay que retomar la información vista en los indicadores de mantenimiento.

Como primer paso para definir un indicador, es recomendable preguntarse si el equipo funciona o no y analizar su funcionamiento etapa por etapa, para evitar que este proceso sea más objetivo y sencillo se puede apegar a ciertas reglas que el autor Francisco Javier González Fernández muestra en su libro *“Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión”*, que se muestran.

- 1) *“Los resultados deben medir lo que realmente la Empresa espera de mi Departamento”*.
- 2) *“Los indicadores deben ser representativos y fáciles de medir”*.
- 3) *“Los indicadores de resultado deben tener en cuenta a los clientes internos”*.
- 4) *“Analice la posibilidad de medir tiempos de ciclos y procesos”*.
- 5) *“Analice indicadores de la competencia”*.

- 6) “Esfuércese en implantar una cultura de medición en sus técnicos”.
- 7) “Utilice sólo e indispensablemente los indicadores que le interesen”.
- 8) “Preocúpese de involucrar a su equipo en la definición del indicador”.
- 9) “Analice la eficacia de cada indicador”.
- 10) “Elimine o cambie aquellos indicadores que lo precisen”. (Fernández F. G., 2014, págs. 35 - 38)

Como punto que yo agregaría que es de gran importancia aclarar que los resultados obtenidos no son para señalar culpables, evitando que se pierda la sinergia con la que se ha venido realizando con el equipo de trabajo y la objetividad del mismo.



Figura 5.45 Indicadores.

Los indicadores, de sus siglas en inglés, que se muestran en la figura 5.45, conforme pasa el tiempo, reflejarán el estado de la mejora que se busca o la

reducción, por ejemplo, la disminución de fallas en los equipos, una reducción en los costos, etc. Se recomienda contar con indicadores limitados, con el fin de no tener información innecesaria o que pueda causar confusión para los objetivos marcados, los indicadores mínimos para mantenimiento son el costo, disponibilidad y confiabilidad. Un ejemplo de cómo debe ser un indicador es el mostrado en la figura 5.46.

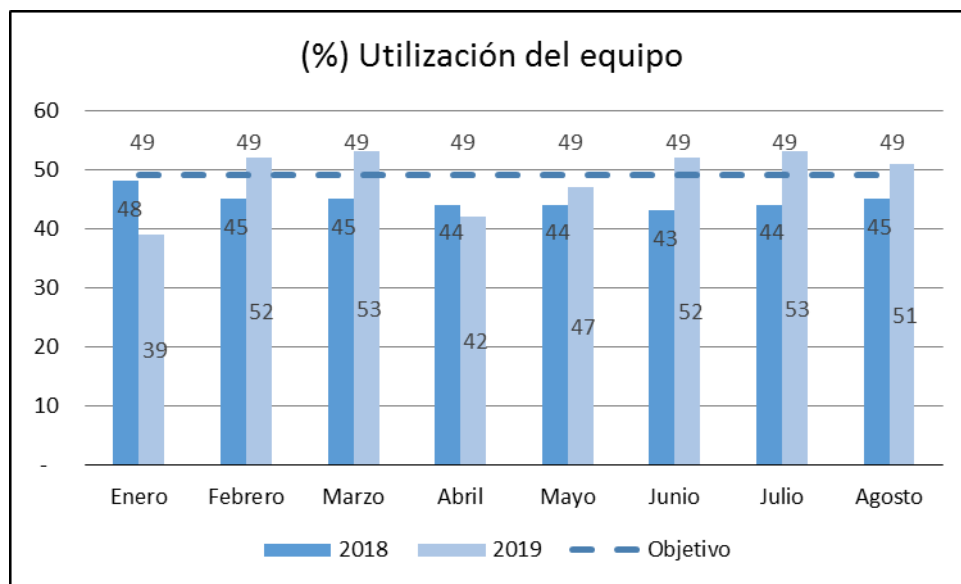


Figura 5.46 Ejemplo de indicador.

5.6.2 Auditoría.

Después de que se han implementado ciertas acciones que el grupo propone a cumplir y actualizar los indicadores, se procede llevando a cabo una auditoria interna sobre el proyecto ejecutado (definido en la etapa III), que se apoyarán en la metodología para su acción.

El equipo de trabajo, comenzará por determinar los aspectos que se auditarán desde la planeación, en este caso, se apegarán a los objetivos de este proyecto, en las mejoras obtenidas u otro elemento que consideren relevante, como por ejemplo: Los métodos de trabajo, distribución del trabajo, sistema de información, esquema organizacional, control de inventarios, etc.

A continuación, deberán establecer un determinado número de preguntas relacionadas con cada aspecto. Una vez que este paso se ha cumplido, seguirán con establecer la escala de calificación, deberán justificar ciertas explicaciones que podrán debatir de acuerdo a las áreas involucradas, creando así las encuestas para los trabajadores de diferentes áreas e incluso personal administrativo.

Se designarán ciertas personas del equipo de trabajo para implementar las encuestas, que a su vez, cuando hayan concluido con esta parte, deberán realizar una compilación de la información obtenida, posteriormente un individuo seleccionado, será el encargado de conjuntarlo todo, para poder obtener los resultados finales, que serán mostrados mediante diferentes tipos de gráficos o tablas porcentuales.

Se generará un reporte de la auditoría aplicada sobre el proyecto, en donde muestre dicha información, además que contenga los comparativos del antes y después de la implementación del proyecto, los costos que involucren o algún otro dato que se necesite presentar ante los gerentes administrativos y al dueño.

Con el fin de hacer notar la utilidad de este proyecto, visualizando los resultados obtenidos con una prueba piloto y buscando la posibilidad de realizarlo con otros elementos, sin olvidar el actual.

He de resaltar, que en las encuestas, debe existir una sección dónde se solicite algún comentario o sugerencia por parte del entrevistado, teniendo como propósito obtener una retroalimentación, que pueda aportar una perspectiva diferente a la del grupo de trabajo. Siendo tomada a consideración para su análisis.

5.6.3 Seguimiento.

Una vez que el reporte ha sido entregado y revisado por el grupo de trabajo, se detectarán aquellos aspectos que tengan una debilidad alarmante, identificando las causas raíz apoyados de herramientas de lean – six sigma, ya descritas anteriormente, para después eliminar el problema con planes de acción que propondrán.

Después de cierto tiempo, se volverá a realizar una auditoría, pero prestando mayor atención en aquellos aspectos con planes de acción, para determinar si existe una mejoría o necesita un mayor análisis para determinar las posibles causas raíz de los problemas, véase la analogía de la figura 5.47.

He de resaltar que ésta es una clave para el éxito de un proyecto, puesto que la mayoría de las ocasiones se abandonan los proyectos una vez que han alcanzado su objetivo, quedándose con el conformismo de haberlo logrado y sin intentar mejorar lo ya hecho.



Figura 5.47 Fase V. “Seguimiento de la implementación”.

5.7 Recomendaciones.

Para que esta propuesta de implementación tenga mayores posibilidades de éxito, a continuación se enlistan algunos detalles importantes para tomar a consideración, que son:

- a) La dirección de la empresa debe apoyar con los recursos suficientes para el proyecto.

- b) Establecer claramente los objetivos de este proyecto.
- c) Incluir los sindicatos en las etapas del proyecto.
- d) Crear una conciencia de cambio para mejorar.
- e) Capacitaciones adecuadas de acuerdo a las necesidades del proyecto.
- f) Comprensión clara de la filosofía acerca del RCM para todos.
- g) Crear proyectos piloto sobre la implementación mostrando la aplicación y sus ventajas.
- h) La información compilada debe ser verídica y lo más entendible posible para su comprensión.
- i) Permitir un clima organizacional positivo.
- j) Compromiso por parte de los participantes.
- k) Incentivar las buenas acciones.

5.8 Beneficios de implementar RCM.

Como en todo proyecto, necesitamos saber cuáles son los beneficios que se obtienen si se implementa una acción, por lo que para este tipo no es la excepción de acuerdo con diversos autores, se puede decir que algunas de las ventajas se pueden lograr para diferentes aspectos, como los son:

- 1) Costo, se estima que se llegó a reducir costos de mantenimiento hasta 8%, los programas de mantenimiento se optimizaron, todas las actividades de mantenimiento se analizarán con principios de costo–beneficio, reducir costos de mantenimiento que quizá se realicen por terceros y evitar la compra de refacciones con carácter de urgencia.

- 2) Servicio, saber con mayor precisión cuáles son las necesidades y requerimientos de los clientes a los que se les presta servicio, impulsa un ambiente positivo dentro de la organización para el trabajo, mejora la comunicación entre departamentos.
- 3) Calidad, Alberto Mora Gutiérrez menciona, ” *se aumenta la disponibilidad en al menos un 8%* ” (Gutiérrez, 2009, pág. 446), eliminan fallas críticas que se desconocen, mejor responsabilidad y aceptación al cambio, mejores documentaciones para auditarse, detectan fallas potenciales y sus consecuencias, la programación de actividades se basa en las incidencias.
- 4) Tiempo, incrementa los tiempos de operación de las máquinas mediante la utilización, se reducen paradas programadas para mantenimientos o inspecciones, reducen demoras en las refacciones, el tiempo para reparar se acorta cuando se conoce más el sistema en su totalidad.
- 5) Riesgo, mayor ambiente seguro para el medio y los trabajadores, incentiva el análisis sobre fallas que afecten el medio ambiente o la seguridad, ya que se convierten en alertas, reducen riesgos laborales de las actividades de mantenimiento.

5.9 Ventajas del RCM.

Ahora que se han mencionado algunos beneficios que se logran con el RCM, a continuación se hace mención sobre algunas ventajas que llegan a adquirirse cuando esta filosofía se implementa, que son:

- a) Se puede combinar con la filosofía TPM.
- b) Nos ayuda en evidenciar los requerimientos de información faltantes.
- c) Indispensable para establecer puntos de mejora ocultos.
- d) Su estructura proviene de la alta dirección, por lo que impulsa la mejora dentro de la organización en general.
- e) Conlleva el uso de las herramientas tecnológicas conocidas como “mantecnologías”.
- f) Incluye la participación de todo el personal.
- g) Aumento de la producción.
- h) Incremento en el conocimiento de la planta a nivel operacional.

Conclusiones.

Dentro del sector industrial se observa una gran gama de procesos que sin lugar a duda se van actualizando de manera gradual, para poder adquirir mayores beneficios, pero sin olvidar que existirán algunos de ellos en donde su vida se extenderá, mediante el uso de diversas herramientas dentro del mantenimiento, que entre ellas destaca el RCM, que sin lugar a duda es conveniente su utilización si se observan a detalle los beneficios y ventajas que se obtienen con su uso, en especial para aquellas empresas en donde buscan la mejora continua y la mayor utilización posible de los equipos a mayor escala, en donde han tenido un acercamiento al mantenimiento con grandes niveles de uso.

En el caso práctico se llegó a incrementar la utilización en un 4% requerido para cumplir con el volumen estimado de ventas, una reducción en las paradas y mejoramiento en la velocidad de la máquina, evitando microparadas.

De igual forma indirectamente esta implementación viene a adecuar nuevas formas de trabajo, involucrando las tecnologías que poco a poco van surgiendo, junto con aquellas metodologías que se han venido desarrollando, con el objetivo de optimizar los recursos mediante la eliminación de los siete desperdicios que menciona el lean manufacturing, siendo RCM una alternativa con la que se puede contar si se quiere realizar cambios para mejorar, buscando incrementar la productividad de los procesos en general, personas, los recursos utilizados e infraestructura, que sin lugar a duda exige que debe haber mayor conocimiento del área, de forma similar para los trabajadores que experimentan nuevas enseñanzas.

El mantenimiento seguirá siendo una parte esencial dentro de las organizaciones, y con el paso del tiempo, necesitará de nuevas herramientas que se adecuen a las necesidades de los clientes, además de atender todos los requerimientos de los mismos, que irán cambiando conforme se desarrolle la tecnología, por lo que la mejora continua dentro del mantenimiento seguirá siendo el alma motivadora para crecer.

Glosario de términos y abreviaturas.

Auditoría.	Examen para determinar el control y rendimiento de un proceso.
Confiabilidad.	Sinónimo de fiabilidad.
Correlación.	Término utilizado generalmente en estadística para explicar que existe una relación entre dos elementos.
Costos.	Distribución de gastos (erogaciones) capitalizable que sirve para dar un ingreso de algún bienestar futuro o desarrollo de un proceso.
Cuellos de botella.	Actividades que acotan la velocidad de los pasos siguientes de una secuencia establecida.
Disponibilidad.	Condición con la que cuenta un elemento listo para usarse.
Equipo.	Referido a agrupaciones de dispositivos o elementos.
Extrapolar.	Calcular el valor de una variable, partiendo de otros parámetros de la misma naturaleza.
Falla.	Avería o daño aparecido en un elemento generando un defecto.
Fiabilidad.	Probabilidad con la que cuenta un sistema, equipo, dispositivo para poder desarrollar sus funciones plenamente bajo determinadas condiciones en un tiempo establecido.
Mantenimiento.	La realización de actividades enfocadas al cuidado de un equipo y la otra es a la conservación de la calidad del servicio que ofrece para la generación de productos
Mantenimiento correctivo.	Conjunto de tareas que se desarrollan en equipos, instalaciones o edificios, destinadas a corregir fallas que se presentan.
Mantenimiento predictivo	Conjunto de actividades, que tiene por objetivo mantener dentro de parámetros establecidos, la calidad que ofrece un equipo o inmueble.
Mantenimiento preventivo.	Conjunto de actividades, que tiene por objetivo mantener dentro de parámetros establecidos, la calidad que ofrece un equipo o inmueble.
Periodicidad.	Cantidad de ocasiones con la que un elemento aparece o ejecuta una acción repetitivamente.

Plausible.	Adjetivo para mostrar algo que merece determinado reconocimiento.
Productividad.	Relación existente entre lo que se produce y los recursos empleados para lo producido.
Pronosticar.	Acción de calcular las probabilidades de que ocurra un evento en algún futuro con base a determinada información y criterio.
Redituable.	Aquello que conlleva un beneficio.
Staff.	Plantilla de personal pertenecientes o no, a una organización.

Abreviaturas

CPM.	Critical Path Method.
OEE.	Overall Equipment Effectiveness.
MC.	Mantenimiento Correctivo.
MOC.	Maintenance On Condition.
MP.	Mantenimiento Preventivo.
PM.	Mantenimiento Productivo.
PERT.	Program Evaluation and Review Techniques.
RCM.	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.
TPM.	Mantenimiento Productivo Total.
TPS.	Toyota Production System,

Bibliografía.

- Barajas, H. P. (2012). *Fundamentos de costos*. México: Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V.
- Campbell, J. D. (2001). *Organización y liderazgo del mantenimiento*. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A.
- Carrera, M. Á. (2012). *El mantenimiento industrial desde la experiencia*. SEVILLA ESPAÑA: Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial.
- Cruelles Ruiz, J. A. (2013). *Ingeniería Industrial Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Cuatrecasas, L. (2003). *Total Productive Maintenance TPM Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción*. Barcelona España: Gestión 2000 S.A.
- Cudicio, C. (1991). *Cómo vender mejor con la PNL*. Buenos aires: Juan Granica S.A y Javier Vergara S.A.
- Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Dixon Campbell, J. (2000). *Sistemas de mantenimiento planeación y control* (Primera ed.). México D.F.: Limusa Wiley.
- Fernández, F. G. (2014). *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión* (Segunda ed.). Bogotá: FC EDITORIAL.
- Fernández, F. J. (2011). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado* (Cuarta ed.). Madrid: FC EDITORIAL.

- Franchetti, M. J. (2015). *LEAN SIX SIGMA for engineers and managers*. New York: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Garcia-Clairac, S. (2003). *El libro del VENDEDOR DE IDEAS*. Madrid: Díaz de Santos S.A.
- Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- González, J. A. (1998). *Reingeniería de Procesos Empresariales* (Primera ed.). Madrid: FUNDACION CONFEMETAL.
- González, R. H. (1984). *Mantenimiento Industrial organización, gestión y control*. Buenos Aires: ALSINA.
- Gutiérrez, A. M. (2009). *Mantenimiento Planeación, ejecución y control* (Primera ed.). México: Alfaomega grupo editor.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES*. México : PEARSON.
- Hillier, F. S., & Hillier, M. S. (2008). *Métodos cuantitativos para administración*. México: Mcgraw Hill .
- Imai, M. (2008). *KAIZEN La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa*. México: GRUPO EDITORIAL PATRIA.
- Lambretón Torres, V., & Garza Fernández, G. (2016). *Costos para la toma de decisiones*. México: Pearson.
- Landeta, J. M. (2016). *Manufactura de clase Mundial* (Primera ed.). México: Grupo Editor Alfaomega S.A. de C.V.
- Lorenzo, J. M. (2015). *Todos somos vendedores*. Barcelona: Lexus.
- Mastretta, G. V. (2008). *Administración de los SISTEMAS DE PRODUCCIÓN*. México: Limusa S.A. DE C.V.

- MAYNARD, H. B. (2010). *Manual de ingeniería y organización industrial*. México D.F. : REVERTÉ.
- NEWBROUGH, E. (1974). *Administración de Mantenimiento Industrial*. México: DIANA S.A.
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2004). *INGENIERIA INDUSTRIAL Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR S.A. de C.V.
- Render, B., Stair, R. M., Hanna, M. E., & Hale, T. S. (2016). *Métodos cuantitativos para los negocios*. México: Pearson.
- Riggs, J. L. (2008). *Sistemas de Producción, Planeación, Análisis y Control*. México: LIMUSA WILEY.
- S. Pande, P., P. Neuman, R., & R. Cavanagh, R. (2004). *Las claves prácticas de Seis Sigma*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España S.A.U.
- Sacristán, F. R. (s.f.). *Técnicas de resolución de problemas*. Madrid: FC EDITORIAL.
- Socconini, L. (2008). *LEAN MANUFACTURING paso a paso* (Primera ed.). Estado de México: Grupo editorial NORMA S.A de C.V.
- Socconini, L. (2016). *Certificación Lean Six sigma Yellowe Belt para la excelencia en los negocios*. México: Alfaomega Grupo editor.
- Torres, L. D. (2015). *Gestión Integral de Activos Físicos y Mantenimiento*. Buenos Aires: Alfaomega Grupo Editor Argentino.
- Villanueva, E. D. (1984). *LA ADMINISTRACIÓN EN EL MANTENIMIENTO* (Segunda ed.). México D.F.: COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL S.A. DE C.V.

Villanueva, E. D. (2006). *UN ENFOQUE ANALITICO DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL* (Primera ed.). México: CECSA.

Villaseñor, A., & Galindo, E. (2008). *Conceptos y reglas de lean manufacturing*. México: Limusa S.A. de C.V.

Referencias de internet.

Aguilar Otero, J., Torres Arcique, R., & Magaña Jiménez, D. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Obtenido de Tecnología, ciencia y educación: <http://www.redalyc.org/pdf/482/48215094003.pdf>

Cabrera Lazarini , J. G. (12 de Abril de 2016). Scribd. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/308058324/Historia-Del-Mantenimiento>
consultores, A. (23 de Junio de 2018). Alteco consultores. Obtenido de <https://www.aiteco.com/diagrama-de-dispersion/>

Cuautitlán, U. N. (s.f.). Proyecto PAPIME PE302709. Obtenido de Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán: <http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/Laboratoriovirtualdeestadistica/DOCUMENTOS/TEMA%201/7.%20HISTOGRAMAS.pdf>

Fomento, M. d. (1 de Mayo de 2005). Fomento. Obtenido de <https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/33D8F146-B848-418A-92E9-C7822F519B26/19426/IVA5.pdf>

García, L. J. (Mayo de 2017). Costeo en base a comportamientos. Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=79K4Xet7-m8&feature=youtu.be>

Garrido, S. G. (21 de Octubre de 2016). Ventajas e inconvenientes de la aplicación de RCM. Obtenido de Reportero Industrial: <http://www.reporteroindustrial.com/blogs/Ventajas-e-inconvenientes-de-la-aplicacion-de-RCM+115969>

González, Y. (28 de Octubre de 2011). Blogger. Obtenido de <http://ugmamantenimiento12011.blogspot.com/2011/10/evolucion-del-mantenimiento.html>

INEGI. (2016). INEGI Encuesta Anual de la Industria Manufacturera (EAIM). Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/tabulados/?var=03670021&act=0386&tpdt=03980001&tp=10&pi=2010&pf=2020&t=Instituto%20Nacional%20de%20Estad%C3%ADstica%20y%20Geograf%C3%ADa%7CEncuesta%20Anual%20de%20la%20Industria%20Manufacturera&s=Total%20de%20horas%20traba>

Johnson, K. (27 de Abril de 2014). Wordpress. Obtenido de <https://los33uc.wordpress.com/2014/04/27/carta-gantt-plan-de-trabajo/>

Llorente, J. L. (Septiembre de 2016). PDF. Obtenido de <http://gestion-calidad.com/wp-content/uploads/2016/09/AMFE.pdf>

Loza, L. A. (8 de Agosto de 2016). Congreso de mantenimiento y confiabilidad Latinoamérica. Obtenido de <https://cmc-latam.com/analisis-criticidad-semicuantitativa-cuantitativa-activos/>

Parra Márquez, C., & Crespo Márquez, A. (10 de Agosto de 2015). México document. Obtenido de <https://vdocuments.mx/metodos-basicos-de-criticidad-activos.html>