

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA PLANTA GOLOSINAS NESTLE PERU”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ALFARO SOLIS, RENE

Villa El Salvador
2016

DEDICATORIA

Al Ing. Paul B. Portilla Espino por asesoramiento.

A mis padres por enseñarme a luchar para alcanzar mis sueños.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a todos mis compañeros y profesores de la carrera mecánica eléctrica por su amistad y buenos consejos durante toda mi vida universitaria, y el personal de Nestlé que apoyaron mi formación de prácticas.

INDICE

INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.....	8
1.2 Justificación del Problema	9
1.3 Delimitación del Proyecto	10
1.4 Formulación del Problema.....	10
1.5 Objetivos	11
1.5.1. Objetivo General	11
1.5.2. Objetivos Específicos	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación.....	12
2.2 Bases teóricas	14
2.3 Marco conceptual	57
CAPÍTULO III: DISEÑO DEL RCM	
3.1 Descripción de la empresa	61
3.1.1. Selección de equipo critico.....	62
3.2. Principales formas de mantenimiento actual	64
3.3. Elaboración del RCM	71
3.3.1. Conformación del equipo de trabajo.....	71
3.3.2. Análisis del historial de fallas	73
3.3.3. Análisis de los datos procesados	75
3.3.4. Elaboración del FMEA	78
3.3.5. Evaluación y selección de tareas de Mnto.	88
3.4. Resultado de implantación RCM maquina supercavemil.....	101
3.4.1. Análisis de fallas	101
3.4.2. Análisis económico	102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
BIBLIOGRAFÍA	105

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1. PERSPECTIVA TRADICIONAL DE LAS FALLAS DE LOS EQUIPO.

FIGURA 2. GENERACIONES DEL RCM

FIGURA 3. CLASIFICACION

FIGURA 4. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RCM.

FIGURA 5. CURVA DE LA BATEA

FIGURA 6. DESGASTE

FIGURA 7. FATIGA

FIGURA 8. SEGURIDAD INFANTIL

FIGURA 9. ALEATORIO

FIGURA 10. MORTALIDAD INFANTIL

FIGURA 11. DIAGRAMA DE BLOQUES

FIGURA 12. CURVA DE SUPERVIVENCIA

FIGURA 13 GRAFICOS WEIBULL

FIGURA14. MAPA GEOGRÁFICO DE EMPRESA NESTLE PERU LIMA.

FIGURA 15. IMAGEN DE INSERCIÓN DE DATOS AL SOFTWARE RELIASOFT

FIGURA 16. CONFIABILIDAD VS TIEMPO

FIGURA 17. DIAGRAMA PARETO “FALLAS MECÁNICAS”.

FIGURA. 18 DIAGRAMA PARETO “FALLAS EN LUBRICACIÓN”.

LISTADO DE TABLAS

TABLA .1 ESCALA DEL NIVEL DE SEVERIDAD

TABLA 2 ESCALA DEL NIVEL DE OCURRENCIA

TABLA 3 ESCALA DEL NIVEL DE DETECTABILIDAD

TABLA 4. LISTO DE LINEAS DE PRODUCCION CRITICAS

TABLA 5 PRINCIPALES PARADOS LINEA SUPERCHEMIL

TABLA 6 HISTORIAL DE FALLAS MAQUINA SUPERCHEMIL

TABLA 7. RESUMEN HISTORIAL DE MANTENIMIENTOS

TABLA 8. FALLAS POR SISTEMA MECANICO

TABLA 9 FALLAS EN LA LUBRICACIÓN

TABLA 10 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS FMEA

TABLA 11. EVALUACIÓN Y SELECCION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO
DEMAQUINA SUPERCHEMIL

TABLA 12. TABLA RENDIMIENTO DESPUES DEL RCM

INTRODUCCION

La ingeniería de mantenimiento ha evolucionado desde sus inicios sufriendo grandes cambios a lo largo del desarrollo industrial a través del tiempo; proviniendo desde una cultura reactiva de preservación de la integridad del activo enfocado en la atención de correctivos, hasta convertirse en uno de los pilares estratégicos de los negocios mostrándose como una inversión que en corto, mediano o largo plazo implicarán una rentabilidad financiera mayor al optimizar la condición de los activos garantizando así un incremento en la producción de bienes o servicios reduciendo los costos existentes.

Es debido a este nuevo concepto que actualmente Ingeniería de Mantenimiento es uno de los pilares en los que se basa la estrategia del negocio cambiando paradigmas y conceptos que nos permitirán llegar a grandes innovaciones.

El dejar de lado esta visión moderna del mantenimiento es poner en riesgo y atentar contra los objetivos del negocio, pudiendo de alguna manera generar pérdidas incalculables o finalmente llevar a la quiebra a la empresa y a la pérdida del empleo.

Es por ello que el desarrollo del presente proyecto tiene como objetivo presentar una implementación de una metodología diseñada para disminuir las posibles fallas existentes de los equipos y sistemas incrementando su disponibilidad y confiabilidad.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

La planta de golosinas de la empresa NESTLE PERU en la actualidad se han visto sometidas a constantes cambios y mejoras que les permitan ser competitivas ante el mercado, por esta razón todos los departamento y actividades de una organización deben estar orientadas a garantizar la productividad de las empresas.

El mantenimiento produce un bien real que puede resumir en la capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad, no obstante en una parte considerable de la empresa se resumen a la realización de un plan de mantenimiento. El mantenimiento es uno de los factores más influyentes de manera directa en la productividad de una organización debido a que los equipo, maquinarias y edificaciones so las herramientas atraves de las cuales se lleva a cabo la producción en cualquier sector de la industria y su buen funcionamiento permite a la organización ser más productiva.

La empresa NESTLE PERU es una empresa de alimentos, actual mente la empresa no cuenta con un sistema de mantenimiento eficiente que le permita establecer lineamientos específicos para prevenir daños y detectar las fallas de los equipos, la empresa también carece de un formato regular de evaluación y cumplimiento del estado y/o funcionamiento de los equipos críticos.

1.2. Justificación del Problema

La realización de este proyecto busca evaluar los sistemas de mantenimiento llevados a cabo en la planta de golosinas NESTLE PERU, En este caso el activo más crítico en la cual se hace evidente la necesidad de mejorar los programas de mantenimiento, debido a que la empresa no tiene un programa eficaz que garantice el buen estado de funcionamiento de los equipos que utiliza para sus labores industriales.

Este problema se ha venido presentando debido a que la empresa carece de una buena organización de mantenimiento, aunque se realizan labores de mantenimiento, no tiene establecido un cronograma de actividades completo ni un sistema de diagnóstico que permita conocer posibles fallas antes de que aparezcan, además la aparición de fallas repentinas en los equipos se dan con frecuencia lo que con lleva a un mantenimiento preventivo y correctivo el cual genera costos imprevistos para la organización (paro de producción, retraso en la entrega de pedidos, horas laborales perdidas y costos altos de mantenimiento).

Por este motivo se necesita realizar una Implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para planta golosinas, la cual se desarrollara bajo los lineamientos de la norma para establecer cuáles son las principales falencias y fortalezas.

1.3. Delimitación del Proyecto

Por la falta de información completa de todos los activos de la planta golosinas NESTLE PERU suministrada por la empresa y algunas dificultades. Por ello nos enfocaremos en Implementar el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para planta golosinas en el activo con probabilidad de fallas.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema general

- ¿Se puede implementar de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para planta golosinas NESTLE PERU?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Existe un plan de mantenimiento actual para planta golosinas NESTLE PERU?
- ¿El plan de mantenimiento actual para planta golosinas NESTLE PERU es eficiente?
- ¿existen facilidades para implementar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para planta golosinas NESTLE PERU?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Desarrollar un plan para la implementación del proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad en la planta golosinas NESTLE PERU, con la finalidad de reducir el costo debido a mantenimiento y garantizar la confiabilidad del equipo más crítico dentro de su operacional actual. mantenimientos preventivos y correctivos.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Aplicar con el grupo de trabajo un análisis de mejorabilidad a todos los sistemas de la planta golosinas NESTLE PERU, con la finalidad de determinar cuáles activos y sistemas son más críticos.

- Definir los roles y responsabilidades que serán asignadas a cada uno de los miembros del grupo natural de trabajo y así establecer la matriz de responsabilidades.

- Evaluar el riesgo de falla de cada componente de los sistemas de la planta de golosina, en base a un análisis de modos de falla y resolver la causa y raíz en base a las tareas de mantenimiento recomendadas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación se presenta estudios previos al desarrollo del presente proyecto, así también proyectos de gestión de mantenimiento RCM a nivel nacional.

Se encontró el estudio realizado por Martin Da Costa Burga (2010) de la PUCP que a través de un caso práctico presenta el proyecto "*aplicación del manteamiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción*". En esta tesis primero se realizó una adecuada identificación de los problemas que les dificultan la maximización de la función de los motores a gas de dos tiempos a través del Análisis de modo, fallas, causas y efectos (AMEF). Al definirse los modos y las causas de las fallas se pudieron establecer la criticidad de cada una ellas y el impacto en las metas de producción, mantenimiento, salud y medio ambiente; con dicho trabajo se logró aumentar la vida útil de los equipos.

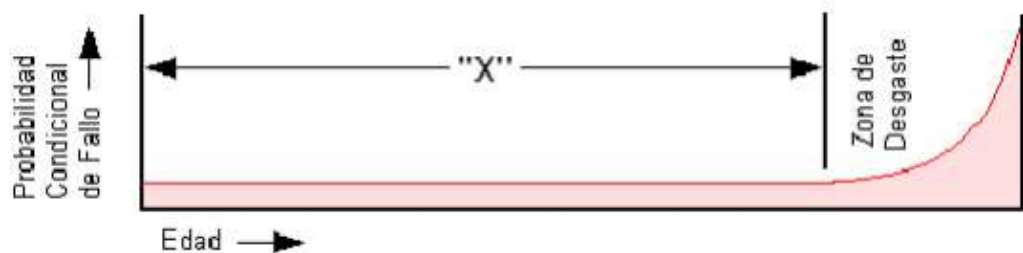
Se encontró el estudio realizado por Enrique Miguel Rivera Rubio (2011) de la UNMSM que el proyecto "*sistema de gestión de mantenimiento*". Esta se basa, en la implementación de un Sistema de Mantenimiento industrial, que agrupa ciclo de vida, personas, instalaciones, entre otros elementos. El resultado de una correcta y adecuada implementación de un Sistema de Mantenimiento Industrial, basado en términos de calidad, seguridad, conservación del medio ambiente y confiabilidad, está reflejado en la disminución del coste del mantenimiento, pues esta así demostrado en otros países.

Se encontró el estudio realizado por José Cámac Martínez, José Luis Ymbertis herrera (2015) de la UPC, el proyecto titulado "*propuesta de mejora de un sistema de gestión de mantenimiento en los equipos de generación de vapor en una empresa que produce lubricantes automotrices e industriales*". El presente proyecto tenía como objetivo el desarrollo de una propuesta de mejora de un sistema de gestión de mantenimiento en los equipos de generación de vapor en una empresa que produce lubricantes automotrices e industriales, el tema abarca la descripción actual de la empresa, el análisis y diagnóstico del mantenimiento actual y la validación de la propuesta. Mediante la utilización de la técnica del RCM se determina el tipo de mantenimiento, considerando su contexto operacional actual. Se caracteriza por ser una técnica estructurada.

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. Historia del RCM: en 1974, el departament e defensa de los estados unidos le asigno a la empresa united airlines preparar un informe sobre los procesos usados por la industria de la aviación civil para elaborar programas de mantenimiento para los aviones, este informe fue realizado por F. Standley Nowlan Director de Análisis de Mantenimiento de United Airlines y Howard F. Heap, Gerente de Planeamiento del Programa de Mantenimiento de United Airlines, el documento fue publicado en 1976 y fue titulado Mantenimiento Centro en la confiabilidad o RCM por las siglas en ingles Reliability – centered Maintenance.

FIGURA 1. PERSPECTIVA TRADICIONAL DE LAS FALLAS DE LOS EQUIPO



Fuentes: realibility. Centered Maintenance RCM II, john Moubray 3 MOUBRAY.

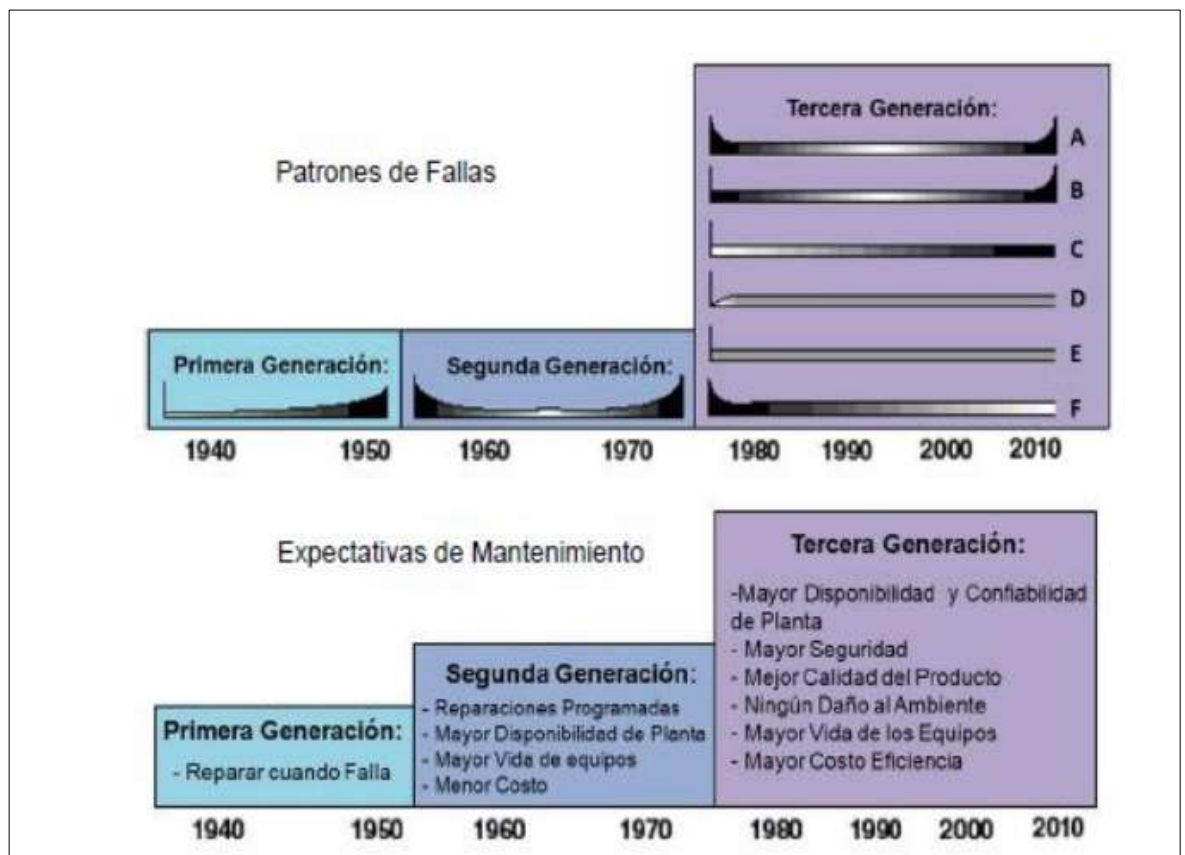
JHON. Realibility. Centered Maintenance RCM. New York; Industrial Press INC,

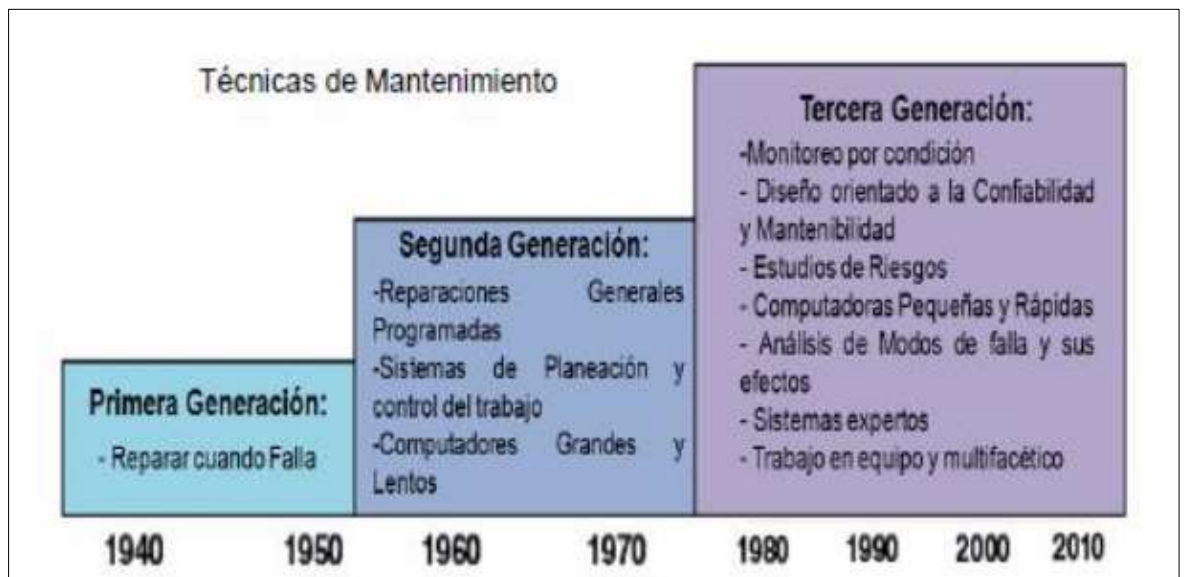
1997.P.318

El RCM se desarrolló debido a que en las teorías de mantenimiento de la época siempre habían relaciones causa efecto entre el mantenimiento programado y la confiabilidad operacional, esta suposición estaba basada en la creencia intuitiva de que las partes mecánicas se desgastaban y que la confiabilidad de cualquier equipo estaba directamente relacionada con la edad operacional (ver figura 1) , el único problema que había era determinar la edad límite de las partes para reemplazarlas y asegurar una operación confiable, las teorías de la primera y segunda generación del mantenimiento utilizaban como modelos los patrones de falla tradicionales como el Patrón A o curva de la Bañera que comienza con una gran incidencia de fallas (mortalidad infantil) seguida por un incremento constante o gradual de la probabilidad condicional de falla y por ultimo una zona de desgaste o el Patrón B (ver figura 2) que muestra una probabilidad condicional de falla constante o que crece lentamente y que termina también en una zona de desgaste, sin embargo a través de los años se descubrió que muchos tipos de fallas no podían ser prevenidas de forma efectiva sin importar cuán intensas fueran las actividades de mantenimiento preventivo que se realizaran debido a que las fallas no seguían los patrones tradicionales A o B, pero gracias a las investigaciones realizadas en la industria de la aviación se logró determinar que habían en realidad seis patrones de falla distintos que afectaban la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos, con estos cambios de

paradigmas se inició la tercera generación del mantenimiento en el cual las exigencias y expectativas de mantenimiento son mucho mayores lo que obligó a realizar también cambios radicales en las técnicas y teorías del mantenimiento (ver figura 2).

FIGURA 2. GENERACIONES DEL RCM





Fuentes: reability – centered maintenance. RCM II, John Moubray.

2.2.2. Definición de RCM.

La Norma SAE JA1011 define el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de la siguiente manera: “RCM es un proceso específico usado para identificar las políticas que deben ser implementadas para administrar los modos de falla que pueden causar fallas funcionales en cualquier activo físico en su contexto operacional” En el Libro de RCM II de John Moubray el autor plantea la siguiente definición: “RCM es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual”. “El RCM es el proceso usado para determinar el enfoque más efectivo del mantenimiento, esto implica identificar acciones que cuando se toman reducen la probabilidad de falla de la forma más costo-

efectiva buscando una mezcla óptima de acciones basadas por condición, acciones basadas en ciclos o en tiempo o el enfoque de operar hasta que falle”. En conclusión el RCM es un proceso que permite determinar las tareas mínimas de mantenimiento (Correctivo, Preventivo y Predictivo) necesarias para que los activos cumplan con su función en su contexto operacional.

FIGURA 3. CLASIFICACION



Fuentes: NASA reliability centered Maintenance Guide or Facilities and Collateral Equipment.

2.2.3. La norma UNE 20812 y el RCM

Antes de realizar una determinada inmersión en los conceptos básicos del RCM, es necesario concatenar esta nueva técnica organizativa con el conocido análisis de modo de fallo y de sus afectos AMFE (o FMEA, Failure Mode and Effects Análisis). Esta técnica se refleja en la norma UNE 20812 y se basa en hacer un proceso también sistemático y documentado de análisis básicamente cualitativo, que revisa y estudia en profundidad la fiabilidad de un sistema y de sus subsistemas.

El citado AMFE identifica, en primer lugar, el componente susceptible de averiarse, luego el modo de fallo dominante y a continuación sus efectos, tanto en el propio sistema como en la instalación, en el área de trabajo de que se trate, etc. Tras ello intenta cuantificar la probabilidad de fallo y de ahí obtiene las tareas de mantenimiento preventivo requeridas. Como veremos, es el principio relativamente similar al utilizado en RCM, pero tiene dos consideraciones relevantes que se debe saber para entender sus principales diferencias:

El método AMFE considera las averías que pueden producirse en los componentes de un determinado sistema, pero, salvo excepciones a aportar por los que realizan el estudio, no tiene en sí mismo en cuenta la combinación de fallos cuya aparición simultánea, puede pasar de ser una avería leve a un fallo catastrófico, que impidiera al sistema dejar de cumplir

su función. Considere aquellos modos de fallo que pueden impedir el cumplimiento de dicha función, pero no aquellos otros que degradan el sistema y que pueden ser objeto de un tratamiento estadístico o de seguimiento predictivo de variables.

En resumen, antes de pasar al siguiente apartado, que la metodología FMEA reflejada en la norma citada ha sido muy útil, pues ha servido para dar un paso adelante en la elaboración de las estrategias y planes de mantenimiento, no basados en la concepción histórica de los preventivos, definidos por el constructor o por un departamento ajeno a mantenimiento, sino en la definición de los planes de mantenimiento partiendo ya de las propias averías; esto es, partiendo de la realidad de cada sistema, funcionando en su entorno o en su contexto operacional, lo que ya aporta un paso adelante en comparación con los históricos planes de mantenimiento muy a menudo “definidos en un despacho” y a veces a miles de kilómetros de distancia de la planta, donde va a operar el sistema, el sistema AMFE también es arduo de implementar, pues parte, como veremos también en RCM, del análisis de todos los fallos del sistema, uno por uno. Pero, a la postre, ha aportado una nueva visión enriquecedora y rigurosa en mantenimiento. RCM Las Siete Preguntas Básicas.

- **Norma de mantenimiento**

A continuación se listan las normas EN-UNE que también hacen referencia al tema de mantenimiento.

- UNE 200001-3-11:2003 Gestión de la confiabilidad. Parte 3-11: Guía de aplicación. Mantenimiento centrado en la fiabilidad.
- UNE-EN 60300-3-14:2007 Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. (IEC 60300-3-14:2004)
- UNE 20654-1:1992 Guía de la mantenibilidad de equipos. Introducción, exigencias y programa de mantenibilidad.
- UNE 20654-2:1995 Guía de la mantenibilidad de equipos. Parte 2: sección 5: estudios de mantenibilidad durante la fase de diseño.
- UNE 20654-3:1996 Guía de la mantenibilidad de equipos. Parte 3: Secciones seis y siete. Verificación, recogida, análisis y presentación de datos.
- UNE 20654-4:2002 Guía de mantenibilidad de equipos. Parte 4-8: Planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento.
- UNE 20654-5:1998 Guía de mantenibilidad de los equipos. Parte 5: Sección 4: Ensayos de diagnóstico.

- UNE 20654-6:2000 Guía de mantenibilidad de equipos. Parte 6: Sección 9: Métodos estadísticos para la evaluación de la mantenibilidad.
- UNE 20863:1996 Guía para la presentación de resultados de predicciones de fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.
- UNE-EN 13269:2007 Mantenimiento. Guía para la preparación de contratos de mantenimiento.
- UNE-EN 13306:2002 Terminología del mantenimiento.
- UNE-EN 13460:2003 Mantenimiento. Documentos para el mantenimiento.
- UNE-EN 15341:2008 Mantenimiento. Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento.
- UNE-EN 29000-3:1994 Normas de Gestión y Aseguramiento de la Calidad. Parte 3: Guía para la Aplicación de la norma ISO 9001 al desarrollo, suministro y mantenimiento del soporte lógico. (ISO 9000-3:1991). (Versión oficial en 29000-3:1993).
- UNE-EN 61703:2003 Expresiones matemáticas para los términos de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y de logística de mantenimiento.

- EN 60706-2:2006 Mantenibilidad de equipos. Parte 2: Estudios y requisitos de mantenibilidad durante la fase de diseño y de desarrollo. (IEC 60706-2:2006). (Ratificada por AENOR en mayo de 2007)
- EN 60706-3:2006 Mantenibilidad de equipos. Parte 3: Verificación y recogida, análisis y presentación de datos (IEC 60706-3:2006). (Ratificada por AENOR en mayo de 2007.)
- EN 60706-5:2007 Mantenibilidad de equipos. Parte 5: Capacidad de ensayo y ensayos de diagnóstico. (Ratificada por AENOR en marzo de 2009.)

La Norma UNE-EN 13460:2009 es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 13460:2009. Esta norma anula y sustituye a la Norma UNEEN 13460:2003.

La organización de la información varía de unas empresas a otras. Por esa causa, esta norma europea se ha dividido en la parte normativa y los anexos informativos.

La parte normativa se refiere al primer período del ciclo de vida del elemento a mantener, esto es la fase preparatoria. Cuando se adquiere un activo, el comprador requiere cierta documentación, para operar y mantener el elemento de forma correcta. Esta adecuada documentación tiene que ser suministrada por el proveedor del elemento.

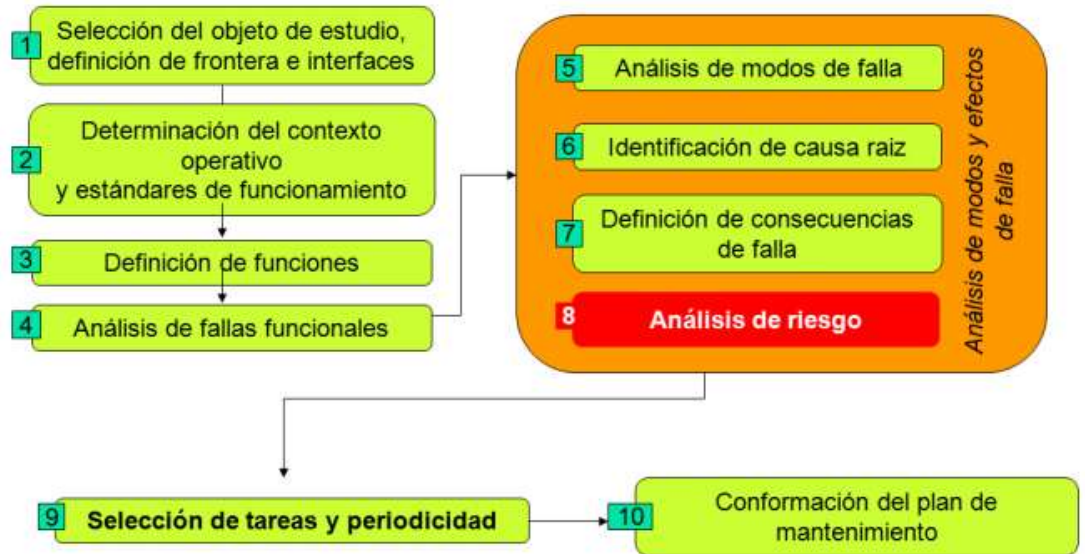
Los anexos 1 y 2 del presente trabajo, son los que la UNE-EN 13460:2009, denomina “anexos informativos A, B y C, se refieren a la fase operativa del ciclo del elemento a mantener”. Estos anexos, junto con el texto normativo, desarrollan la documentación para el mantenimiento, considerando la función mantenimiento como una parte del sistema de la calidad de la compañía.

2.2.4. PLANTEMIENTOS DEL RCM

El RCM plantea siete preguntas básicas acerca del activo o sistema que se quiere revisar:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir la falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

FIGURA 4. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RCM



Fuente: Memorias Curso Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. Daniel

Ortiz Plata

2.2.5. Funciones. Parámetros de Funcionamiento y Contexto Operacional. El primer paso en el proceso del RCM es definir las funciones básicas de cada activo en su contexto operacional, o sea, determinar qué es lo que los usuarios quieren que haga y asegurar que es capaz de realizarlo, las funciones se dividen en dos categorías:

Funciones primarias, estas son la razón de ser del activo o para que se adquirió el activo.

Funciones Secundarias, son las funciones adicionales que cumple el activo, estas están relacionadas con confort, seguridad, apariencia, protección, regulaciones ambientales, etc.

2.2.6. Fallas Funcionales. Después de identificar las fallas funcionales hay que identificar los hechos posibles que puedan haber causado cada estado de falla, se responde la pregunta ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?, dentro de estos modos de fallas se incluyen las causadas por deterioro o desgaste, por errores humanos (operadores y personal de mantenimiento) y por errores de diseño. Los modos de falla pueden ser clasificados en tres grupos:

Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado, las cinco causas de la pérdida de la capacidad son, deterioro, fallas de lubricación, polvo o suciedad, desarme y errores humanos.

Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial, esto se presenta cuando hay sobrecarga deliberada sobre el activo de forma constante y sobrecarga no intencional constante o repentina.

Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere.

2.2.6.1. Efectos de Fallas. En este paso se describe qué pasa cuando ocurre un modo de falla, un efecto de falla no es lo mismo que una consecuencia de falla, el efecto de falla responde a la pregunta ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?

Mientras que una consecuencia de falla responde a la pregunta ¿Qué Importancia tiene?, al describir un efecto de falla de hacerse constar lo siguiente:

- La evidencia de que se ha producido una falla.
- La forma en que la falla supone una amenaza para la seguridad o en ambiente.
- La forma en que afecta producción o la operación.

- Los daños físicos causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

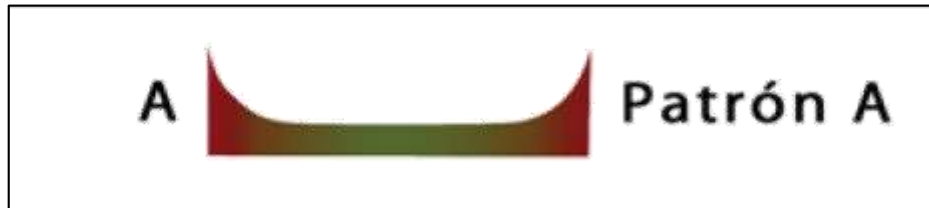
2.2.6.2. Consecuencia de la Fallas. En este paso se responde a la pregunta ¿En qué sentido es importante cada falla? para determinar cuáles son las fallas que más afectan la organización y cuáles no debido a las consecuencias de las fallas, se pueden afectar las operaciones, la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente, las consecuencias se dividen en cuatro grupos, las consecuencias por fallas ocultas, consecuencias ambientales y para la seguridad, consecuencias operacionales y no operacionales.

2.2.7. Elementos claves del RCM. Por estudios realizados en muchos equipos, se determinó que solo existen seis modelos de falla y que si determinamos cuál es el modelo que aplica al equipo, componente o parte en cuestión, podremos determinar la mejor estrategia para su mantenimiento.

Modelos de falla. Los seis modelos son:

Curva de la Batea. Muestra una “probabilidad” de falla cuando nuevo (Realmente en términos matemáticos esta no es una probabilidad, sino, una “densidad de falla $f(x)$ ”, pero para efectos prácticos podríamos asimilarlo a una probabilidad), es lo que se conoce comúnmente como Mortalidad infantil. Luego la probabilidad de falla del equipo (componente o parte) disminuye hasta un punto donde se mantiene igual por un tiempo determinado, periodo donde las fallas que se producen son aleatorias, hasta llegar a otro punto donde nuevamente la probabilidad de falla comienza a aumentar. Normalmente ocurre por un desgaste. Los equipos o piezas que presentan este modelo de fallas son equipos que cuando nuevos requieren de algunos ajustes y que tienen piezas sometidas a desgaste.

FIGURA 5. CURVA DE LA BATEA



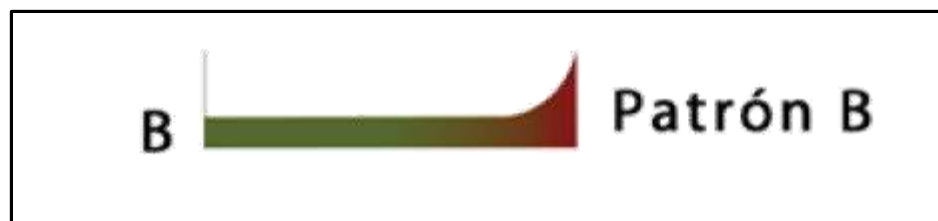
Fuente: www.rcm2-soporte.com

Estrategias recomendadas:

- Análisis de fallas para determinar las fallas de causas infantiles.
- Monitoreo de la condición.
- Reemplazo o reparación basada en el tiempo.

Desgaste. Esta curva nos representa un modelo aleatorio de falla desde nuevo hasta un punto donde aumenta la probabilidad de falla. Este modelo se presenta en piezas sometidas a desgaste. Cuando nuevas solo presentan fallas aleatorias, pero cuando pasan cierto límite de desgaste su probabilidad de falla aumenta exponencialmente.

FIGURA 6. DESGASTE



Fuente: www.rcm2-soporte.com

Estrategias recomendadas:

- Reparación basada en el tiempo.
- Reemplazo basado en el tiempo.
- Análisis de fallas si el desgaste está ocurriendo antes de lo estimado o requerido

Fatiga. El equipo o pieza va incrementando su probabilidad de falla linealmente a medida que va envejeciendo. Se presenta en piezas sometidas a esfuerzos cíclicos o fatiga. También ocurre en elementos que se deterioran con el tiempo.

FIGURA 7. FATIGA



Fuente: www.rcm2-soporte.com

Estrategias recomendadas:

- Monitoreo de la condición.
- Análisis de fallas si la tasa de falla es muy elevada

Seguridad Infantil: Elementos que nuevos son extremadamente confiables, pero con el tiempo adquieren un modelo de falla aleatoria.

FIGURA 8. SEGURIDAD INFANTIL



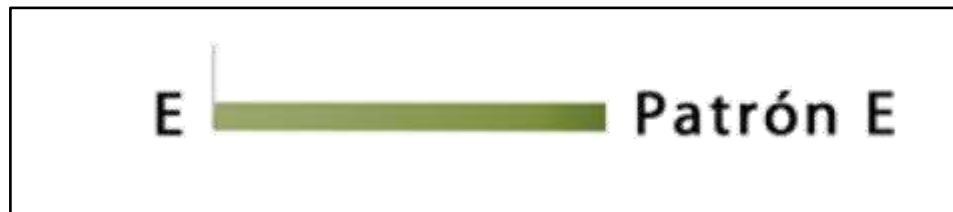
Fuente: www.rcm2-soporte.com

Estrategias recomendadas:

- Monitoreo de condición.
- Operar hasta fallar.
- Análisis de fallas si la tasa de falla es más alta que la deseada o requerida.
- Provisión de repuestos.

Aleatorio: En este modelo el elemento tiene la misma probabilidad de falla en cualquier momento de su vida. La mayoría de los componentes electrónicos se rigen por este modelo.

FIGURA 9. ALEATORIO



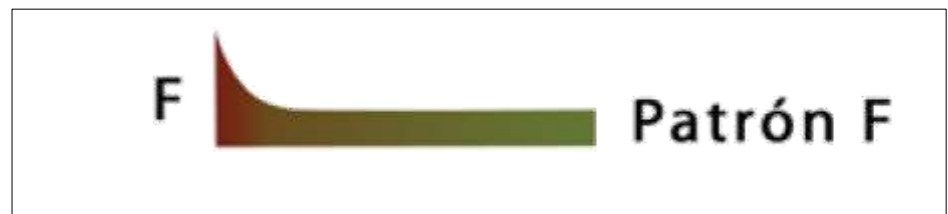
Fuente: www.rcm2-soporte.com

Estrategias recomendadas:

- Análisis de fallas para determinar las causas de las fallas infantiles
- Provisión de repuestos.
- No se recomienda implementar estrategias de mantenimiento basadas en el tiempo.

Mortalidad Infantil. Se presenta una mayor probabilidad de falla cuando el componente es nuevo. Si no falló al principio, la probabilidad de falla en el resto de su vida es aleatoria.

FIGURA 10. MORTALIDAD INFANTIL



Fuente: www.rcm2-soporte.com

Estrategia recomendada:

- Reemplazo basado en el tiempo o en función del costo o riesgo.
- Reparación basada en el tiempo o en función del costo o riesgo.

2.2.8. HERRAMIENTAS CLAVES DE APLICACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL RCM

2.2.8.1. DEFINICIÓN DEL CONTEXTO OPERACIONAL

Como parte de la definición de contexto operacional es importante tener en claro los procesos y sistemas:

Unidades de proceso: se define como una agrupación lógica de sistemas que funcionan unidos para suministrar un servicio.

Sistemas: Conjunto de elementos interrelacionados dentro de las unidades de proceso que tienen una función específica.

En esta parte del MCC nosotros podremos definir los factores que delimitan el problema de estudio, como:

- Perfil de operación.
- Ambiente de operación.
- Calidad/disponibilidad de los insumos requeridos (gas natural, aire, etc.)
- Alarmas señales de paro.
- Política de repuestos, recursos y logística.
- Condiciones laborales: horarios, guardias, nóminas, etc. Luego a partir de dichas definiciones podremos desarrollar el contexto operacional, jerarquizando nuestro sistema, diseñando el diagrama EPS (entrada, proceso

y salida); a su vez establecer e identificar las características de operación del personal tales como los turnos de operación, los parámetros de calidad y mantenimiento; y finalmente la división de nuestro proceso en sistemas así como en su delimitación.

2.2.8.2. ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO

El AMEF (análisis de modo de fallas y efectos de fallos) y el árbol lógico de decisión, constituyen las herramientas fundamentales que utiliza el MCC que responderán las siete preguntas básicas:

- AMEF (Análisis de modo de fallas y efecto de fallos): herramienta que permite identificar los efectos o consecuencias de los modos de fallos de cada activo en su contexto operacional. A partir de esta técnica se logra:

1. Asegurar que todos los modos de falla concebibles y sus efectos sean comprendidos.
2. Identificar debilidades de diseño.
3. Proveer alternativas en la etapa de diseño.
4. Proveer criterios para prioridades de acciones correctivas.
5. Proveer criterios para prioridades de acciones preventivas.
6. Asistir en la identificación de fallas en sistemas con anomalías.

Dentro del desarrollo del AMEF se determina el NPR (Número de prioridad de riesgo), el cual se da por la multiplicación por tres índices de probabilidad, los cuales son la Gravedad o Severidad, el nivel de Ocurrencia y por la facilidad de Detección.

$$NPR = GXOXD \quad (2.1)$$

Dichos índices de evaluación se van determinando en escalas de 1 hasta 10 en función de las características que se describan para cada uno de ellos, siendo puntaje el menor 1 y 1000 el mayor para la evaluación y por consecuencia el valor más crítico de un AMEF. Definiremos dicho índices:

Gravedad o Severidad: se refiere a la probabilidad de fallos en el proceso, está basada únicamente en el efecto de fallo; todas las causas potenciales de fallo para un efecto particular también reciben la misma clasificación.

Ocurrencia: o la frecuencia en la cual se presentan las fallas, cuando se asigna esta clasificación, se deben considerar dos probabilidades:

- La probabilidad de que se produzca una falla.
- La probabilidad de que, una vez ocurrida la falla, esta provoque el efecto nocivo indicado.

Detección o probabilidad de No Detección: este indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido,

llegue a ser informado. Se está definiendo la “no detección”, para que el índice de prioridad crezca de forma análoga del resto de índices a medida que aumenta el riesgo. Tras lo dicho se puede deducir que este índice está íntimamente relacionado con los controles de detección actuales y la causa.

- **ANÁLISIS DE CRITICIDAD.**-Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de optimizar el proceso de asignación de recursos (económicos, humanos y técnicos).

Para realizar este análisis tomaremos en cuenta lo siguiente:

Criterios utilizados.-Los criterios empleados son los siguientes:

- Seguridad.
- Ambiente.
- Producción.
- Costos (operacionales y mantenimiento).
- Frecuencia de fallas.
- Tiempo promedio para reparar.
- Presentación de resultados.

Definiremos:

CRITICIDAD TOTAL= Frecuencia de falla x Consecuencia

- ✓ **Frecuencia** = Número de fallas en un tiempo determinado.

✓ **Consecuencia** = (Impacto Operacional x Flexibilidad Operacional) + Costo Mnto. + Impacto SAH

ÁRBOL LÓGICO DE DECISIONES: herramienta que permite seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento según la filosofía del MCC.

Construcción del árbol de decisiones: Para definir el tipo de mantenimiento a realizar y las actividades concretas a ejecutar, utilizaremos. El árbol lógico de decisión de las consecuencias de los modos de falla y el árbol lógico de decisión de las actividades de mantenimiento respectivas, según el RCM.

En forma general, el esquema propuesto a utilizar para conducir el RCM, se resume en el siguiente diagrama de bloques, que detalla los siguientes pasos a seguir:

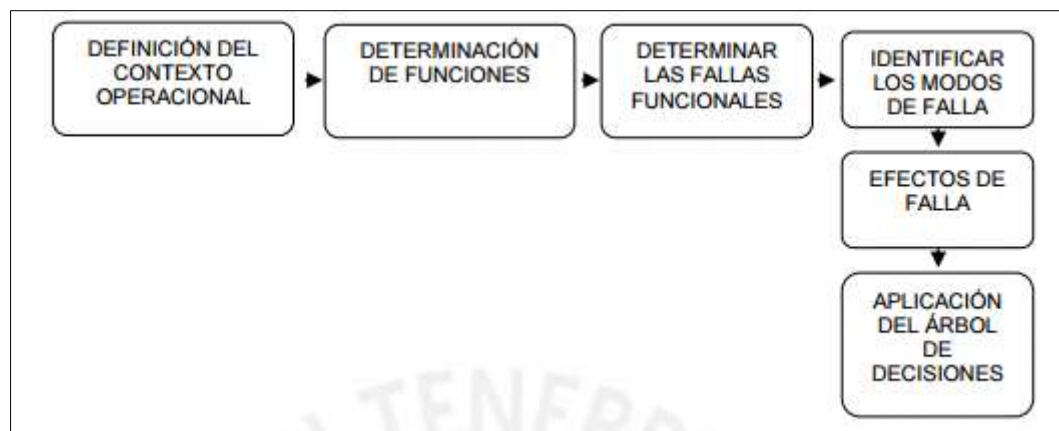


FIGURA 11. DIAGRAMA DE BLOQUE.

2.2.9. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DEL FMEA.

Un típico FMEA incorpora algunos métodos para la evaluación del riesgo asociado con los problemas potenciales identificados en el análisis. El método más usado es el *Número de Prioridad de Riesgo NPR*.

- **NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO - NPR.**

El NPR se considera como un método de evaluación del riesgo relativo a cada causa potencial. Se define como el producto del número de severidad (NS), el número de ocurrencia (NO) y el número de detectabilidad (ND).

NÚMERO DE SEVERIDAD (NS)

La severidad es un valor, el cual mide la gravedad del efecto del modo de falla.

La severidad es aplicada solamente a los efectos. La severidad es estimada en la escala del 1 al 10.

NÚMERO DE OCURRENCIA (NO)

La ocurrencia es un valor que corresponde a la proporción a la cual una causa de primer nivel y su modo de falla resultante ocurrirán sobre su vida de diseño del sistema, o antes de cualquier adicional control de proceso es aplicado. La ocurrencia es estimada en una escala del 1 al 10.

NÚMERO DE DETECTABILIDAD (ND)

La detectabilidad es un valor que corresponde a la probabilidad que los métodos de detección o los controles actuales detectarán el modo de falla antes de que ocurra la falla o para el proceso. La detectabilidad es estimada en una escala del 1 al 10.

DESCRIPCIÓN	EFECTOS DE LA FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD
Arriesgado sin precaución	Muy alto rango de severidad cuando un modo de falla potencial afecta la operación segura e involucra al incumplimiento de regulaciones sin precaución.	10
Arriesgado con precaución	Muy alto rango de severidad cuando un modo de falla potencial afecta la operación segura e involucra al incumplimiento de regulaciones con precaución.	9
Muy alto	Equipo inoperable, las fallas provocan la pérdida de la función para la que fueron diseñados.	8
Alto	Equipo operable. Fallas que causan un alto grado de insatisfacción al cliente que recibe el servicio	7
Moderado	Equipo operable, pero que afectan el equipo, originando un mal funcionamiento de los equipos disminuyendo la calidad del servicio	6
Bajo	Equipo operable. Fallas que provocan la pérdida de eficiencia y causan que el cliente se queje.	5
Muy bajo	Equipo operable. Fallas que pueden ser mejoradas con pequeñas modificaciones y su impacto sobre la eficiencia de los equipos es pequeño	4
Leve	Equipo operable. Fallas que crean mínimas molestias, que el se podría corregir en el proceso sin necesidad de perder eficiencia	3
Muy leve	Fallas difíciles de reconocer y sus efectos son insignificantes para el proceso	2
Ninguno	Fallas que no son identificables y no afectan la eficiencia del proceso.	1

TABLA .1 ESCALA DEL NIVEL DE SEVERIDAD

DESCRIPCIÓN	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA FALLA	NIVEL DE OCURRENCIA
Muy alta: Falla que es casi inevitable	Más de una ocurrencia por día, o una probabilidad de más de tres ocurrencias en diez eventos	10
	Una ocurrencia cada tres o cuatro días, o una probabilidad de tres ocurrencias en diez eventos	9
Alta: Continuamente falla	Una ocurrencia por semana o una probabilidad de cinco ocurrencias en cien eventos	8
	Una ocurrencia por mes, o una ocurrencia en cien eventos	7
Moderada: ocasionalmente falla	Una ocurrencia cada tres meses o tres ocurrencias en mil eventos	6
	Una ocurrencia cada seis meses en un año, o una ocurrencia en diez mil eventos	5
	Una ocurrencia por año o seis ocurrencias en cien mil eventos	4
Baja: relativamente falla poco	Una ocurrencia entre uno y tres años o seis ocurrencias en diez millones de eventos	3
	Una ocurrencia entre tres y cinco años o dos ocurrencias en un billón de eventos	2
Remota: no es probable que falle	Una ocurrencia en más de cinco años, o menos de dos ocurrencias en un billón de eventos	1

TABLA 2 ESCALA DEL NIVEL DE OCURRENCIA

DESCRIPCIÓN	PROBABILIDAD DE DETECTABILIDAD	NIVEL DE DETECTABILIDAD
Absolutamente incierto	El proceso y el producto no son controlados. No se puede detectar la causa potencial y su modo de falla.	10
Muy remoto	Se inspecciona solo el producto final a partir de un nivel aceptable de calidad	9
Remoto	Se inspecciona solo el producto final en base a un modelo previamente probado	8
Muy bajo	Se inspecciona solo el producto manualmente durante todo el proceso(no hay ayuda de equipos modernos de control)	7
Bajo	Se inspecciona solo el producto manualmente durante todo el proceso, usando pruebas de ensayo y error	6
Moderado	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado al final del proceso en la línea de producción (25 % automatización)	5
Moderadamente alto	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado en dos puntos del proceso en la línea de producción (50 % automatización)	4
Alto	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado en más de dos puntos del proceso en la línea	3

	de producción (75 % automatización)	
Muy alto	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado durante todo el proceso en la línea de producción (100 % automatización)	2
Casi controlado	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado durante todo el proceso de la línea de producción (100 % automatización con calibración continua y mantenimiento preventivo de los equipos)	1

TABLA 3 ESCALA DEL NIVEL DE DETECTIBILIDAD

2.2.10 MODELOS PROBABILÍSTICOS

2.2.10.1. INTRODUCCIÓN A LOS MODELOS PROBABILÍSTICOS

El diseño de un programa eficiente de mantenimiento (en términos de costo global de mantenimiento) implica la comprensión de los fenómenos de falla de los equipos.

Dado que las fallas de los equipos son eventos aleatorios, estudiaremos conceptos y modelos estadísticos que nos permitan controlar y mejorar la confiabilidad, y con ello los costos.

La mayor dificultad que enfrentaremos será el alto grado de incertidumbre de los estudios y los efectos de condiciones cambiantes ambientales y de operación en el comportamiento de los equipos.

MODELOS PROBABILÍSTICOS DE CONFIABILIDAD

Los modelos que permiten el estudio de las fallas y confiabilidad son:

- **MODELO EXPONENCIAL**

Para el caso de que $Z(t)$ o $\lambda(t)$ sea constante nos encontramos ante una distribución de fallas de tipo exponencial.

Matemáticamente podremos escribir la función densidad de probabilidad de falla:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \text{ cuando } t \geq 0$$

$$\text{Integrando } f(t): F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.2)$$

Y la confiabilidad tendrá la expresión siguiente:

$$R(t) = 1 - F(t) \quad R(t) = e(-\lambda t) \quad (2.3)$$

La confiabilidad $R(t)$ representa en este caso la probabilidad de que el dispositivo, caracterizado por una tasa de fallos constante, no se averíe durante el tiempo de funcionamiento t .

Esta fórmula de fiabilidad se aplica correctamente a todos los dispositivos que han sufrido un tiempo de funcionamiento apropiado que permita excluir los fallos infantiles, y que no estén afectados aún por el desgaste.

Tiempo Medio Hasta un Fallo (MTTF):

La calidad de funcionamiento de un cierto elemento vendrá dada generalmente por el tiempo que se espera que dicho elemento funcione de manera satisfactoria. Estadísticamente se puede obtener una expectativa de éste tiempo hasta que se produzca un fallo, que se llama tiempo medio hasta un fallo MTTF. Alternativamente, en sistemas que son reparados continuamente después que se produzcan fallos y continúan funcionando, la expectativa se llama tiempo medio entre fallos MTBF, en cualquiera de los casos el “tiempo” puede ser tiempo real o tiempo de operación. Dado que la densidad de fallos es $f(t)$, el tiempo t que se espera que transcurra hasta un fallo viene dado por:

$$E(t) = MTTF = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) \cdot dt = \int_0^{\infty} \lambda t \cdot e(-\lambda t) \cdot df \quad (2.4)$$

$$MTTF = \lambda - 1$$

Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF):

Se demuestra que para la distribución exponencial el MTBF es igual a la inversa de la tasa de fallos y por lo tanto igual al MTTF o sea:

$$MTBF = m = \lambda^{-1} = MTTF \quad (2.5)$$

Donde m = probabilidad de supervivencia (esperanza de vida)

Al igual que λ , el parámetro m describe completamente la fiabilidad de un dispositivo sujeto a fallos de tipo aleatorio, esto es, la fiabilidad exponencial. La función de fiabilidad, llamada también “probabilidad de supervivencia” se puede escribir por tanto:

$$R(t) = e^{-t/m} \quad (2.6)$$

Si llevamos a un gráfico esta función, con los valores de $R(t)$ en ordenadas y los valores correspondientes de t en abscisas, se obtiene la “curva de supervivencia”, representada en la siguiente figura:

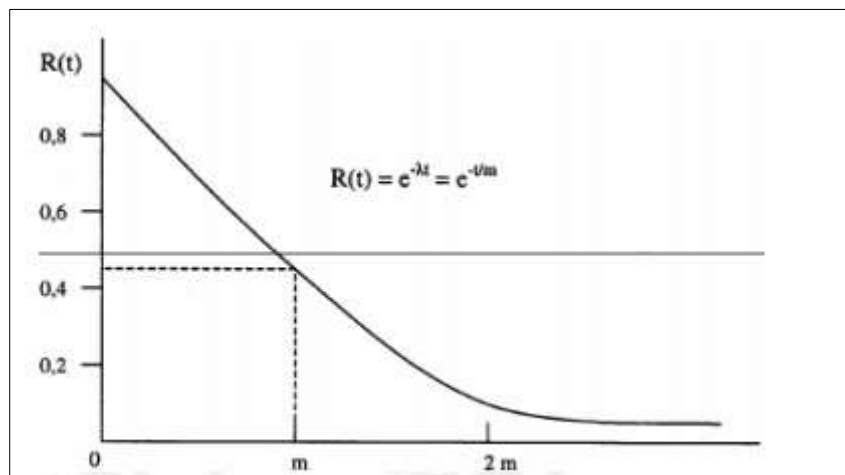


FIGURA 12. CURVA DE SUPERVIVENCIA

La fórmula anterior proporciona la probabilidad de supervivencia del dispositivo para cualquier intervalo de tiempo comprendido dentro del ámbito de la vida útil del mismo, o sea desde el momento 0 al momento t. Se supone que el dispositivo ha superado las misiones precedentes y que no se encuentra al final de su vida útil durante el curso de la misión considerada.

Este modelo se aplica cuando los equipos se encuentran dentro de su vida útil.

- **MODELO LOG-NORMAL**

La función distribución de fallas se describe en la siguiente ecuación es:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \frac{1}{t} \exp \left[-\frac{1}{2} \frac{(\ln t - m)^2}{\sigma^2} \right], t \geq 0 \quad (2.7)$$

Y la confiabilidad se expresa $R(t) = 1 - F(t)$, donde $F(t) = \int_0^t f(u) \cdot du$

Donde m y σ corresponden a la media y a la desviación standard de del tiempo en que fallan pero luego de aplicar el logaritmo natural. Haciendo un cambio de variables:

$$F(t) = \Phi \left(\frac{\ln t - m}{\sigma} \right) \quad (2.8)$$

Donde $\Phi(x)$ es la función de Gauss normalizada, para determinar en tiempo medio entre fallas:

$$MTBF = \exp\left(m + \frac{1}{2}\sigma^2\right)$$

(2.9)

Este modelo se aplica cuando el equipo se encuentra en su etapa de desgaste.

- **MODELO WEIBULL**

El modelo probabilístico de Weibull es muy flexible, pues la ley tiene tres parámetros que permiten “ajustar” correctamente toda clase de resultados experimentales y operacionales. Contrariamente al modelo exponencial, la ley de Weibull cubre los casos en que la tasa de fallo λ es variable y permite por tanto ajustarse a los períodos de “juventud” y a las diferentes formas de “envejecimiento”. Es decir se aplica a equipos en cualquier etapa de su vida. Recordemos la curva de Davies o de la bañera” de $Z(t)$, para su utilización se precisan los resultados de ensayo de muestras o la toma de datos de funcionamiento (TBF = tiempo entre fallos).

Estos resultados permiten estimar la función de repartición $F(t)$ que corresponde a cada instante t .

La determinación de los tres parámetros permite, utilizando tablas, evaluar la MTBF y la desviación típica. Por otra parte, el conocimiento del parámetro de forma β es un útil de diagnóstico del tipo de fallo cuando el equipo en estudio es una caja negra.

Gráficos de $R(t)$ y $Z(t)$ o $\lambda(t)$

Los siguientes gráficos muestran el polimorfismo de la ley de Weibull bajo influencia del parámetro de forma β , y η .

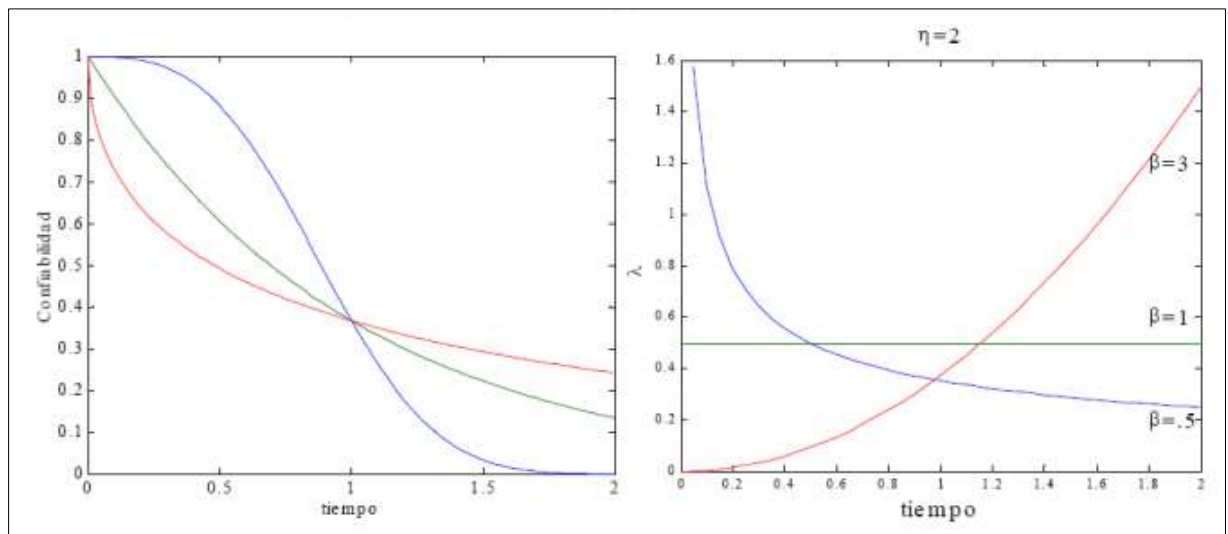


FIGURA 13 GRAFICOS WEIBULL

EXPRESIONES MATEMÁTICAS

Sea la variable aleatoria continua t , distribuida de acuerdo con la ley de Weibull:

a) Densidad de probabilidad $f(t)$

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t-\gamma}{\eta} \right]^{\beta-1} \cdot e^{-\left[\frac{t-\gamma}{\eta} \right]^\beta} \text{ siendo } t \geq \gamma \quad (2.10)$$

Dónde:

β : Parámetro de forma $\beta > 0$ (identifica el ciclo de vida de la máquina)

η : Parámetro de escala $\eta > 0$, es una constante, es el periodo de operación durante al menos el 63.2% de los equipos se espera que falle

γ : Parámetro de posición $-\infty < \gamma < \infty$

b) Función de repartición

$$F(t) = 1 - e^{-\left[\frac{t-\gamma}{\eta} \right]^\beta} \quad (2.11)$$

La confiabilidad correspondiente es por lo tanto $R(t) = 1 - F(t)$

$$R(t) = e^{-\left[\frac{t-\gamma}{\eta} \right]^\beta} \quad (2.12)$$

Observación para $\gamma = 0$ y $\beta = 1$, se vuelve a encontrar la distribución exponencial, caso particular de la ley de Weibull. En este caso:

$$\lambda = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{MTBF} \quad (2.13)$$

c) Tasa instantánea de fallo

$$\lambda = \frac{f(t)}{1-F(t)} \quad \lambda = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t-\gamma}{\eta} \right]^{\beta-1} \quad (2.14)$$

Siendo:

$$t \geq \gamma$$

$$\beta > 0$$

$$\eta > 0$$

Mecanismos de fallos particulares:

$\gamma=0$: el mecanismo no tiene duración de fiabilidad intrínseca, y:

Si $\beta < 1$, la tasa de fallos disminuye con la edad sin llegar a cero, por lo que podemos suponer que nos encontramos en la juventud del componente con un margen de seguridad bajo, dando lugar a fallos por tensión de rotura.

Si $\beta = 1$, la tasa de fallos se mantiene constante siempre, lo que nos indica una característica de fallos aleatoria o pseudos-aleatoria. En este caso nos encontramos que la distribución de Weibull es igual a la exponencial.

Si $\beta > 1$, la tasa de fallo incrementa con la edad de forma continua lo que indica que los desgastes empiezan en el momento en que el mecanismo se pone en servicio.

$1,5 < \beta < 2,5$ fenómeno de fatiga.

$3 < \beta < 4$ fenómeno de desgaste, de corrosión (iniciado en el tiempo $t = t_0$), de sobrepasar un umbral (campo de deformación plástica).

$\beta = 3,44$ $f(t)$ es simétrica, la distribución es "normal".

Este es el modelo a emplear ya que no se posee una fecha límite o de garantía que determine la duración del sistema.

$t_0 > 0$: el mecanismo es intrínsecamente fiable desde el momento en que fue puesto en servicio hasta que $t = t_0$, y además:

Si $\beta < 1$ hay fatiga u otro tipo de desgaste en el que la tasa de fallo disminuye con el tiempo después de un súbito incremento hasta t_0 ; valores de β bajos (aproximadamente 0.5) pueden asociarse con ciclos de fatigas bajos y los valores de β más elevados (aproximadamente 0.8) con ciclos más altos.

Si $\beta > 1$ hay una erosión o desgaste similar en la que la constante de duración de carga disminuye continuamente con el incremento de la carga.

$t_0 < 0$: indica que el mecanismo fue utilizado o tuvo fallos antes de iniciar la toma de datos, de otro modo:

Si $\beta < 1$ podría tratarse de un fallo de juventud antes de su puesta en servicio, como resultado de un margen de seguridad bajo.

Si $\beta > 1$ se trata de un desgaste por una disminución constante de la resistencia iniciado antes de su puesta en servicio, por ejemplo debido a una vida propia limitada que ha finalizado o era inadecuada.

d) Tiempo medio entre fallos (MTBF):

Es el tiempo entre fallos o vida media y se calcula con ayuda mediante la aplicación de una tabla, que nos da los valores de Gamma y lo relaciona de la siguiente manera:

$$E(t) = MTBF = \eta\Gamma(1 + 1/\beta) \quad (2.15)$$

2.3.MARCO CONCEPTUAL

Descompostura: Falla que da por resultado la falta de disponibilidad del equipo

Desperfecto: Una desviación inesperada con respecto a los requerimientos y que justifica una acción correctiva.

Disponibilidad: La capacidad del equipo para llevar a cabo con éxito la función requerida en un momento específico o durante un período de tiempo específico.

Especificación del trabajo: Un documento que describe la forma en que se debe realizar el trabajo. Puede definir materiales, herramientas, estándares de tiempo y procedimientos.

Existencia de refracciones: Piezas que están disponibles con fines de mantenimiento o para el reemplazo de piezas defectuosas.

Factibilidad de mantenimiento: La capacidad del equipo, bajo condiciones establecidas de uso, para conservarse o ser reparado y que quede en un estado en el que pueda realizar la función requerida, cuando el mantenimiento se realiza bajo condiciones establecidas y empleando procedimientos y recursos prescritos.

Falla: La terminación de la capacidad del equipo para realizar la función requerida

Historial del mantenimiento: Un registro que muestra la reparación, refacciones, entre otros, que se emplea para ayudar a la planeación del mantenimiento.

Inspección: El proceso de medir, examinar, probar, calibrar o detectar de alguna otra forma cualquier desviación con respecto a las especificaciones.

Interrupción forzada: Interrupción debida al paro no programado de un equipo.

Mantenimiento: La combinación de todas las acciones técnicas y acciones asociadas mediante las cuales un equipo o un sistema se conserva o repara para que pueda realizar sus funciones específicas.

Mantenimiento basado en las condiciones: El mantenimiento preventivo que se inicia como resultado del conocimiento de la condición del equipo observado mediante el monitoreo de rutina o continuo.

Mantenimiento correctivo: El mantenimiento que se lleva a cabo después de que ocurre una falla y que pretende restablecer el equipo a un estado en el que pueda realizar la función requerida.

Mantenimiento de emergencia: El mantenimiento requerido para evitar consecuencias serias, como pérdida de tiempo de producción y condiciones inseguras.

Mantenimiento en operación: Mantenimiento que puede realizarse mientras el equipo está en servicio.

Mantenimiento en paro: Mantenimiento que sólo puede realizarse cuando el equipo está fuera de servicio.

Mantenimiento planeado: El mantenimiento organizado y realizado con premeditación, control y el uso de registros para cumplir con un plan predeterminado.

Mantenimiento preventivo: El mantenimiento realizado a intervalos predeterminados o con la intención de minimizar la probabilidad de falla o la degradación del funcionamiento del equipo.

Mantenimiento programado: El mantenimiento preventivo realizado a un intervalo de tiempo predeterminado o después de cierto número de operaciones, kilometraje, entre otros.

Monitoreo de las condiciones: La medición continua o periódica y la interpretación de los datos para inferir la condición del equipo a fin de determinar si necesita mantenimiento.

Orden de trabajo: Una instrucción por escrito que especifica el trabajo que debe realizarse, incluyendo detalles sobre refacciones, requerimientos de personal, entre otros.

Programa de mantenimiento: Una lista completa de piezas (equipos) y las tareas de mantenimiento requeridas, incluyendo los intervalos con que debe realizarse el mantenimiento.

Renovación: Trabajo extenso con la intención de que el equipo alcance condiciones funcionales aceptables, que frecuentemente implica mejoras.

Reparación: El restablecimiento de un equipo a una condición aceptable mediante la renovación, reemplazo o reparación general de piezas dañadas o desgastadas.

Reparación general: Un examen completo y restablecimiento del equipo, o una parte importante del mismo, a una condición aceptable.

Requisición de trabajo: Un documento en el que se solicita la realización de un trabajo.

Restablecimiento: Acciones de mantenimiento con la intención de regresar al equipo a sus condiciones originales.

Retroalimentación: Un informe de éxito o fracaso de una acción para alcanzar los objetivos deseados, que puede ser utilizada para mejorar un proceso

CAPITULO III

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa NESTLE PERU se encuentra a nivel del mar en el departamento de Lima. Las oficinas administrativas en el distrito de Ate Vitarte y la planta de producción en el distrito de Breña. La empresa cuenta con 5 plantas operativas entre las más importantes se encuentra la de golosinas.

FIGURA14. MAPA GEOGRÁFICO DE EMPRESA NESTLE PERU LIMA.

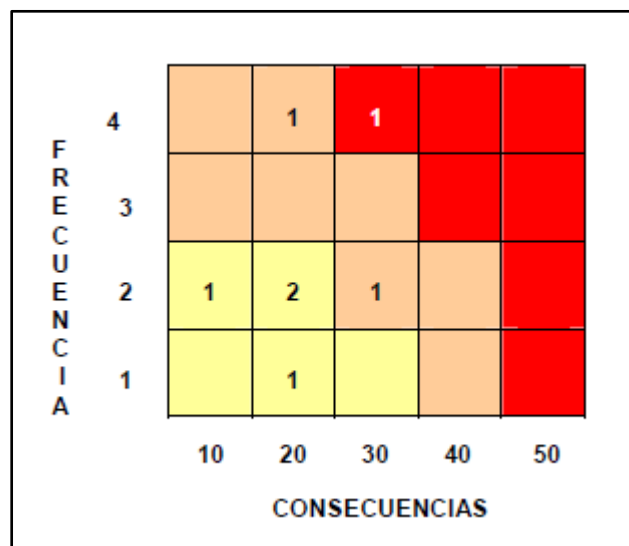


3.1.1. SELECCIÓN DE EQUIPO CRITICO

Listado de los principales líneas de producción y su criticidad.

línea de producción	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTOS DE MANTENIMIENTO	IMPACTO SHE	CONSECUENCIAS	TOTAL	JERARQUIZACION
Sollich alemana	2	4	2	2	2	12	24	No Crítico
Supercavemil	4	8	2	2	3	21	84	Crítico
Sollich Brasil	4	8	2	2	2	20	80	Semi Crítico
Hamac Hansella	1	4	4	2	2	20	20	No Crítico
Seudronic	2	8	2	1	1	18	36	No Crítico
Inever 1	2	10	2	2	4	26	52	Semi Crítico
Inever 2	2	2	2	1	2	7	14	No Crítico

TABLA 4. LISTO DE LINEAS DE PRODUCCION CRITICAS



Equipos No Críticos (NC)	4
Equipos Semi Críticos (SC) :	2
Equipos Críticos (C)	1
TOTAL	7

En la siguiente tabla se resumen las principales paradas 2014 de la línea de producción más crítica supercavemil.

Maquina	Descripción Parada	2014	
		Total Horas	% Horas
Supercavemil	TIEMPO NETO OPERADO	11.897,26	57,57%
Supercavemil	ESPERANDO PRODUCTOS	4.099,64	19,84%
Supercavemil	SISTEMA MECANICO	2.687,46	13,00%
Supercavemil	SISTEMA ELECTRONEUMATICO	1.386,75	6,71%
Supercavemil	SISTEMA ELECTRICO	120,72	0,58%
Supercavemil	SISTEMA ELECTRONICO	103,50	0,50%
Supercavemil	CORTE DE ENERGIA	84,98	0,41 %
Supercavemil	PROGRAMACION	64,00	0,31%
Supercavemil	OTROS	222.48	4.77%
total		20664.34	100%

TABLA 5 PRINCIPALES PARADAS LINEA SUPERCAGEMIL

3.2. PRINCIPALES FORMAS DE MANTENIMIENTO ACTUAL

REPARACIONES MAYORES

Las reparaciones mayores se deben principalmente al control planeado por el sistema de gestión de mantenimiento SAP. De acuerdo al control realizado, se establece un cronograma de reparación en el cual se tiene tres tipos de reparaciones o mantenimientos mayores. Estos son:

- Reparación Parcial
- Reparación General.
- Reparación Total.

REPARACIÓN PARCIAL.

Este tipo de reparación consiste en el cambio parcial de las partes eléctricas y mecánicas en las áreas con desgaste leve para asegurar una operación segura del horno en la próxima campaña.

Además, en los trabajos de reparación mecánica, se realiza lo siguiente:

- Cambio de partes mecánicas móviles.
- Cambio de componentes eléctricos.

REPARACIÓN GENERAL.

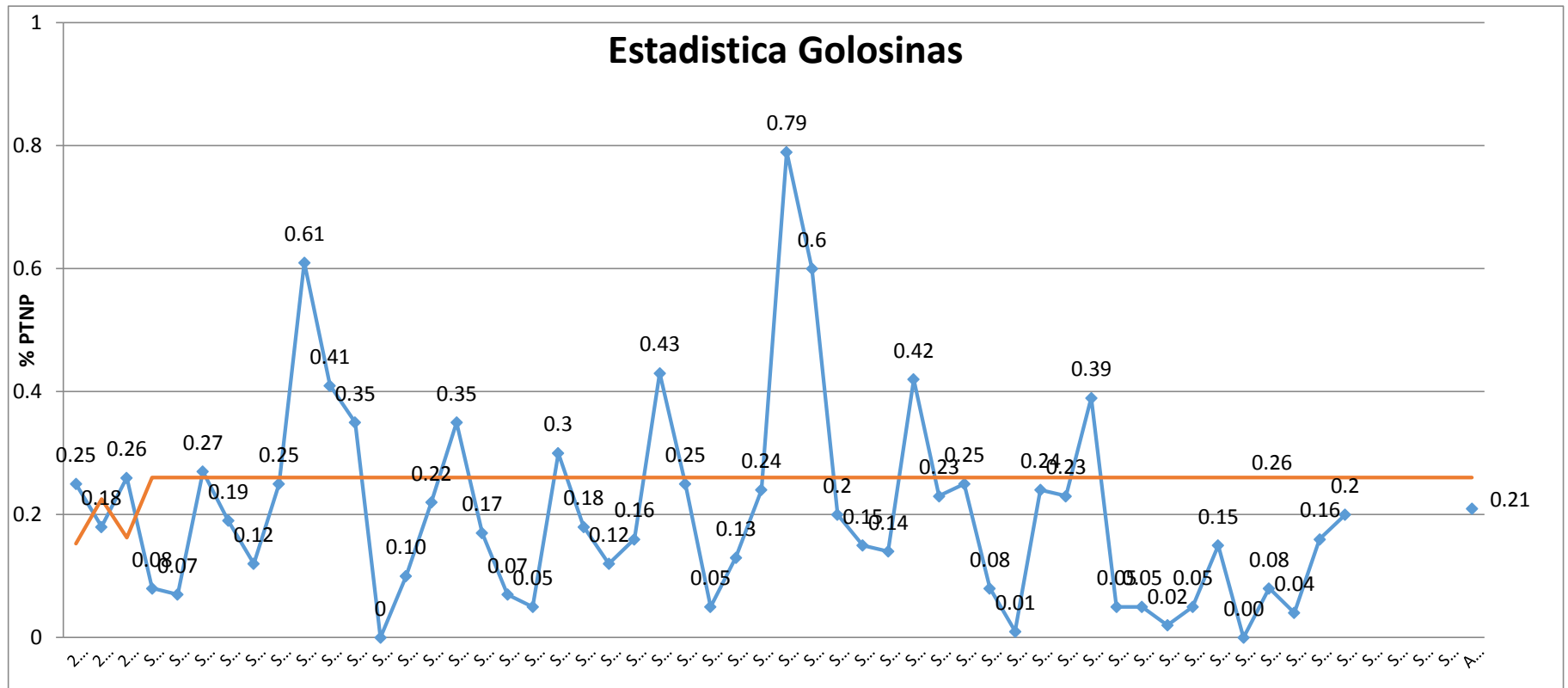
La reparación en porcentaje que en el caso de la reparación parcial, el objetivo es renovar todas las áreas con mayor desgaste de modo que la reparación garantice una operación segura del horno durante la siguiente campaña. Además, en los trabajos de reparación mecánica.

REPARACIÓN TOTAL.

En ésta reparación se cambia el total de las partes móviles y demás. Además, en los trabajos de reparación mecánica, se realiza los siguientes trabajos:

- Mantenimiento de motores.
- Cambio total de aceites reductores.
- Reforzamiento de planchas.

Durante un período de un año aproximadamente, se analizó la variación de las fallas del equipo más crítica de la planta de golosinas, este caso la línea SUPERCAVEMIL, la cual produce alrededor de 10 productos diferentes. A continuación el registro de paradas programadas y no programadas registradas por el personal técnico. En las siguientes tablas



_TABLA 6 HISTORIAL DE FALLAS MAQUINA SUPERCHEMIL

Clase de paro	Subgrupo de Paros Imprevistos	Paros Imprevistos	Duración total (minutos)	% Tiempo Ocup.
PS - Paros Planeados	0101 - Mantenimiento Programado	01010001 - Mantenimiento Programado (En SAP - DTR0)	33120.00	8.66%
PS - Paros Planeados	0201 - Limpieza Intermedia	02010001 - Limpieza Intermedia (EnSAP via PI-SHEET)	48.00	0.01%
PS - Paros Planeados	0202 - Limpieza Final	02020001 - Limpieza Final (En SAP via DTR0)	65156.00	17.04%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	15.00	0.01%
PS - Paros Planeados	0502 - Cambio de Bobina	05020009 - Paros Opera/Cambio Cinta-Marca(PI-SHEET)	586.00	0.15%
PS - Paros Planeados	0701 - Capacitación	07010001 - Personal -Capacitación (En SAP via DTR0)	330.00	0.09%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010143 - Desgaste de faja y Rodillo	32.00	0.01%
SL - Pérdida de Velo	1201 - Cambios de Velocidad	12010022 - Baja de Veloc x defecto de accesorios	424.43	0.11%
UP - Paros No Planeados	0805 - Limpieza No Programada	08050001 - Limpieza No Programada	10.00	0.00%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	14.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0903 - Fallas Electrónicas	09030027 - Falla en el PLC	55.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	55.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	1116 - Falta de Fluido eléctrico	16000002 - Externos a Fábrica	657.00	0.17%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	35.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	0902 - Fallas Eléctricas	09020283 - Falla de Codificador	41.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	25.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010125 - Falla de Bomba	30.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010125 - Falla de Bomba	60.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010712 - Ajuste Mecánico	76.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	1114 - Humano	11140001 - Falla Operacional	64.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	33.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	1114 - Humano	11140173 - Regulación (Ajustar y centrar)	10.00	0.00%

UP - Paros No Planeados	0805 - Limpieza No Programada	08050001 - Limpieza No Programada	269.00	0.07%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010125 - Falla de Bomba	53.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010712 - Ajuste Mecánico	250.00	0.07%
UP - Paros No Planeados	1111 - Materia Prima	11110001 - Falta de Materia Prima	40.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010125 - Falla de Bomba	55.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	1114 - Humano	11140001 - Falla Operacional	37.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	66.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010125 - Falla de Bomba	13.00	0.00%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	22.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	1101 - Material de Envase / Embalaje	11010001 - Falta de Material de Embalaje	25.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010125 - Falla de Bomba	15.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	1114 - Humano	11140001 - Falla Operacional	160.00	0.04%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	70.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	1114 - Humano	11140173 - Regulación (Ajustar y centrar)	80.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	10.00	0.00%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010125 - Falla de Bomba	65.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0902 - Fallas Eléctricas	09020347 - Falla eléctrica en el panel view	227.00	0.06%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	80.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	0902 - Fallas Eléctricas	09020283 - Falta de Codificador	19.00	0.00%
UP - Paros No Planeados	1117 - Ensayos	11170025 - Pruebas / Ensayos	210.00	0.05%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	30.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	1118 - Atascamientos / Trabas	11180001 - Atascos	36.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	1114 - Humano	11140001 - Falla Operacional	63.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	55.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	1114 - Humano	11140173 - Regulación (Ajustar y centrar)	76.00	0.02%
WR- Retrabajo	1401 - Desperdicio y Retrabajo	88888888 - Desperdicio	2.97	0.00%

UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010125 - Falla de Bomba	50.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0805 - Limpieza No Programada	08050001 - Limpieza No Programada	35.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	1114 - Humano	11140001 - Falla Operacional	74.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010125 - Falla de Bomba	58.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010712 - Ajuste Mecánico	77.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	1114 - Humano	11140173 - Regulación (Ajustar y centrar)	54.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	45.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	1114 - Humano	11140001 - Falla Operacional	11.00	0.00%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010713 - Falta de Lubricación	24.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	28.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010712 - Ajuste Mecánico	380.00	0.10%
UP - Paros No Planeados	1111 - Materia Prima	11110001 - Falta de Materia Prima	174.00	0.05%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010125 - Falla de Bomba	34.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	1114 - Humano	11140173 - Regulación (Ajustar y centrar)	317.00	0.08%
UP - Paros No Planeados	1110 - Personal	11100001 - Falta de Personal	18.00	0.00%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	46.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	1114 - Humano	11140001 - Falla Operacional	77.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010712 - Ajuste Mecánico	48.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	18.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0902 - Fallas Eléctricas	09020283 - Falla de Codificador	12.00	0.00%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010143 - Desgaste de faja y Rodillo	38.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	50.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	109.00	0.03%
UP - Paros No Planeados	0804 - Falta de Calidad	08040001 - Falta de Calidad de Producto Terminado	69.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	25.00	0.01%
UP - Paros No Planeados	0805 - Limpieza No Programada	08050001 - Limpieza No Programada	267.00	0.07%
UP - Paros No Planeados	0903 - Fallas Electrónicas	09030027 - Falla en el PLC	45.00	0.01%

UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	66.00	0.02%
UP - Paros No Planeados	0905 - Servicios Industriales	09050022 - Falta de Frio (Serv Industriales)	840.00	0.22%
UP - Paros No Planeados	1116 - Falta de Fluido eléctrico	1600001 - Falta de fluido eléctrico	112.00	0.03%
UP - Paros No Planeados	0901 - Fallas Mecánicas	09010133 - Falta de Lubricación	22.00	0.01%

La información mostrada corresponde a las fallas más importantes de la máquina de la planta golosinas llamada SUPERCAVEMIL, resaltando con amarillo las fallas mecánicas que son las más recurrentes.

3.3. ELABORACION DEL RCM

3.3.1 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO

La Gerencia de Mantenimiento y Operaciones, aprobaron la puesta en marcha de la implantación del RCM a la maquina SUPERCAVEMIL, luego de varios meses de preparación metodológica.

De inmediato se invitó a todo el personal de las diferentes áreas involucradas al proceso productivo, conformando el grupo natural de trabajo para el desarrollo de la metodología propuesta.

Las áreas involucradas en el proceso fueron las Superintendencias de Operaciones, Planeamiento e Ing. de Mantenimiento, Mantenimiento Mecánico, Mantenimiento Eléctrico e instrumentación, de Seguridad y los especialistas.

- **SUSTENTO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

El programa de mantenimiento, basado en la filosofía del RCM, es dinámico, especialmente en las primeras etapas de un nuevo programa cuando está basada en información limitada. Las organizaciones de mantenimiento deben estar preparadas para coleccionar, analizar, revisar y responder a la información de los equipos durante su vida de operación.

La base para las decisiones hechas durante un análisis RCM cambia continuamente con la madurez y experiencia del programa, a través del tiempo, uso, modificaciones, actualizaciones, etc. Debido a esto el programa de

mantenimiento debe ser un proceso continuo y cambiante. Se requiere de un sistema de información organizado que provee información real de los acontecimientos, y por lo tanto, la supervivencia en sus condiciones de operación.

Esta información es recolectada para dos propósitos. Primero, se usa para determinar que ajustes y modificaciones se necesitan para hacer un programa de mantenimiento, incluyendo tareas e intervalos de tiempo.

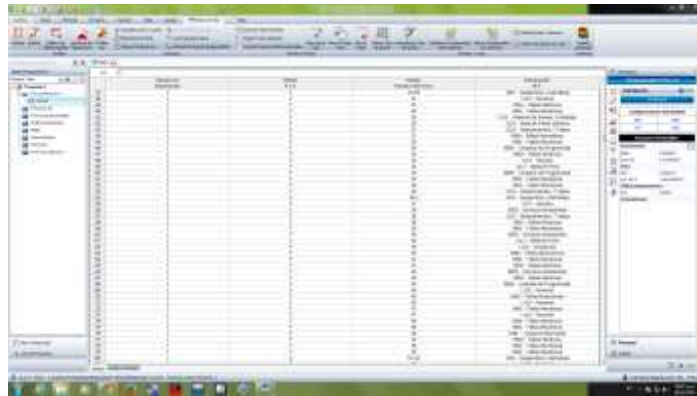
Segundo, se usa para determinar la necesidad de tomar alguna otra acción, como mejorar un producto o hacer cambios operacionales. La unión de los dos se requiere para el monitoreo y ajuste de las tareas de mantenimiento existentes y desarrollos de requerimientos de emergencia. Esta información es usada para revisar el análisis del RCM, el cual debe reflejar cambios en el programa de mantenimiento.

El objetivo del sustento es del continuo monitoreo y actualizar el actual programa de mantenimiento, excluyendo requerimientos innecesarios, identificar tendencias de falla, identificar los nuevos modos de fallas y mejorar la eficiencia del sistema y efectividad del programa RCM.

3.3.2. ANÁLISIS DEL HISTORIAL DE FALLAS

Recopilando data de vida del activo por el tipo de falla. Entramos al programa reliasoft en insertamos los datos del historial de correspondientes a las fallas mecánicas a la tabla.

FIGURA 15. IMAGEN DE INSERCION DE DATOS AL SOFTWARE RELIASOFT



Obteniendo las siguientes graficas que explicaremos a continuación:

- Según la figura 1 Confiabilidad vs tiempo visualizamos que la confiabilidad va disminuyendo con conforme el paso del tiempo llegando a ser cero aproximadamente a las 60000 min desde el desde el día cero que posee una confiabilidad el 100%.

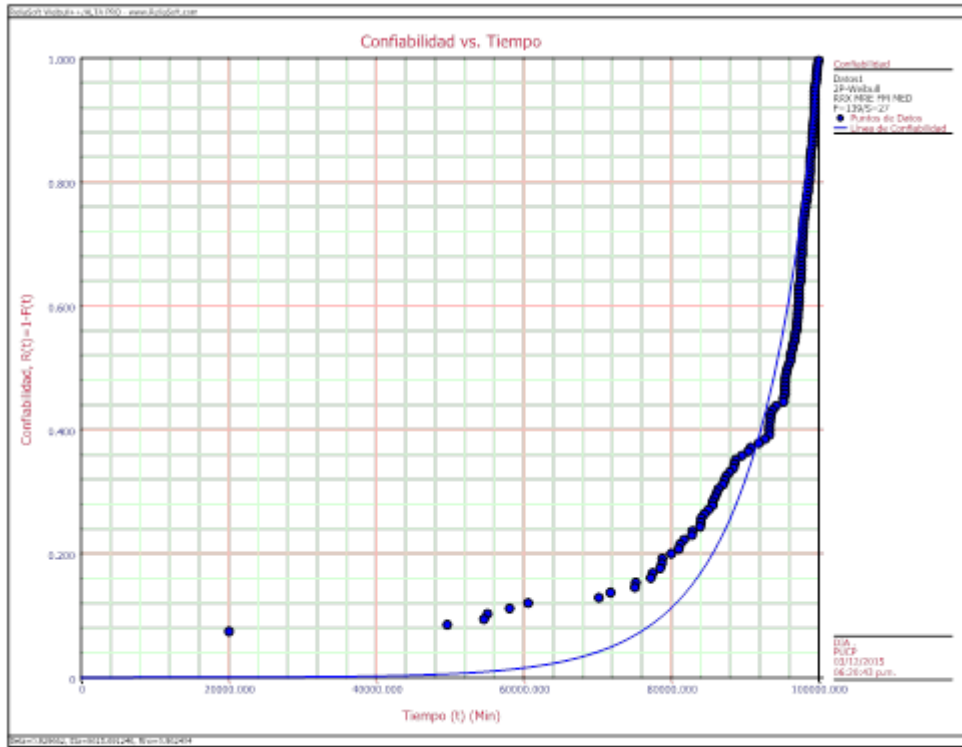


FIGURA 16. CONFIABILIDAD VS TIEMPO

3.3.3. ANALISIS DE LOS DATOS PROCESADOS

SELECCIÓN DE ACTIVO CRÍTICO

Diagrama de Pareto

Resumiendo la data mostrada en el historial de fallas, se puede cuantificar los mantenimientos realizados en el activo SUPERCAVEMIL, tal como se muestra a continuación:

TABLA 7. RESUMEN HISTORIAL DE MANTENIMIENTOS

Tipo de Mantenimiento	Cantidad
Mantenimiento planeado	0
Mantenimiento no planeado	40
Total	40

En lo que concierne al Mantenimiento no planificado, se identifican las fallas dependiendo del sistema involucrado, y se cuantifican los mismos para poder representar el Diagrama Pareto, como se observa a continuación:

TABLA 8. FALLAS POR SISTEMA MECANICO

tipo de falla	Falla por Sistema	% acumulado	%
Falta de lubricación	23	57.5	57.5
Falla de Bomba	10	82.5	25
Ajuste Mecánico	5	95	12.5
Desgaste de faja y Rodillo	2	100	5
Total	40		

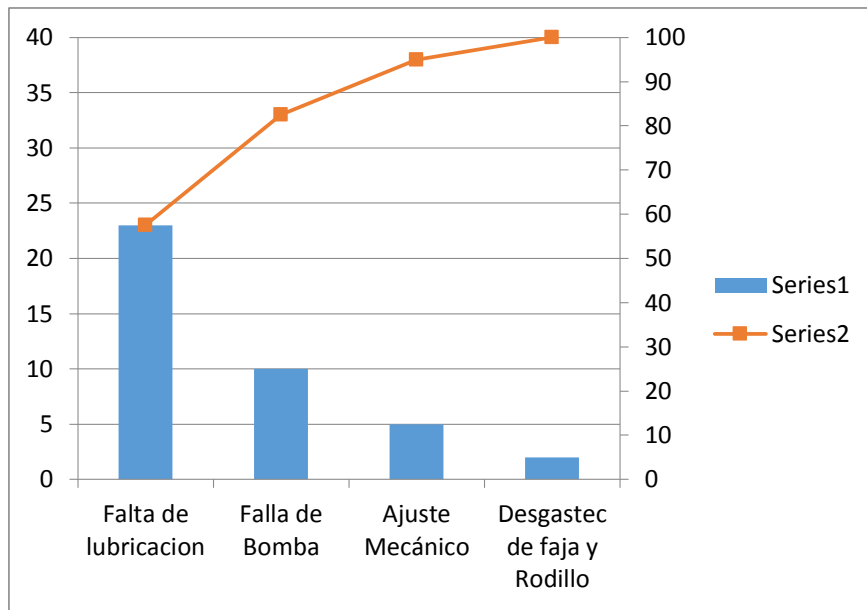


FIGURA 17. DIAGRAMA PARETO “FALLAS MECÁNICAS”.

De acuerdo a la Fig. 17, se identifica que sólo en el Sistema lubricación.

Filtrando la data relacionada al Sistema de Arranque, se logra obtener lo siguiente:

Tabla 9 Fallas en la lubricación

tipo de falla	Falla por Sistema	% acumulado	%
Mala aplicación	18	78.26	78.26
Lubricante incorrecto	5	100.00	21.74
Total	23		

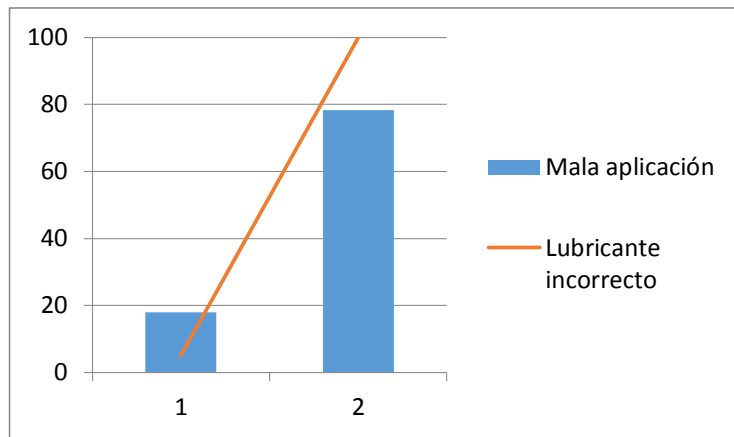


FIGURA 18 DIAGRAMA PARETO “FALLAS EN LUBRICACIÓN”.

De acuerdo a la Figura 18, se identifica que en la maquina el problema de lubricación por mala aplicación son 78% de fallas, y que a su vez ocasionan que en el Sistema de Arranque ocurra el 57% de fallas del SUPERCHEMIL.

Estos datos y cálculos lo tendremos en cuenta para darle más énfasis en nuestro FMEA

Luego de reunirnos varias sesiones con el grupo de trabajo con el personal técnico calificado se formó los cuadros FMEA y planes de mantenimiento a aplicar

TABLA 10 Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA Rev. No: 01		SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE CHOCOLATE.						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Nº Reuniones: 08					
#	Estándar de ejecución	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Potencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla	
1. SUBSISTEMA DE ALIMENTACION DE CHOCOLATE													
1	Alimentar de chocolate al convertidor con un flujo de 75 toneladas cortas por hora.	1.A No alimentar con chocolate al convertidor.	1.A.1	No hay energía eléctrica	Evidente: Si. Descripción del efecto: No hay energía. No permite alimentar al convertidor. El convertidor no realiza la conversión por falta de chocolate, queda calentando con resistencias. Se produce pérdida operacional.	10	1.A.1.1	No hay energía	4	10	400		
			1.A.2	Falla del control eléctrico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del control eléctrico. No permite la alimentación de chocolate. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema deje de alimentar de chocolate, produciendo una pérdida.	8	1.A.2.1	Circuito de control abierto.	3	8	192	Cada 02 años	
						8	1.A.2.2	Circuito de control abierto del alimentador vibratorio	3	8	192	Cada 02 años	
						8	1.A.2.3	Actúa relé de sobrecarga	4	7	224	Cada 02 años	
						8	1.A.2.4	Fusibles de control quemados	4	7	224	Cada 01 año	
						8	1.A.2.5	Transformador de control quemado	3	7	168	Cada 02 años	
						8	1.A.2.6	Apertura del breaker de control	3	7	168	Cada 02 años	
						8	1.A.2.7	Falla del contactor del motor	4	7	224	Cada 01 año	
						8	1.A.2.8	Apertura del breaker de fuerza del motor	4	7	224	Cada 01 año	
						8	1.A.2.9	Actúa relé de sobrecarga del motor	4	7	224	Cada 01 año	
						8	1.A.2.10	Apertura del breaker del alimentador vibratorio	3	7	168	Cada 02 años	
						8	1.A.2.11	Fusibles de control quemados del alimentador vibratorio	3	7	168	Cada 02 años	
						8	1.A.2.12	Transformador de control quemado del alimentador vibratorio	3	7	168	Cada 02 años	
						8	1.A.2.13	Falla del pull cord de seguridad	4	7	224	Cada 01 año	

TABLA 10 Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 01			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.				
			SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE CHOCOLATE						Nº Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Potencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				1.A.4	Falla del motor eléctrico de la faja transportadora	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del motor eléctrico. No permite la alimentación de chocolate. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema se quede parado y deje de alimentar produciendo una pérdida	8	1.A.4.1	Bobinas del estator quemadas	4	9	288	Cada 02 años
							8	1.A.4.2	Falla de rodamientos	4	7	224	Cada 01 año
							8	1.A.4.3	Rotura de eje	3	7	168	Cada 03 años
				1.A.5	Falla del sistema de transmisión	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del sistema de transmisión. No permite la Alimentación de chocolate. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema deje de alimentar Chocolate, produciendo una pérdida.	8	1.A.5.1	Rotura de las correas de transmisión	5	7	280	Cada 01 año
							8	1.A.5.2	Desgaste excesivo de los canales de la polea	3	7	168	Cada 03 años
				1.A.6	Falla del reductor de velocidad	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del reductor. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema se quede parado y deje de alimentar	8	1.A.6.1	Falla por rodamientos amarrados	4	7	224	Cada 02 años
							8	1.A.6.2	Dientes de piñones rotos	3	7	168	Cada 03 años
							8	1.A.6.3	Fisuramiento del eje principal	2	7	112	Cada 05 años
							8	1.A.6.4	Fuga excesiva de aceite	4	7	224	Cada 01 año
							8	1.A.6.5	Mal ensamble del reductor	3	7	168	Cada 02 años
				1.A.7	Falla de la faja transportadora	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la faja transportadora. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema se quede parado y deje de Alimentar. Se requiere de 04 mecánicos	8	1.A.7.1	Rotura total de la faja	3	7	168	Cada 03 años
							8	1.A.7.2	Faja excesivamente descentrada	4	7	224	Cada 01 año

TABLA 10 Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

						8	1.A.7.3	Fisuramiento del eje tambor de mando	2	7	112	Cada 05 años
						8	1.A.7.4	Fisuramiento del tambor de mando	2	7	112	Cada 05 años
						8	1.A.7.5	Fisuramiento del eje tambor de cola	2	7	112	Cada 05 años
						8	1.A.7.6	Fisuramiento de tambor de cola	2	7	112	Cada 05 años
						8	1.A.7.7	Rotura del templador de la faja	2	7	112	Cada 02 años
						8	1.A.7.8	Perforación excesiva del chute de descarga	4	7	224	Cada 01 año

TABLA 10 Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE CHOCOLATE						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Nª Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Potencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
		L11.CBA	Se alimenta con chocolate a una capacidad menor	1.B.1	Falla de la tolva de almacenamiento	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la tolva. Puede ocasionar la alimentación parcial de chocolate. Se produce una pérdida	6	1.B.1.1	Perforación de planchas de la tolva	3	7	126	Cada 02 años
				1.B.2	Falla del alimentador vibratorio	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del alimentador vibratorio. La falla puede ocasionar la alimentación parcial de chocolate. Se produce una pérdida	6	1.B.2.1	Descalibración del aire	5	6	180	Cada 01 año
							6	1.B.2.2	Falla de los resortes de sujeción	4	7	168	Cada 01 año
							6	1.B.2.3	Perforación de la plancha inferior de la base	3	7	126	Cada 02 años
				1.B.3	Falla de la faja transportadora	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la faja transportadora. La falla puede ocasionar la alimentación parcial de chocolate.	6	1.B.3.1	Rotura parcial de la faja	4	7	168	Cada 01 año
							6	1.B.3.2	Desalineamiento de faja	4	7	168	Cada 01 año
							6	1.B.3.3	Falla de los polines de carga	5	6	180	Cada 08 meses
							6	1.B.3.4	Soltura del templador de la faja	4	6	144	Cada 01 año
							6	1.B.3.5	Desgaste de los laterales de la faja	4	7	168	Cada 01 año
							6	1.B.3.6	Perforación del chute de descarga	5	7	210	Cada 08 meses
		1.C	Se alimenta con chocolate a una capacidad mayor	1.C.1	Falla del alimentador vibratorio	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del alimentador vibratorio. Ésta falla puede ocasionar la alimentación excesiva de chocolate.	6	1.C.1.1	Descalibración del aire	5	6	180	Cada 06 meses
							6	1.C.1.2	Falla de los resortes de sujeción	4	7	168	Cada 01 año
2. SUBSISTEMA DE ALIMENTACION DE AIRE													
2	Alimentar aire al convertidor una presión de 15 psi	2.A	No alimentar con aire al sistema.	2.A.1	No hay energía eléctrica	Evidente: Si, Descripción del efecto: No hay energía. No permite alimentar con aire. El sistema no realiza la conversión por falta de aire, el convertidor rola con las toberas hacia arriba y queda	10	2.A.1.1	No hay energía	4	10	400	

TABLA 10 Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE CHOCOLATE,					Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López Reuniones: 08					
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Potencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				2.A.2	Falla del control eléctrico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del control eléctrico. No permite la alimentación de aire. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema deje de alimentar aire.	8	2.A.2.1	Circuito de control abierto	4	8	256	Cada 01 año
							8	2 A 2 2	Actúa relé de sobrecarga	4	7	224	Cada 02 años
							8	2.A.2.3	Fusibles de control quemados	4	7	224	Cada 01 año
							8	2 A 2 4	Transformador de control quemado	4	7	224	Cada 01 año
				2 A 3	Falla del equipo de lubricación del motor	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del control de paro del motor, detiene el motor y no permite la alimentación de aire.	7	2.A.3.1	Baja presión de aceite	3	4	84	Cada 02 años
							7	2 A 3 2	Alta temperatura de aceite	3	4	84	Cada 02 años
				2.A.4	Falla del motor eléctrico del soplador	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del motor eléctrico. No permite la alimentación de aire. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema se quede parado y deje de alimentar aire,	8	2.A.4.1	Bobinas del estator quemadas	4	2	64	Cada 01 año
							8	2.A.4.2	Falla de rodamientos	3	2	48	Cada 02 años
							8	2 A 4 3	Fisuramiento del eje.	3	6	144	Cada 05 años
				2 A 5	Falla del incrementador de velocidad	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del incrementador. Ésta falla puede ocasionar que el soplador quede parado y deje de alimentar aire,	8	2.A.5.1	Falla por rodamientos amarrados	2	4	64	Cada 05 años
							8	2 A 5 2	Falla por dientes de piñones rotos	2	6	96	Cada 05 años
							8	2.A.5.3	Fisuramiento del eje principal	2	6	96	Cada 05 años
							8	2 A 5 4	Fuga excesiva de aceite	4	7	224	Cada 01 año
							8	2.A.5.5	Mal ensamble del incrementador	2	7	112	Cada 05 años
				2.A.6	Falla del soplador	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del soplador. Esta falla puede ocasionar que no se alimente aire,	8	2 A 6 1	Álabes rotos	2	8	128	Cada 05 años
							8	2.A.6.2	Falla del equipo de lubricación	3	4	96	Cada 02 años
							8	2 A 6 3	Falla del rodamiento de empuje	3	5	120	Cada 02 años
							8	2.A.6.4	Fisuramiento del eje	2	6	96	Cada 05 años

TABLA 10 Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE CHOCOLATE						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Nº Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Potencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				2.A.7	Falla de la válvula de ingreso de aire al soplador	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la válvula. Ésta falla puede ocasionar que se cierre y no alimente aire.	7	2.A.7.1	Falla del PLC	4	2	56	Cada 01 año
							7	2 A 7 2	Falso contacto del cable de señal	4	4	112	Cada 01 año
							7	2.A.7.3	Falla del mecanismo de apertura y cierre de los álabes	4	4	112	Cada 01 año
							7	2 A 7 4	Falla del pistón neumático	4	4	112	Cada 01 año
				2 A 8	Falla del tubo fuelle	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del tubo fuelle. Ésta falla puede ocasionar que no se alimente aire.	5	2.A.8.1	Perforación excesiva del tubo	2	7	70	Cada 05 años
							5	2 A 8 2	Tubo tapado por materiales extraños dentro del tubo	4	7	140	Cada 01 año
				2.A.9	Falla de los tubos vitaúlicos.	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de los tubos vitaúlicos. Ésta falla puede ocasionar que no se alimente aire.	5	2.A.9.1	Rotura de acoples vitaúlicos	4	7	140	Cada 01 año
				2 A 10	Falla de la toberas	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de las toberas. Ésta falla puede ocasionar que no se alimente aire,	7	2 A 10 1	Toberas tapadas	3	8	168	Cada 07 días
				2.A.11	Falla de las tapas de toberas	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de las tapas de toberas. Ésta falla puede ocasionar que no se alimente aire,	7	2.A.11.1	Rotura de lengüeta	9	8	504	Cada 03 días
							7	2 A 11 2	Desgaste del mecanismo	9	8	504	Cada 03 días
	2.B	Se alimenta aire con un flujo menor		2 B 1	Falla de la válvula de ingreso de aire al soplador	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la válvula. Ésta falla puede ocasionar que se alimente aire parcialmente,	7	2.B.2.1	Falla del PLC	5	2	70	Cada 09 meses
							7	2 B 2 2	Falso contacto del cable de señal	5	4	140	Cada 06 meses
							7	2.B.2.3	Mal cierre de los álabes	5	4	120	Cada 09 meses
				2.B.2	Falla de la tubería de transporte de aire	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la tubería de transporte. Ésta falla puede ocasionar una fuga en la tubería y que se alimente aire parcialmente.	6	2 B 2 1	Fisura presente en la tubería	2	7	84	Cada 05 años

TABLA 10 Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE CHOCOLATE					Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Nº Reuniones: 08					
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Potencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				2.B.3	Falla de la junta rotatoria de entrada de aire	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la junta rotatoria. Ésta falla puede ocasionar que se alimente aire parcialmente. Se requiere 02 mecánicos para el cambio de empaque, con un tiempo de 02 horas.	6	2.B.3.1	Fuga de aire en el empaque de la junta rotatoria	5	8	240	Cada 08 meses
				2 B 4	Falla del tubo fuelle	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del tubo fuelle. Ésta falla puede ocasionar una fuga de aire y que se alimente aire parcialmente. Se requiere de 02 mecánicos para la reparación del tubo, con un tiempo de 02 horas.	6	2 B 4 1	Perforación del tubo	2	8	96	Cada 04 años
				2.B.5	Falla de los tubos vitáuticos.	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de tubos vitáuticos. Ésta falla puede ocasionar el ingreso parcial de aire. Se requiere de 02 mecánicos para la reparación de un tubo, con un tiempo de 0.5 horas.	6	2.B.5.1	Rotura de acoples vitáuticos	4	8	192	Cada 01 año
				2 B 6	Falla de las toberas.	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de las toberas. Ésta falla puede ocasionar el ingreso parcial de aire al sistema. Se requiere de 02 mecánicos para el cambio de tobera,	6	2 B 6 1	Desgaste de tapas de toberas	9	8	432	Cada 03 días
				3. SUBSISTEMA MOTRIZ									
3	Girar al convertidor a una velocidad de rotación de 0.08 RPM	4.A	No gira el convertidor.	4 A 1	No hay energía eléctrica	Evidente: Si, Descripción del efecto: No hay energía, no se puede girar el convertidor. El convertidor se mantiene en la posición inicial y no se produce la carga de moldes de chocolate.	10	4.A.1.1	No hay energía	4	10	400	
				4.A.2	Falla del control eléctrico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del control eléctrico, no permite que se transmita movimiento para girar el convertidor.	8	4 A 2 1	Circuito de control abierto	3	2	48	Cada 02 años
							8	4.A.2.2	Actúa relé de sobrecarga	3	7	168	Cada 02 años
							8	4 A 2 3	Fusibles de control quemados	3	7	168	Cada 02 años

TABLA 10 Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

						8	4.A.2.4	Transformador de control quemado	3	7	168	Cada 02 años
						8	4 A 2 5	Apertura del braker de control	3	7	168	Cada 02 años
						8	4.A.2.6	Falla banco de resistencias	3	7	168	Cada 02 años
						8	4 A 2 7	Falla del PLC de control	3	7	168	Cada 03 años
						8	4.A.2.8	Falla del contactor reversible del motor	3	7	168	Cada 03 años
						8	4 A 2 9	Falla del contactor de aceleración del motor	3	7	168	Cada 03 años
						8	4.A.2.10	Actúa relé de sobrecarga del motor	3	7	168	Cada 02 años
						8	4 A 2 11	Falla del master switch	4	7	224	Cada 01 año

TABLA 10 Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE CHOCOLATE						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Nº Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Potencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				4.A.3	Falla del motor eléctrico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del motor eléctrico, no permite que el motor transmita el movimiento para girar.	8	4.A.3.1	Bobinas del estator quemadas	4	2	64	Cada 01 año
							8	4 A 3 2	Desgaste excesivo de las escobillas	4	7	224	Cada 04 meses
							8	4.A.3.3	Falla de rodamientos	3	7	168	Cada 02 años
							8	4 A 3 4	Fisuramiento del eje	2	7	112	Cada 05 años
				4 A 4	Falla del acoplamiento	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del acoplamiento, no permite que el motor transmita el movimiento al reductor de velocidad. Se requiere 02 mecánicos con un tiempo de 04 horas para el cambio de acoplamiento.	8	4.A.4.1	Rotura de pernos	2	7	112	Cada 05 años
							8	4 A 4 2	Rotura de la chaveta	2	7	112	Cada 05 años
				4.A.5	Falla del reductor principal	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del reductor, no permite que se transmita el movimiento al convertidor.	8	4.A.5.1	Falla por rodamientos amarrados	2	7	112	Cada 05 años
							8	4 A 5 2	Falla por dientes de piñones rotos	2	7	112	Cada 05 años
							8	4.A.5.3	Fisuramiento del eje principal	2	7	112	Cada 05 años
							8	4 A 5 4	Falla por fuga excesiva de aceite	4	7	224	Cada 01 año
							8	4.A.5.5	Mal ensamble del reductor	2	7	112	Cada 05 años
				4 A 6	Falla de la caja de engranajes	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla de la caja de engranajes, no permite que se transmita el movimiento	8	4 A 6 1	Fuga excesiva de aceite	3	7	168	Cada 02 años
							8	4.A.6.2	Rotura del eje principal	2	7	112	Cada 05 años
							8	4 A 6 3	Falla por dientes de piñones rotos	2	7	112	Cada 05 años
				4.A.7	Falla del eje intermedio	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del eje intermedio, no permite que se transmita el movimiento	8	4.A.7.1	Fisuramiento del eje	2	7	112	Cada 05 años
				4 A 8	Falla del acoplamiento rígido	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del acoplamiento, no permite que se transmita el movimiento	8	4 A 8 1	Rotura de pernos	2	7	112	Cada 05 años
							8		Rotura de chaveta	2	7	112	Cada 05 años

TABLA 10 Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE CHOCOLATE						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Nº Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Potencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				4.A.9	Falla del eje principal	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del eje intermedio, no permite que se transmita el movimiento al convertidor	8	4.A.9.1	Fisuramiento	2	7	112	Cada 05 años
							8	4 A 9 2	Fisura de la chaveta	2	7	112	Cada 05 años
				4 A 10	Falla del piñón de la transmisión	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del piñón, no permite que se transmita el movimiento a la cremallera	8	4.A.10.1	Rotura de los dientes	2	7	112	Cada 05 años
							8	4 A 10 2	Fisuramiento del eje	2	7	112	Cada 05 años
				4.A.11	Falla de la chumacera del eje principal	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla las chumaceras de apoyo, no permite que se apoyó el eje, por ende, transmitir el movimiento a la cremallera	8	4.A.11.1	Rotura de pernos de sujeción	3	7	168	Cada 04 años
							8	4 A 11 2	Falta de lubricación	4	7	224	Cada 01 año
				4 A 12	Falla de la cremallera del convertidor	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla la cremallera, no permite que el movimiento sea transmitido.	8	4.A.12.1	Rotura de los dientes	2	7	112	Cada 05 años
				4.A.13	Falla del freno electrohidráulico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del freno electrohidráulico, no permite que el motor gire y transmita el movimiento para girar el convertidor.	8	4 A 13 1	Falla del tambor	4	7	224	Cada 02 años
							8	4.A.13.2	Falla del pistón hidráulico	4	7	224	Cada 02 años
							8	4 A 13 3	Desgaste excesivo de las zapatas	4	7	224	Cada 01 año
							8	4.A.13.4	Terminales en mal estado	4	5	160	Cada 01 año
		4.B	Girar a una velocidad menor	4 B 1	Falla del control eléctrico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del control eléctrico, el movimiento se produce a una velocidad menor.	7	4 B 1 1	Falla del contactor de aceleración	3	7	147	Cada 02 años
				4.B.2	Falla del freno electrohidráulico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del freno electrohidráulico, no permite que el motor gire libremente, provocando un giro a una velocidad menor.	7	4.B.2.1	Falla del tambor	4	7	196	Cada 01 año
							7	4 B 2 2	Desgaste de los sellos del pistón hidráulico	4	7	196	Cada 01 año
							7	4.B.2.3	Desgaste de las zapatas	4	7	196	Cada 01 año

TABLA 11. EVALUACIÓN Y SELECCION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE MAQUINA SUPERCHEMIL

Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Nº Reuniones: 08			
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RP N	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
1.A.1	No hay energía eléctrica	10	1.A.1.1	No hay energía	suministro	4	10	40	400	No realizar mantenimiento programado			
1.A.2	Falla del control eléctrico	8	1.A.2.1	Circuito de control abierto de la faja transportadora	Circuito de control de faja transportadora - Alimentación	3	8	24	192	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	1.A.2.2	Circuito de control abierto del alimentador vibratorio	Circuito de control del alimentador vibratorio - Alimentación	3	8	24	192	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	1.A.2.3	Actúa relé de sobrecarga	Relee de sobrecarga - Alimentación	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas
		8	1.A.2.4	Fusibles de control quemados	Fusible de control - Alimentación	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	1.A.2.5	Transformador de control quemado	Transformador de control - Alimentación	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	1.A.2.6	Apertura del breaker de control	Breaker de control - Alimentación	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	1.A.2.7	Falla del contactor del motor	Contactador de motor - Alimentación	4	7	32	224	Tarea a condición	Medición del gap	Cada 06 meses	Electricistas
		8	1.A.2.8	Apertura del breaker de fuerza del motor	Breaker de fuerza de motor	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Electricistas
		8	1.A.2.9	Actúa relé de sobrecarga del motor	Relé de sobrecarga de motor	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	1.A.2.10	Apertura del breaker del alimentador vibratorio	Breaker de control del alimentador	3	7	24	168	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas
		8	1.A.2.11	Fusibles de control quemados del alimentador vibratorio	Fusibles de control del alimentador	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas

TABLA 11. EVALUACIÓN Y SELECCION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE MAQUINA SUPERCHEMIL

Evaluación y Selección de Tareas De Mantenimiento Rev. No:			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.			
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
		8	1.A.3.2	Rotura de los cables de soporte	Alimentador vibratorio	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos
1.A.4	Falla del motor eléctrico de la faja transportadora	8	1.A.4.1	Bobinas del estator quemadas	Motor eléctrico	4	9	32	288	Tarea a condición	Análisis de nivel de aislamiento	Cada 06 meses	Electricistas
		8	1.A.4.2	Falla de rodamientos	Motor eléctrico	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas
		8	1.A.4.3	Fisuramiento de eje	Motor eléctrico	3	7	24	168	Tarea a condición	Análisis de Ultrasonido	Cada 1 año	Inspectores
1.A.5	Falla del sistema de transmisión	8	1.A.5.1	Rotura de las correas de transmisión	Transmisión - Alimentación	5	7	40	280	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
		8	1.A.5.2	Desgaste excesivo de los canales de la polea	Transmisión - Alimentación	3	7	24	168	Tarea a condición	Medición de canales	Cada 02 año	Mecánicos
1.A.6	Falla del reductor de velocidad	8	1.A.6.1	Falla por rodamientos amarrados	Reductor - Alimentación	4	7	32	224	1) Reacondicionamiento cíclico 2) Tarea a condición	1) Lubricación de rodamientos 2) Análisis de estado de rodamientos	1) Cada 01 mes 2) Cada 01 año	1) Lubricadores 2) Mecánicos
		8	1.A.6.2	Dientes de piñones rotos	Reductor - Alimentación	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección con líquidos penetrantes	Cada 01 año	Inspectores
		8	1.A.6.3	Fisuramiento del eje principal	Reductor - Alimentación	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores
		8	1.A.6.4	Fuga excesiva de aceite	Reductor - Alimentación	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador
		8	1.A.6.5	Mal ensamble del reductor	Reductor - Alimentación	3	7	24	168		ACR al procedimiento		Mecánicos
1.A.7	Falla de la faja transportada	8	1.A.7.1	Rotura total de la faja	Faja transportadora - Alimentación de	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos

TABLA 11. EVALUACIÓN Y SELECCION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE MAQUINA SUPERCÁVEMIL

	ra												
		8	1.A.7.2	Faja excesivamente descentrada	Faja transportadora - Alimentación de	4	7	32	224	Reacondicionamiento cíclico	Centrado de faja	Cada 06 meses	Mecánicos
		8	1.A.7.3	Fisuramiento del eje tambor de mando	Faja transportadora - Alimentación	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores
		8	1.A.7.4	Fisuramiento del tambor de mando	Faja transportadora - Alimentación	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores
		8	1.A.7.5	Fisuramiento del eje tambor de cola	Faja transportadora - Alimentación	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores
		8	1.A.7.6	Fisuramiento del tambor de cola	Faja transportadora - Alimentación	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores
		8	1.A.7.7	Rotura del templador de la faja	Faja transportadora - Alimentación	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Operador
		8	1.A.7.8	Perforación excesiva del chute de descarga	Faja transportadora - Alimentación	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Operador

TABLA 11. EVALUACIÓN Y SELECCION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE MAQUINA SUPERCHEMIL

Evaluación y Selección de Tareas De Mantenimiento Rev. No:			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Nº Reuniones: 08			
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
1.B.1	Falla de la tolva de almacenamiento	6	1.B.1.1	Perforación de planchas de la tolva	Tolva - Alimentación	3	7	18	126	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 02 años	Inspectores
1.B.2	Falla del alimentador vibratorio	6	1.B.2.1	Descalibración del air gap	Alimentador vibratorio	5	6	30	180	Tarea a condición	Medición del air gap	Cada 06 meses	Instrumentistas
		6	1.B.2.2	Falla de los resortes de sujeción	Alimentador vibratorio -	4	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos
		6	1.B.2.3	Perforación de la plancha inferior de la base	Alimentador vibratorio	3	7	18	126	Tarea a condición	1) Inspección visual 2) Análisis con ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) Y 2) Inspectores
1.B.3	Falla de la faja transportadora	6	1.B.3.1	Rotura parcial de la faja	Faja transportadora	4	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos
		6	1.B.3.2	Desalineamiento de faja	Faja transportadora	4	7	24	168	Reacondicionamiento cíclico	Centrado de faja	Cada 06 meses	Mecánicos
		6	1.B.3.3	Falla de los polines de carga	Faja transportadora - carga	5	6	30	180	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos
		6	1.B.3.4	Soltura del templador de la faja	Faja transportadora	4	6	24	144	Reacondicionamiento cíclico	Ajuste del templador	Cada 06 meses	Mecánicos
		6	1.B.3.5	Desgaste de los laterales de la faja	Faja transportadora	4	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos
		6	1.B.3.6	Perforación del chute de descarga	Faja transportadora	5	7	30	210	Reacondicionamiento cíclico	Reparación de planchas	Cada 06 meses	Mecánicos
1.C.1	Falla del alimentador vibratorio	6	1.C.1.1	Des calibración del air gap	Alimentador vibrador	5	6	30	180	Tarea a condición	Medición del air gap	Cada 06 meses	Instrumentistas
		6	1.C.1.2	Falla de los resortes de sujeción	Alimentador vibrador	4	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos
2 A 1	No hay energía	10	2.A.1.1	No hay energía	ENERSUR	4	10	40	400	No realizar			

TABLA 11. EVALUACIÓN Y SELECIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE MAQUINA SUPERCAVEMIL

	eléctrica									mantenimiento programado			
2.A.2	Falla del control eléctrico	8	2.A.2.1	Circuito de control abierto	Circuito de control - Alimentación de aire	4	8	32	256	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	2.A.2.2	Actúa relé de sobrecarga	Relé de sobrecarga - Alimentación de aire	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas
		8	2.A.2.3	Fusibles de control quemados	Fusible de control - Alimentación de aire	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas

TABLA 11. EVALUACIÓN Y SELECCION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE MAQUINA SUPERCHEMIL

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas De Mantenimiento Rev. No: 03			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL DESCRIPCIÓN EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.			
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
		8	2.A.2.4	Transformador de control quemado	Transformador de control - Alimentación de aire	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
2.A.3	Falla del equipo de lubricación del motor	7	2.A.3.1	Baja presión de aceite	Equipo de lubricación - Alimentación de aire	3	4	21	84	Tarea a condición	Inspección y monitoreo	Cada 06 meses	Inspectores
		7	2.A.3.2	Alta temperatura de aceite	Equipo de lubricación - Alimentación de aire	3	4	21	84	Tarea a condición	Inspección y monitoreo	Cada 06 meses	Inspectores
2.A.4	Falla del motor eléctrico del soplador	8	2.A.4.1	Bobinas del estator quemadas	Motor - Alimentación de aire	4	2	32	64	Tarea a condición	Análisis de nivel de aislamiento	Cada 06 meses	Electricistas
		8	2.A.4.2	Falla de rodamientos	Motor - Alimentación de aire	3	2	24	48	Reacondicionamiento cíclico	Cambio	Cada 01 año	Electricistas
		8	2.A.4.3	Fisuramiento del eje.	Motor - Alimentación de aire	3	6	24	144	Tarea a condición	Análisis de Ultrasonido	Cada 01 año	Inspectores
2.A.5	Falla del incrementador de velocidad	8	2.A.5.1	Falla por rodamientos amarrados	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	2	4	16	64	1) Reacondicionamiento cíclico 2) Tarea a condición	1) Lubricación de rodamientos 2) Análisis de estado de rodamientos	1) Cada 01 mes 2) Cada 01 año	1) Lubricadores 2) Mecánicos
		8	2.A.5.2	Falla por dientes de piñones rotos	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	2	6	16	96	Tarea a condición	Inspección con líquidos penetrantes	Cada 01 año	Inspectores
		8	2.A.5.3	Fisuramiento del eje principal	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	2	6	16	96	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores
		8	2.A.5.4	Fuga excesiva de aceite	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador
		8	2.A.5.5	Mal ensamble del incrementador	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	2	7	16	112		ACR al procedimiento		Mecánicos
2.A.6	Falla del soplador	8	2.A.6.1	Álabes rotos	Soplador - Alimentación de aire	2	8	16	128	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis de tintes	1) Cada 06 meses 2) Cada 02	1) y 2) Inspectores

TABLA 11. EVALUACIÓN Y SELECIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE MAQUINA SUPERCÁVEMIL

		8	2.A.6.2	Falla del equipo de lubricación	Soplador - Alimentación de aire	3	4	24	96	Tarea a condición	penetrantes Inspección y monitoreo	años Cada 07 días	Lubricadores
		8	2 A 6 3	Falla del rodamiento de empuje	Soplador - Alimentación de aire	3	5	24	120	Tarea a condición	Análisis de estado de rodamientos	Cada 01 año	Mecánicos
		8	2.A.6.4	Fisuramiento del eje	Soplador - Alimentación de aire	2	6	16	96	Tarea a condición	1) Alineamiento o 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores
		8	2 A 6 5	Fisuramiento de la voluta	Soplador - Alimentación de aire	3	6	24	144	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis de tintes penetrantes	1) Cada 06 meses 2) Cada 02 años	1) y 2) Inspectores

TABLA 11. EVALUACIÓN Y SELECCION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE MAQUINA SUPERCHEMIL

Evaluación y Selección de Tareas De Mantenimiento Rev.			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Nº Reuniones: 08			
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
		8	2.A.6.6	Mal ensamble de la bancada	Soplador - Alimentación de aire	4	7	32	224		ACR al procedimiento		Mecánicos
2.A.7	Falla de la válvula de ingreso de aire al soplador	7	2 A 7 1	Falla del PLC	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	4	2	28	56	Tarea a condición	Inspección y medición de parámetros	Cada 06 meses	Electricistas e Instrumentistas
		7	2.A.7.2	Falso contacto del cable de señal	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	4	4	28	112	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Instrumentistas
		7	2 A 7 3	Falla del mecanismo de apertura y cierre de los álabes	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	4	4	28	112	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Instrumentistas y mecánicos
		7	2.A.7.4	Falla del pistón neumático	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	4	4	28	112	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Instrumentistas y mecánicos
2 A 8	Falla del tubo fuelle	5	2 A 8 1	Perforación excesiva del tubo	Tubo fuelle - Alimentación de aire	2	7	10	70	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos
		5	2.A.8.2	Tubo tapado por materiales extraños dentro del tubo	Tubo fuelle - Alimentación de aire	4	7	20	140	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de tubo	Cada 06 meses	Mecánicos
2.A.9	Falla de los tubos vitaúlicos.	5	2 A 9 1	Rotura de acoples vitaúlicos	Tubos vitaúlicos - Alimentación de aire	4	7	20	140	Sustentación cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
2 A 10	Falla de la toberas	7	2.A.10.1	Toberas tapadas con cobre	Toberas - Alimentación de aire	3	8	21	168	Rediseño			Ingeniería de Planta
2.A.11	Falla de las tapas de toberas	7	2 A 11 1	Rotura de lengüeta	Tapas de toberas - Alimentación de aire	9	8	63	504	Rediseño			Ingeniería de Planta
		7	2.A.11.2	Desgaste del mecanismo	Tapas de toberas - Alimentación de aire	9	8	63	504	Rediseño			Ingeniería de Planta
2 B 1	Falla de la válvula de ingreso de aire al soplador	7	2 B 1 1	Falla del PLC	Valvula ingreso de a re - Alimentación de aire	5	2	35	70	Tarea a condición	Inspección y medición de parámetros	Cada 06 meses	Electricistas e Instrumentistas
		7	2.B.1.2	Falso contacto del	Valvula ingreso de aire -	5	4	35	140	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06	Instrument

TABLA 11. EVALUACIÓN Y SELECCION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE MAQUINA SUPERCÁVEMIL

				cable de señal	Alimentación de aire							meses	istas
		7	2 B 1 3	Mal cierre de los álabes	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	5	4	35	120	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Instrum entistas y mecánicos
2.B.2	Falla de la tubería de transporte de aire	6	2.B.2.1	Fisura presente en la tubería	Tubería de aire - Alimentación de aire	2	7	12	84	Tarea a condición	Análisis de Ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores
2 B 3	Falla de la junta rotatoria de entrada de aire	6	2 B 3 1	Fuga de aire en el empaque de la junta rotatoria	Junta rotatoria - Alimentación de aire	5	8	30	240	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
2.B.4	Falla del tubo fuelle	6	2.B.4.1	Perforación del tubo	Tubo fuelle - Alimentación de aire	2	8	12	96	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos
2 B 5	Falla de los tubos vitaúlicos.	6	2 B 5 1	Rotura de acoples vitaúlicos	Tubos vitaúlicos - Alimentación de aire	4	8	24	192	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos

TABLA 11. EVALUACIÓN Y SELECCION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE MAQUINA SUPERCHEMIL

Evaluación y Selección de Tareas De Mantenimiento Rev.			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL DESCRIPCIÓN EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Nº Reuniones: 08			
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento o a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
2.B.6	Falla de las toberas.	6	2.B.6.1	Desgaste de tapas de toberas	Toberas - Alimentación de aire	9	8	54	432	Rediseño			Ingeniería de Planta
4.A.1	No hay energía eléctrica	10	4.A.1.1	No hay energía	suministro	4	10	40	400	No realizar mantenimiento programado			
4 A 2	Falla del control eléctrico	8	4 A 2 1	Circuito de control abierto	Circuito de control - Subsistema motriz	3	2	24	48	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	4.A.2.2	Actúa relé de sobrecarga	Relé de sobrecarga - Subsistema motriz	3	7	24	168	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas
		8	4.A.2.3	Fusibles de control quemados	Fusible de control - Subsistema motriz	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	4 A 2 4	Transformador de control quemado	Transformador de control - Subsistema motriz	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	4.A.2.5	Apertura del breaker de control	Breaker de control - Subsistema motriz	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	4 A 2 6	Falla banco de resistencias	Banco de resistencias - Subsistema motriz	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	4.A.2.7	Falla del PLC de control	PLC - Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección y medición de parámetros	Cada 06 meses	Electricistas e Instrumentistas
		8	4 A 2 8	Falla del contactor reversible del motor	Contactor reversible del motor - Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Medición del gap	Cada 01 año	Electricistas
		8	4.A.2.9	Falla del contactor de aceleración del motor	Contacto de aceleración del motor -Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Medición del gap	Cada 01 año	Electricistas
		8	4 A 2 10	Actúa relé de sobrecarga del motor	Relé de sobrecarga del motor -Subsistema motriz	3	7	24	168	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas

TABLA 11. EVALUACIÓN Y SELECCION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE MAQUINA SUPERCHEMIL

Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL DESCRIPCIÓN EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Nº Reuniones: 08			
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
		8	4.A.2.1 1	Falla del master switch	Master Switch - Subsistema motriz	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Electricistas
4.A. 3	Falla del motor eléctrico	8	4 A 3 1	Bobinas del estator quemadas	Motor eléctrico - Subsistema motriz	4	2	32	64	Tarea a condición	Análisis de nivel de aislamiento	Cada 06 meses	Electricistas
		8	4.A.3.2	Desgaste excesivo de las escobillas	Motor eléctrico - Subsistema motriz	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Electricistas
		8	4 A 3 3	Falla de rodamientos	Motor eléctrico - Subsistema motriz	3	7	24	168	Reacondicionamiento cíclico	Cambio	Cada 01 año	Electricistas
		8	4.A.3.4	Fisuramiento del eje	Motor eléctrico - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis de Ultrasonido	Cada 01 año	Inspectores
4 A 4	Falla del acoplamiento	8	4 A 4 1	Rotura de pernos	Acoplamiento - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores
		8	4.A.4.2	Rotura de la chaveta	Acoplamiento - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores
4.A. 5	Falla del reductor principal	8	4 A 5 1	Falla por rodamientos amarrados	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	2	7	16	112	1) Reacondicionamiento cíclico 2) Tarea a condición	1) Lubricación de rodamientos 2) Análisis de estado de rodamientos	1) Cada 01 mes 2) Cada 01 año	1) Lubricadores 2) Mecánicos
		8	4.A.5.2	Falla por dientes de piñones rotos	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección con tintes penetrantes	Cada 01 año	Inspectores
		8	4.A.5.3	Fisuramiento del eje principal	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores
		8	4 A 5 4	Falla por fuga excesiva de aceite	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador
		8	4.A.5.5	Mal ensamble del reductor	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	2	7	16	112		ACR al procedimiento		Mecánicos
4 A 6	Falla de la caja de engranajes	8	4 A 6 1	Fuga excesiva de aceite	Caja de engranajes - Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador
		8	4.A.6.2	Rotura del eje principal	Caja de engranajes - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores
		8	4 A 6 3	Falla por dientes de piñones rotos	Caja de engranajes - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección con tintes penetrantes	Cada 01 año	Inspectores
4.A.	Falla del eje	8	4.A.7.1	Fisuramiento del eje	Eje intermedio - Subsistema	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento	1 y 2) Cada	Inspectores

TABLA 11. EVALUACIÓN Y SELECIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE MAQUINA SUPERCÁVEMIL

7	intermedio				motriz						2) Análisis con ultrasonido	01 año	
4 A 8	Falla del acoplamiento rígido	8	4 A 8 1	Rotura de pernos	Acoplamiento rígido - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Inspectores
		8	4.A.8.2	Rotura de chaveta	Acoplamiento rígido - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Inspectores

TABLA 11. EVALUACIÓN Y SELECCION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DEMAQUINA SUPERCHEMIL

Evaluación y Selección de Tareas De Mantenimiento Rev.			SISTEMA: MAQUINA SUPERCHEMIL DESCRIPCIÓN EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Nº Reuniones: 08			
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
4.A.9	Falla del eje principal	8	4.A.9.1	Fisuramiento	Eje principal - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores
		8	4 A 9 2	Fisura de la chaveta	Eje principal - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Inspectores
4 A 10	Falla del piñón de la transmisión	8	4.A.10.1	Rotura de los dientes	Piñón de transmisión - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores
		8	4 A 10 2	Fisuramiento del eje	Piñón de transmisión - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores
4.A.11	Falla de la chumacera del eje principal	8	4.A.11.1	Rotura de pernos de sujeción	Chumaceras - Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Inspectores
		8	4 A 11 2	Falta de lubricación	Chumaceras - Subsistema motriz	4	7	32	224	Reacondicionamiento cíclico	Lubricación	Cada 07 días	Lubricadores
4 A 12	Falla de la cremallera del convertidor	8	4.A.12.1	Rotura de los dientes	Cremallera de rotación - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores
4.A.13	Falla del freno electrohidráulico	8	4 A 13 1	Falla del tambor	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos
		8	4.A.13.2	Falla del pistón hidráulico	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	32	224	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección visual 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	Mecánicos
		8	4.A.13.3	Desgaste excesivo de las zapatas	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
		8	4 A 13 4	Terminales en mal estado	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	5	32	160	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza y ajuste de terminales	Cada 06 meses	Electricistas
4 B 1	Falla de control eléctrico	7	4.B.1.1	Falla del contactor de aceleración	Contactador de aceleración del motor -Subsistema motriz	3	7	21	147	Tarea a condición	Medición del gap	Cada 01 año	Electricistas
4.B.2	Falla del freno electrohidráulico	7	4 B 2 1	Falla del tambor	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	28	196	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos

3.4. RESULTADO DE IMPLEMENTACION RCM EN MAQUINA SUPERCAVEMIL

3.4.1. ANÁLISIS DE FALLAS.

Analizando cada uno de los principales códigos de operación de la maquina SUPERCAVEMIL, tenemos que el código es todo el tiempo en que la maquina estuvo operando sin fallar, un tiempo mayor antes de aplicar el análisis RCM.

Este precedente servirá para la aplicación de la implementación de dicho programa a los demás activos de la empresa. Dichos resultados se muestran en las siguientes tablas.

Maquina	Descripción Parada	2014		2015	
		Total Horas	% Horas	Total Horas	% Horas
Supercavemil	TIEMPO NETO OPERADO	11.897,26	57,57%	12.290,90	59,47%
Supercavemil	ESPERANDO PRODUCTOS	4.099,64	19,84%	4.099,64	19,84%
Supercavemil	SISTEMA MECANICO	2.687,46	13,00%	2.687,46	13,00%
Supercavemil	SISTEMA ELECTRONEUMATICO	1.386,75	6,71%	1.248,08	6,04%
Supercavemil	SISTEMA ELECTRICO	120,72	0,58%	31,98	0,15%
Supercavemil	SISTEMA ELECTRONICO	103,50	0,50%	51,75	0,25%
Supercavemil	CORTE DE ENERGIA	84,98	0,41 %	84,98	0,41 %
Supercavemil	PROGRAMACION	64,00	0,31%	64,00	0,31%
Supercavemil	OTROS	222,48	4,77%	222,48	4,77%
	total	20664,34	100%	20664,34	100%

TABLA 12. TABLA RENDIMIENTO DESPUES DEL RCM

3.4.2. ANÁLISIS ECONÓMICO.

De acuerdo al Departamento de Procesos, en la TABLA 13 se muestra el costo por pérdida de producción de los principales subsistemas del activo SUPERCAVEMIL, se obtiene claramente un aumento del índice de disponibilidad física de 3.69%, obteniéndose:

Disponibilidad 2014: 74.60%

Disponibilidad 2015: 78.29% Δ 3.69%

Entonces:

Horas de operación: 20,666.34 horas

Reducción de horas: 762.58 h/ 4 meses

Reducción de horas anual: 2,287.76 h/ año

Costo de parada de horno: 2,770.00 US\$/h

Ahorro anual: 6'337,105.83 US\$

EQUIPO	COSTO \$/HORA
SUBSISTEMA DE ALIMENTACION DE CHOCOLATE	
sistema eléctrico	3875.00
sistema mecánico	1990.00
SUBSISTEMA DE ALIMENTACUION DE AIRE	
zona dosificación de chocolate / sistema neumático	8100.00
sistema neumático general	2770.00
SUBSISTEMA MOTRIZ	
mecánica de equipo en general	7750.00
TOTAL	24485.00

**Tabla 13. costos por perdida de
producción**

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Con el desarrollo del plan de implementación del proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad en la planta golosinas NESTLE PERU, se redujo considerablemente los costos debido al mantenimiento y se aumentó la confiabilidad del equipo más crítico llamado SUPERCHEMIL. Dicha implementación tuvo sus complicaciones principales al no tener actualizada un historial de fallas y personal nuevo operando las maquinas.
- Se realizó un análisis de mejorabilidad a todos los sistemas de la planta golosinas NESTLE PERU, teniendo en prioridad las maquinas más críticas resultando la maquina llamada SUPERCHEMIL la más crítica, dicho análisis se realizó con personal debidamente seleccionado de todas las áreas relacionadas a los activos. Obteniendo buenos resultados grupales.
- Teniendo en cuenta los resultados se definió los roles y responsabilidades de mantenimiento preventivo y correctivo que se designó a cada uno de los miembros del grupo de trabajo y así se estableció la matriz de responsabilidades con los mecánicos y maquinistas del activo crítico.

- La evaluación de los riesgo de falla de cada componente de los sistemas de la planta de golosina se realizó con la colaboración de los equipos de trabajo formados, en base a un análisis de modos de falla obtenido por el grupo de trabajo y de esta manera se resolvió las principales causas y raíz de las fallas en los activos críticos.

RECOMENDACIONES

- Mejorar comunicación y controlar los avances en cada uno de los grupos de trabajo.
- Describir de manera sencilla y fácil los planes de mantenimiento obtenidos al personal, para su mayor eficacia y seguimiento constante.
- Hacer un seguimiento constante y mantener actualizado los indicadores de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Anthony M. Smith. - “Reliability-Centered Maintenance”. MC Graw Hill Edition, 2001.
- “Manual de Operación y Mantenimiento SUPERCAVEMIL”. - Gerencia de NESTLE PERU, 1980.
- Programa de Especialización y Diplomado en Gestión Productiva del Mantenimiento. Universidad de Piura.- “Reliability Centered Maintenance”. Área Departamental de Ingeniería Eléctrica, Año 2004.
- GARCÍA, Santiago.-“Organización y Gestión Integral de mantenimiento”. Madrid.2013.
- SAE JA1011 “Evaluation Criteria for RCM Process”
Society of Automotive Engineers – SAE
- SAE JA1012 “Guide to the RCM Standar”
Society of Automotive Engineers – SAE
- MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. RCM II.
Traducción por
Ellman Suerios y Asociados. Buenos Aires,Argentina – Madrid, España.
Edición en español. USA: Lillington, North Carolina. 2004.
- MONTGOMERY, Douglas; RUNGER, George. Probabilidad y Estadística aplicadas a la ingeniería. 2ª edición. Limusa Wiley. Grupo Noriega Editores. México D.F. 2002.