

MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM EN LOS EQUIPOS  
UTILIZADOS EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ARNESES PARA EL MODELO  
H79 SOFASA DE YAZAKI-CIEMEL S.A

HARRY RODRÍGUEZ CARRIÓN  
JUAN SEBASTIAN CÁCERES NAVARRO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2018

MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM EN LOS EQUIPOS  
UTILIZADOS EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ARNESES PARA EL MODELO  
H79 SOFASA DE YAZAKI-CIEMEL S.A

HARRY RODRÍGUEZ CARRIÓN  
JUAN SEBASTIAN CÁCERES NAVARRO

Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de Especialista  
en Gerencia de Mantenimiento

Director: PABLO RICARDO TORRES ALBORNOZ  
Ingeniero Industrial

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2018

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestros más grandes y sinceros agradecimientos al Ingeniero Pablo Ricardo Torres Albornoz, quien con paciencia y sabiduría dirigió este proyecto de monografía.

Agradecemos también a la Universidad Industrial de Santander, por aarnos dado la posibilidad de ingresar al posgrado de Gerencia de Mantenimiento y así poder seguir desarrollándonos profesionalmente.

Damos nuestros más sinceros agradecimientos al ingeniero Rubén Arturo Granados jefe de producción de la compañía multinacional Yazaki-Ciemel por aarnos brindado su colaboración en la línea de producción del modelo H79 plataforma del vehículo Duster de Renault.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	16
1. GENERALIDADES.....	17
1.1 MARCO CONTEXTUAL.....	17
1.1.1 Yazaki Ciemel S.A. ... ..	17
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	18
1.3 OBJETIVOS .....	20
1.3.1 Objetivo general.....	20
1.3.2 Objetivos específicos.....	21
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	21
1.5 ALCANCE .....	22
2 MARCO TEÓRICO .....	23
2.1 TAXONOMÍA.....	23
2.2 MANTENIMIENTO .....	24
2.2.1 Definición de mantenimiento.....	24
2.2.2 Generaciones del mantenimiento. ....	25
2.3 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.....	26
2.3.1 Metodología RCM.....	28
2.3.2 Proceso de implementación del RCM.....	29
2.3.3 Jerarquía de equipos y fronteras .....	30
2.4 MÉTODO DE EVALUACIÓN DE CRITICIDAD .....	31
2.4.1 Criterios de evaluación de criticidad .....	32
2.4.2 Evaluación de criticidad .....	34
2.5 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTOS “AMFE” .....	35
2.6 MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS .....	40
2.6.1 Diagrama de árbol lógico de decisión .....	43

2.7	RESULTADOS DE UN ANÁLISIS DE RCM .....	43
3	TAXONOMÍA LÍNEA H79.....	45
4	RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS.....	50
4.1	PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL.....	50
4.2	HISTÓRICO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE MAQUINARIA.....	54
4.2.1	Máquina Cortadora Grafadora AC81G. ....	54
4.2.2	Máquina Prensa De Grafado CM20.....	57
4.2.3	Máquina Prensa De Grafado CM30.....	60
4.2.4	Maquina Entorchadora de TWIST BT-188.....	62
4.2.5	Máquina Ultrasonido Stapla RAPTOR II.....	65
4.2.6	Máquina Termoencogido STCS-CT.....	68
4.2.7	Máquina Cubrimiento GCT1.....	71
4.2.8	Máquina Conveyor PDB .....	74
5	ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS .....	78
6	ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTOS MAQUINARIA.....	81
6.1	MÁQUINA CORTADORA GRAFADORA AC81G .....	81
6.2	MÁQUINA BANCO DE GRAFADO CM20 (2.5 Tn) .....	85
6.3	MÁQUINA BANCO DE GRAFADO CM30 (5 Tn).....	89
6.4	MÁQUINA ENTORCHADORA DE TWIST BT-188T .....	93
6.5	SOLDADORA POR ULTRASONIDO STAPLA RAPTOR II .....	99
6.6	MÁQUINA TERMOENCOGIDO STCS-CT .....	103
6.7	MÁQUINA CUBRIMIENTO GCT1.....	107
6.8	MÁQUINA CONVEYOR PDB .....	110
7	HOJA DE DECISIÓN RCM .....	113
8	GESTIÓN DE REPUESTOS.....	118

8.1	CRITICIDAD DE REPUESTOS.....	118
8.2	ESTABLECIMIENTO DE MÁXIMOS Y MÍNIMOS.....	121
9	CONCLUSIONES .....	124
	BIBLIOGRAFÍA.....	125

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Definiciones jerárquicas .....	24
Tabla 2. Frecuencia de fallas.....	32
Tabla 3. Impacto operacional.....	32
Tabla 4. Flexibilidad operacional (Tiempo medio por reparación).....	33
Tabla 5. Costo de mantenimiento. ....	33
Tabla 6. Impacto de seguridad, medio ambiente e higiene.....	34
Tabla 7. Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario.....	41
Tabla 8. Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo .....	42
Tabla 9 Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo.....	42
Tabla 10. Division de la Planta Yazaki- Ciemel.....	46
Tabla 11. Arbol de equipos actual de Yazaki-Ciemel.....	47
Tabla 12. Clasificacion taxonomica propuesta.....	49
Tabla 13. Plan de mantenimiento preventivo .....	51
Tabla 14. Histórico de mantenimiento general cortadora grafadora AC81G YAZAKI CIEMEL S.A.....	54
Tabla 15. Análisis Pareto de actividades correctivas maquina automatica cortadora grafadora AC81G.....	55
Tabla 16. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo maquina cortadora grafadora AC81G.....	57
Tabla 17. Histórico de mantenimiento general prensa de grafado CM20 YAZAKI CIEMEL S.A.....	57
Tabla 18. Análisis Pareto de actividades correctivas prensa de grafado CM20 ....	58
Tabla 19. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo de prensa de grafado CM20 .....	59
Tabla 20. Análisis Pareto de actividades correctivas prensa de grafado CM30 ....	61

Tabla 21. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo de prensa de grafado CM30 .....	62
Tabla 22. Histórico de mantenimiento general entorchadora de twist BT-188 YAZAKI CIEMEL S.A .....	62
Tabla 23. Análisis Pareto de actividades correctivas entorchadora de twist BT-188 .....	63
Tabla 24. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo máquina de twist BT-188 .....	65
Tabla 25. Histórico de mantenimiento general maquina ultrasonido Stapla Raptor II YAZAKI CIEMEL.....	65
Tabla 26. Análisis Pareto de actividades correctivas maquina de ultrasonido Stapla Raptor II .....	66
Tabla 27. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo maquina ultrasonido Stapla Raptor II .....	68
Tabla 28. Histórico de mantenimiento general maquina termoencogido STCS-CT YAZAKI CIEMEL.....	68
Tabla 29. Análisis Pareto de actividades correctivas maquina termoencogido STCS-CT .....	69
Tabla 30. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo maquina termoencogido STCS-CT.....	71
Tabla 31. Histórico de mantenimiento general maquina cubrimiento GCT1 YAZAKI CIEMEL S.A.....	71
Tabla 32. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo maquina cubrimiento GCT1 .....	73
Tabla 33. Histórico de mantenimiento general maquina conveyor PDB YAZAKI CIEMEL S.A.....	74
Tabla 34. Análisis Pareto de actividades correctivas maquina conveyor PDB .....	75
Tabla 35. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo maquina conveyor PDB .....	77
Tabla 36. Parametros de analisis de criticidad.....	79

Tabla 37. Analisis de criticidad equipos H79 modelo Duster YAZAKI CIEMEL S.A .....	80
Tabla 38. Especificación Maquina cortadora Grafadora AC81G .....	82
Tabla 39. AMEF AC81G .....	84
Tabla 40. Especificación Maquina Banco de Grafado CM20 .....	86
Tabla 41. AMEF CM20 .....	88
Tabla 42. Especificación Maquina Banco de Grafado CM30 .....	90
Tabla 43. AMEF CM30 .....	92
Tabla 44. Especificación Maquina entorchadora TWIST BT-188T .....	95
Tabla 45. AMEF TWIST BT-188T .....	98
Tabla 46. Especificaciones Soldadora por Ultrasonido STAPLA RAPTOR II .....	100
Tabla 47. AMEF Soldadora por ultrasonido RAPTOR II .....	102
Tabla 48. Especificaciones Maquina termoencogido STCS-CT .....	104
Tabla 49. AMEF Maquina Termoencojido STCS-CT .....	106
Tabla 50. Especificaciones Maquina de Cubrimiento GCT1 .....	108
Tabla 51. AMEF Maquina de Cubrimiento GCT1.....	109
Tabla 52. Especificaciones Conveyor PDB.....	111
Tabla 53. AMEF Conveyor PB.....	112
Tabla 54. Hoja de decisión RCM .....	114
Tabla 55. Matriz de máximos y mínimos.....	123

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Logo Yazaki-Ciemel S.A.....	17
Figura 2. Línea de producción H79 cliente Sofasa .....	19
Figura 3. Modelos Sofasa.....	20
Figura 4. Árbol de equipos- Taxonomía.....	23
Figura 5. Tendencias en la gestión de mantenimiento.....	26
Figura 6. Norma SAE JA 1011.....	28
Figura 7. Flujograma de implantación del RCM.....	29
Figura 8. Diagrama jerárquico de equipos .....	30
Figura 9. Matriz de criticidad.....	34
Figura 10. Diagrama de decisión del proceso de RCM.....	44
Figura 11. Layout planta chia YAZAKI CIEMEL S.A.....	45
Figura 12. Layout Bodega Sofasa modelos H79, X52 planta chia YAZAKI CIEMEL S.A.....	45
Figura 13. Arbol de equipos propuesto .....	48
Figura 14. Orden de trabajo.....	52
Figura 15. Hoja de vida de los equipos.....	53
Figura 16. Diagrama de Pareto máquina cortadora grafadora AC81G .....	56
Figura 17. Diagrama de Pareto prensa de grafado CM20 .....	59
Figura 18. Diagrama de Pareto prensa de grafado CM30 .....	61
Figura 19. Diagrama de Pareto entorchadora twist TB-188.....	64
Figura 20. Diagrama de Pareto máquina ultrasonido Stapla Raptor II.....	67
Figura 21. Diagrama de Pareto maquina termoencogido STCS-CT.....	70
Figura 22. Diagrama de Pareto maquina cubrimiento GCT1 .....	73
Figura 23. Diagrama de Pareto máquina conveyor PDB .....	76
Figura 24. Máquina cortadora grafadora AC81G .....	81
Figura 25. Sistemas Cortadora Grafadora AC81G .....	83
Figura 26. Banco de Grafado CM20 .....	85

Figura 27. Sistemas Banco de grafado CM20 .....	87
Figura 28. Banco de Grafado CM30 .....	89
Figura 29. Sistemas Banco de grafado CM30 .....	91
Figura 30. Maquina entorchadora TWIST BT-188T .....	93
Figura 31. Esquema de programación TWIST BT-188T .....	94
Figura 32. Ejemplos de proceso TWIST BT-188T .....	95
Figura 33. Sistemas entorchadora TWIST BT-188T .....	97
Figura 34. Soldadora por ultrasonido Stapla Raptor II .....	99
Figura 35. Sistemas soldadora por ultrasonido Raptor II .....	100
Figura 36. Máquina de termoencogido STCS-CT .....	103
Figura 37. Dimensiones del tubo de protección holmet Manual equipo STCS-CT MECALBI .....	104
Figura 38. Sistemas de la Máquina de Termoencogido STCS-CT .....	105
Figura 39. Máquina de Cubrimiento GCT1 .....	107
Figura 40. Sistemas Máquina de Cubrimiento GCT1 .....	108
Figura 41. Conveyor PDB .....	110
Figura 42. Sistemas Conveyor PDB .....	111
Figura 43. Matriz de Criticidad de repuestos H79 .....	120

## RESUMEN

**TITULO:** MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM EN LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ARNESES PARA EL MODELO H79 SOFASA DE YAZAKI-CIEMEL S.A\*

**AUTORES:**

JUAN SEBASTIAN CÁCERES NAVARRO\*\*

HARRY ANDRONICO RODRÍGUEZ CARRIÓN\*\*

**PALABRAS CLAVE:** ARNES ELECTRÍCO, DESPUNTADORA, TERMOENCOGIDO, ULTRASONIDO, RCM, AMEF.

**CONTENIDO**

En esta monografía se desarrolla la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para la línea de producción H79 de la empresa Yazaki Ciemel S.A. La propuesta surge como una posible solución a que los equipos están generando disminución en la producción, no se cumplen las cadencias, los indicadores de gestión de mantenimiento (CDM) en algunas ocasiones no se cumplen, el inventario de repuestos no es confiable, el tiempo de puesta a punto es muy alto generando productos no conformes y pérdidas financieras para la empresa.

Teniendo como base los datos de mantenimiento de 2017 y los requerimientos originados por producción surge la necesidad de cambiar el modelo de mantenimiento para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, definiendo los equipos críticos que tienen consecuencias económicas en la compañía.

Después de analizar la información, se procederá a la identificación y caracterización de los equipos, enseguida se clasificarán por taxonomía de equipos y se realizará un análisis de modo y efectos de fallas. A continuación, con ayuda del diagrama lógico de decisiones se definirán las tareas y rutinas de la línea y se jerarquizarán los repuestos definiendo máximos y mínimos según su criticidad.

Con los resultados obtenidos se evidenciará que con estrategias de mantenimiento basados en confiabilidad se incrementará la disponibilidad de los equipos proyectando su implementación en un futuro.

\*Monografía de especialización

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director. Ricardo Torres, Ingeniero Industrial

## ABSTRACT

**TITLE:** MAINTENANCE MODEL BASED ON RCM IN THE EQUIPMENT USED IN THE HARNESS PRODUCTION LINE FOR THE MODEL H79 SOFASA DE YAZAKI-CIEMEL S.A \*

**AUTHORS:**

JUAN SEBASTIAN CACERES NAVARRO \*\*

HARRY ANDRONICO RODRIGUEZ CARRION \*\*

**KEYWORDS:** ELECTRICAL HARNESS, TRIMMER, TERMOENCOGIDO, ULTRASOUND, RCM, AMEF.

**CONTENT**

In this monograph of the methodology of maintenance focused on reliability (RCM) for the production line H79 of the company Yazaki Ciemel S.A. The proposal arises as a possible solution for the decrease in production, cadences are not met, maintenance management indicators (CDM) are sometimes not met, spare parts inventory is not reliable, and the set-up time is very high, generating non-conforming products and financial losses for the company.

Based on the maintenance data for 2017 and the requirements originated by production, there is a need to change the maintenance model to increase the availability and reliability of the equipment, defining the critical equipment that has economic consequences in the company.

After analyzing the information, will proceed the identification and characterization of the equipment, then we classified by equipment taxonomy and an analysis of the mode and effects of failures was made. Then, with the help of the decision logical diagram, the tasks and routines of the line will were defined and the spare parts were hierarchized defining maximus and minimums according to their criticality.

With the results obtained, it was evident that with maintenance strategies based on reliability the availability of the equipment was increased, projecting its implementation in a future.

\* Specialization monograph

\*\* Faculty of Mechanical Physics Engineering. Specialization in Maintenance Management Director. Ricardo Torres, Industrial Engineer:

## INTRODUCCIÓN

La empresa YAZAKI-CIEMEL S.A. ubicada en Chía, Cundinamarca es una multinacional japonesa dedicada a la fabricación de arneses automotrices, dentro de su planta de producción se encuentra diferentes líneas de preproducción y ensamble.

La línea H79 MODELO SOFASA es de producción en serie y requiere que los equipos que intervienen en el proceso tengan una confiabilidad alta para cumplir con las metas diarias de producción y en los tiempos especificados por el cliente; esta línea tiene diferentes subprocesos como corte, grafado, alistamiento, áreas secundarias, ensamble final e inspección eléctrica donde son utilizados equipos como cortadoras, grafadoras, soldadoras por ultrasonido, máquinas de termoencojido, etc. Estos equipos están generando disminución en la producción, no se cumplen las cadencias, los indicadores de gestión de mantenimiento (CDM)<sup>1</sup> en algunas ocasiones no llegan a su objetivo, el inventario de repuestos no es confiable, generando productos no conformes y pérdidas financieras para la empresa.

Las fallas en los equipos utilizados en la línea de producción de H79 son diversas y se hacen más complejas por la variedad de equipos utilizados en el proceso de producción. Entre las más comunes están que la cortadora y sus cuchillas pierden el filo generando filamentos marcados en el circuito, en las máquinas de ultrasonido no se está generando la unión soldada correctamente y en las máquinas de termo encogido los elementos calefactores no alcanzan la temperatura de fusión del tubo holmet. Esta línea dio inicio de producción en marzo de 2015 y se espera mejorar la confiabilidad de los equipos.

---

<sup>1</sup> Confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 MARCO CONTEXTUAL

**1.1.1 Yazaki Ciemel S.A.** Es una compañía que produce instalaciones eléctricas para el sector automotriz. Para tal efecto cuenta con tecnología de punta y equipos sistematizados que le permiten fabricar los arneses con la más alta calidad para el usuario final.

Figura 1. Logo Yazaki-Ciemel S.A



Fuente: <http://www.Yazaki-Ciemel.com.co>

Dentro del ciclo productivo de la compañía existen una serie de procesos tan importantes como especializados para que el arnés cumpla con una función específica dentro del automóvil.

La historia de la empresa brevemente se explica a continuación:

Ciemel LTDA. fue establecida en la zona industrial de Bogotá en 1968, para proveer las instalaciones eléctricas de baja tensión a la ensambladora Chrysler Colmotores. En el año 1969 se inició el suministro de instalaciones a la Compañía Colombiana Automotriz (CCA), ensambladora de los vehículos Fiat y a Sofasa, ensambladora de los vehículos Renault. En enero de 1982 se trasladó la operación a Chía donde funciona actualmente.

En el año 1987 se iniciaron exportaciones a Venezuela, con el suministro de instalaciones a General Motors de Venezuela (GMV), para el vehículo Chevette. Yazaki Ciemel S.A. se estableció en 1995 como una inversión conjunta entre la Corporación Yazaki (Japón) y Ciemel S.C.A. (Colombia). En el año 1997 se constituyó una filial en la Zona Franca de Bogotá. El área de influencia es la Región Andina.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La empresa YAZAKI-CIEMEL S.A. ubicada en Chía, Cundinamarca es una multinacional japonesa dedicada a la fabricación de arneses automotrices, dentro de su planta de producción se encuentra diferentes líneas de preproducción y ensamble.

La línea H79 MODELO SOFASA es de producción en serie y requiere que los equipos que intervienen en el proceso tengan una confiabilidad alta para cumplir con las metas diarias de producción y en los tiempos especificados por el cliente; esta línea tiene diferentes procesos como corte, grafado, alistamiento, áreas secundarias, ensamble final e inspección eléctrica donde son utilizados equipos como cortadoras, grafadoras, soldadoras por ultrasonido, máquinas de termoencogido, etc; estos equipos están generando disminución en la producción, no se cumplen las cadencias, los indicadores de gestión de mantenimiento (CDM) en algunas ocasiones no se cumplen, el inventario de repuestos no es confiable, el tiempo de puesta a punto es muy alto generando productos no conformes y pérdidas financieras para la empresa.

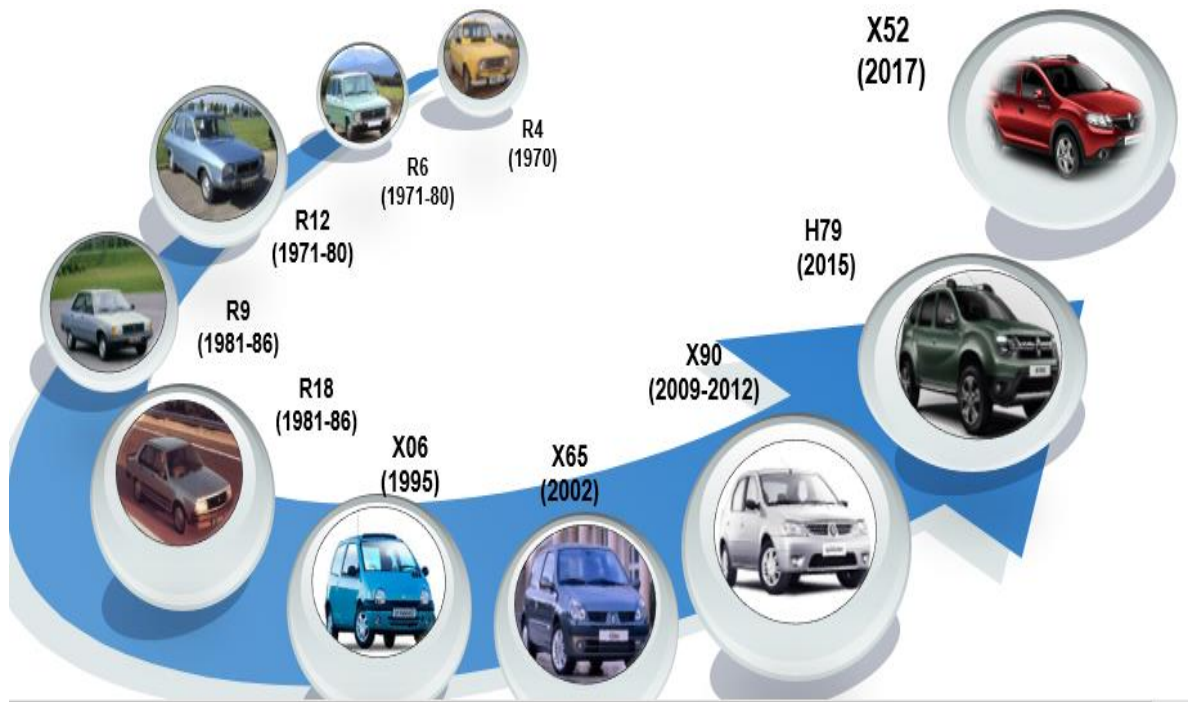
Figura 2. Línea de producción H79 cliente Sofasa



Fuente: Autores

Las fallas en los equipos utilizados en la línea de producción de H79 son diversas y se hacen más complejas por la variedad de equipos utilizados en el proceso de producción. Entre las más comunes están que la cortadora y sus cuchillas pierden el filo generando filamentos marcados en el circuito, en las máquinas de ultrasonido no se está generando la unión soldada correctamente, en las máquinas de termoencogido los elementos calefactores no alcanzan la temperatura de fusión del tubo holmet. Esta línea dio inicio de producción en marzo de 2015 y se espera mejorar la confiabilidad de los equipos.

Figura 3. Modelos Sofasa.



Fuente: Kaisen Sinergia 2017 Renault

### 1.3 OBJETIVOS

**1.3.1 Objetivo general.** Desarrollar un modelo de mantenimiento basado en RCM en los equipos utilizados en línea de producción de arneses para el modelo H79 Sofasa de la empresa YAZAKI-CIEMEL S.A.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los equipos de la línea H79 de la empresa Yazaki-Ciemel S.A a los cuales se les va a aplicar la metodología RCM y clasificarlos por taxonomía de equipos.
- Aplicar un análisis de modo de falla y efectos de los equipos a los cuales se les va a aplicar la metodología RCM.
- Realizar la selección de las tareas de mantenimiento utilizando la técnica de diagrama lógico de decisiones de RCM y determinar las frecuencias adecuadas para cada una de ellas
- Jerarquización de repuestos mediante técnicas de criticidad y establecimiento de máximos y mínimos.

### 1.4 JUSTIFICACIÓN

El impacto económico es el principal motivo para establecer el modelo de mantenimiento RCM en donde se aumenta los MTBF (Mean time between failure) y se reduzcan los MTTR (Mean time to repair) cumpliendo con las metas de producción diarias de la línea H79. Actualmente la empresa YAZAKI-CIEMEL S.A. cuenta con una gerencia de mantenimiento prematura empezando en el año 2014 lo que ha generado que no se tenga una estructura de mantenimiento consolidada y se tengan pérdidas de producción considerables, además la compañía debe ser auditada por sus clientes, en este caso SOFASA, según la norma IATF16949 la cual rige el sector automotriz con la cual se busca continuar la consolidación de la marca sabiendo que 1 de cada 3 arneses en el mundo es de la marca.

El modelo por presentar busca documentar la gestión de mantenimiento de los equipos implicados en la línea, mejorando su proceso de administración a través de la estandarización de los procedimientos y así obtener bajos índices de productos

no conformes implicando directamente el mejoramiento continuo de la calidad del producto.

## **1.5 ALCANCE**

Los autores de esta monografía se comprometen a elaborar un modelo de mantenimiento basado en confiabilidad RCM para la línea H79 de la empresa YAZAKI CIEMEL S.A; se realizará primero una descripción de las características de los equipos y su clasificación taxonómica, luego se realizará un análisis de modo y efecto de las fallas que presenten mayor ocurrencia, después se desarrollara el plan de mantenimiento con el diagrama lógico de decisiones y se establecerán los máximos y mínimos de los repuestos de mayor criticidad.

El modelo propuesto RCM abarcará los sistemas críticos que serán evaluados con la revisión de los datos recolectados de mantenimiento del año 2017, el proceso de implementación dependerá puntualmente de la estrategia y las políticas de la compañía.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 TAXONOMÍA

Según la RAE es la ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación. Se aplica de manera particular dentro del mantenimiento para ordenar jerárquica y sistemáticamente los activos y los sistemas de activos físicos, con sus nombres, los grupos de equipos y de partes.

Figura 4. Árbol de equipos- Taxonomía



Fuente: Norma ISO 14224

La Norma ISO 14224, establece una guía o referencia de clasificación sistemática de ítems por grupos genéricos, para los cual se basa en factores comunes, que se

comparten en los elementos; estos pueden ser por la ubicación de los activos, el uso de los activos comunes, equipo en diferentes áreas, subsistemas, componentes de un mismo subsistema, etc. Y esta forma de clasificar forma un árbol de equipo, por la forma jerarquizada como se muestran los activos.

Tabla 1. Definiciones jerárquicas

	Nivel	Descripción	Definición	Ejemplos
Datos de uso / localización	1	Industria	Tipo principal de industria	Petróleo, petroquímico, alimentos, minería,
	2	Categoría del negocio	Tipo de negocio o proceso	Extracción, producción, refinación, petroquímica
	3	Categoría Instalación	Tipo de facilidad	Producción, transporte, perforación,
	4	Planta / Unidad	Tipo de planta o unidad	Plataforma, estación de compresión, planta de metanol
	5	Sección / Sistema	Sección principal / sistemas de la planta	Compresión, licuefacción, regeneración, oxidación
Subdivisión de equipos	6	Clase de equipo / unidad	Clase de equipos similares. Cada clase contiene unidades de equipos comparables	Intercambiador de calor, compresor, tubería, bomba, caldera
	7	Sub sistema	Subsistema necesario para que el equipo funcione	Lubricación, enfriamiento, control, calentamiento
	8	Componente / Item mantenible	Grupo de partes del equipo que son mantenidos (reparados / restaurados) como un todo	Enfriador, reductor, bomba de aceite, loop de instrumentos, válvula
	9	Parte (Opcional)	Una pieza o repuesto de un equipo	Sello, tubo, carcaza, impeller

Fuente: Norma ISO 14224

## 2.2 MANTENIMIENTO

**2.2.1 Definición de mantenimiento.** Se define el mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo la función para la cual fue adquirido. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

El mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles e instalaciones. Además, permite eliminar condiciones

inseguras que podrían afectar a las personas.

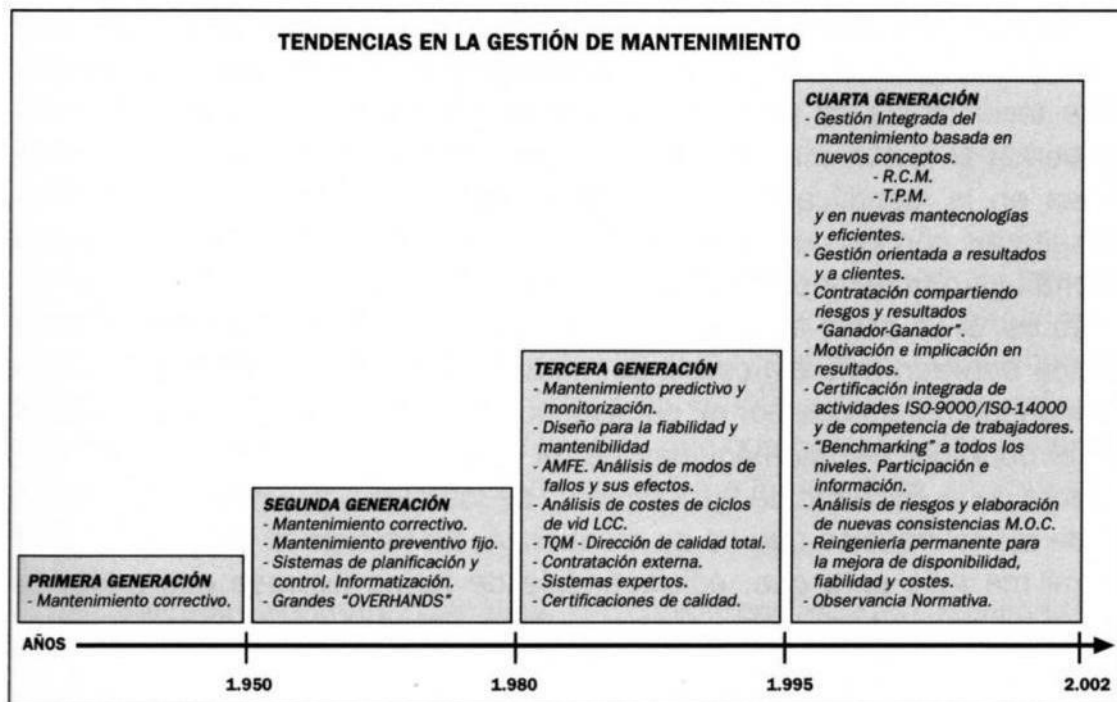
Mantenimiento es el proceso de empresa responsable por la entrega de la disponibilidad de los activos productivos requerida en el plan del negocio, con la debida atención a la seguridad de las personas y del cuidado del Medio ambiente, al costo óptimo.<sup>2</sup>

**2.2.2 Generaciones del mantenimiento.** A través de los años se han realizado cambios importantes en la gestión del mantenimiento, a continuación, se evidencian pequeñas diferencias, pero que en esencia mantienen lo que se ha expuesto para los mantenimientos denominados de primera, segunda y tercera generación. Se ha tenido la necesidad de integrar todos los nuevos conceptos de mantenimiento que en los últimos decenios de siglo XX se han planteado de forma excesivamente aislada. Así pues, los nuevos conceptos de RCM (Reliability Centered Maintenance), son nociones filosóficas o “mantecnologías” organizativas que pueden ser y son válidas, pero solo para un determinado aspecto en el mantenimiento.

---

<sup>2</sup> ORTIZ PLATA, Daniel. Principios de mantenimiento. Colombia, Ortiz Ruiz consultores, 2015.

Figura 5. Tendencias en la gestión de mantenimiento



Fuente. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado, Francisco Javier González Fernández, 2005.

### 2.3 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una planta industria y que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde los altos costes derivados de la sustitución sistemática de piezas amenazaban la rentabilidad de las compañías aéreas. Posteriormente fue trasladada al campo industrial, después de comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo

aeronáutico<sup>3</sup>.

Fue documentado por primera vez en un reporte escrito por F.S. Nowlan y H.F. Heap y publicado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América en 1978. Desde entonces, el RCM ha sido usado para ayudar a formular estrategias de gestión de activos físicos en prácticamente todas las áreas de la actividad humana organizada, y en prácticamente todos los países industrializados del mundo. Este proceso definido por Nowlan y Heap ha servido de base para varios documentos de aplicación en los cuales el proceso RCM ha sido desarrollado y refinado en los años siguientes. Muchos de estos documentos conservan los elementos clave del proceso original. Sin embargo, el uso extendido del nombre "RCM" ha llevado al surgimiento de un gran número de metodologías de análisis de fallos que difieren significativamente del original, pero que sus autores también llaman "RCM". Muchos de estos otros procesos fallan en alcanzar los objetivos de Nowlan y Heap, y algunos son incluso contraproducentes. En general tratan de abreviar y resumir el proceso, lo que lleva en algunos casos a desnaturalizarlo completamente.

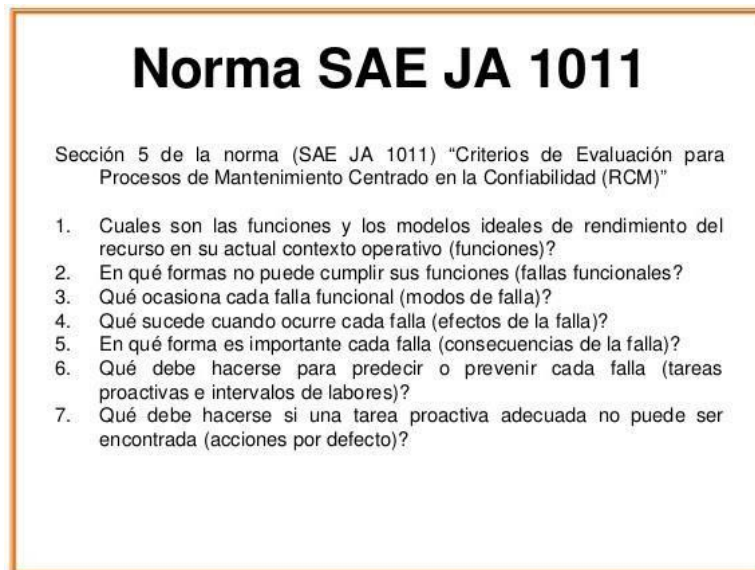
Como resultado de la demanda internacional por una norma que establezca unos criterios mínimos para que un proceso de análisis de fallos pueda ser llamado "RCM" surgió en 1999 la norma SAE JA 1011<sup>4</sup> y en el año 2002 la norma SAE JA1012. No intentan ser un manual ni una guía de procedimientos, sino que simplemente establecen, como se ha dicho, unos criterios que debe satisfacer una metodología para que pueda llamarse RCM.

---

<sup>3</sup> MOUBRAY, John. Reliability-centered Maintenance RCM II. New York: Industrial press Inc. 1997.

<sup>4</sup> SAE JA1011. Evaluations criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes. Society of Automotive Engineer, Inc. 1999.

Figura 6. Norma SAE JA 1011



Fuente: <http://es.slideshare.net/mantonline/reliability-maintenance-centered>, enero 27 de 2018

El mantenimiento centrado en confiabilidad es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual<sup>5</sup>.

**2.3.1 Metodología RCM.** El proceso de RCM formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta revisar<sup>6</sup>:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De que manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

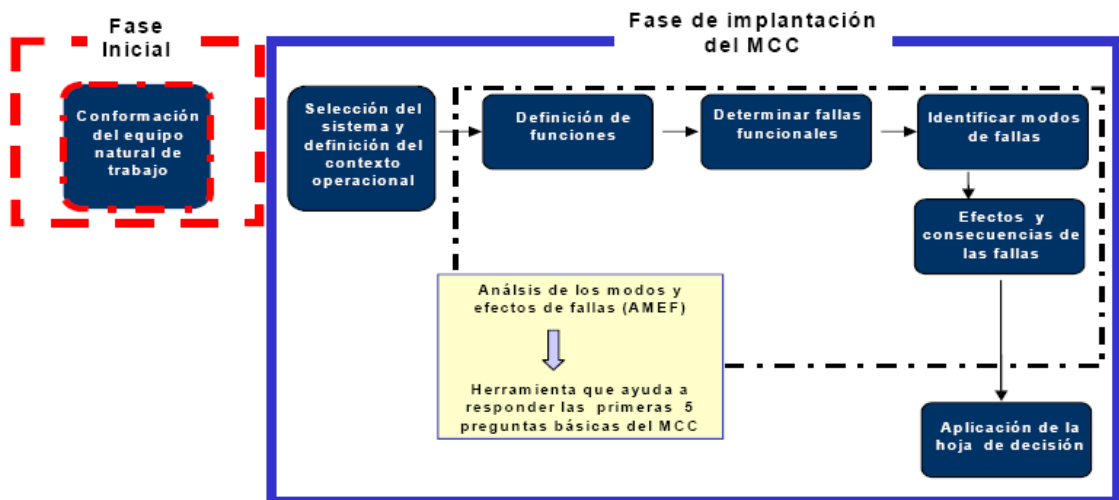
<sup>5</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. México: Aladon, 2004. p.7

<sup>6</sup> Ibíd., p.7

- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿En que sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

**2.3.2 Proceso de implementación del RCM.** A continuación, se presenta el esquema propuesto para implementar el RCM: El éxito del proceso de implementación del RCM, dependerá básicamente del desempeño del equipo natural de trabajo, el cual se encargará de responder las siete preguntas básicas del RCM, siguiendo la Figura 7.

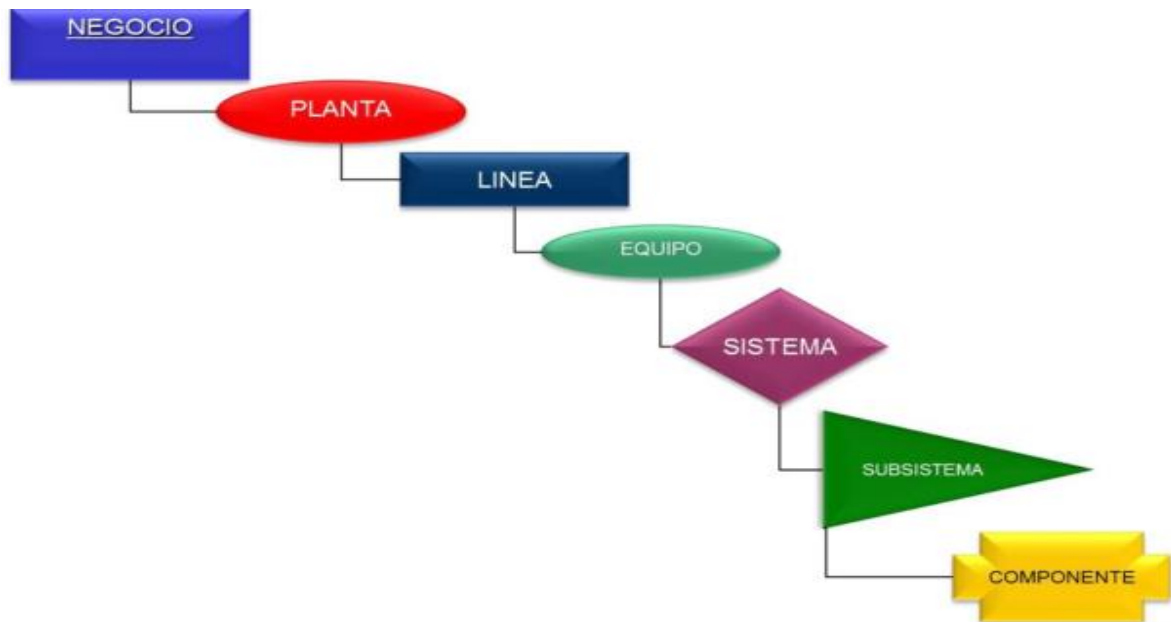
Figura 7. Flujograma de implantación del RCM.



Fuente. PARRA, Carlos Implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) en un sistema de producción., Universidad de Sevilla, 2005.

**2.3.3 Jerarquía de equipos y fronteras.** En esta metodología se requiere definir con precisión el elemento objeto de análisis. ¿Por dónde, entonces, comenzar la identificación del objeto de análisis? La respuesta es: La taxonomía, definida según la Real Academia Española de la Lengua, es la “herramienta que nos ayuda a visualizar mejor nuestras plantas, sistemas y equipos para concretar el objeto de análisis”. La norma ISO 14224 la define como la “Clasificación sistemática de ítems dentro de un grupo genérico basado en factores posiblemente comunes a todos los ítems”. Por ello, se debe empezar desde lo macro de la planta y llegar hasta el nivel más bajo que se pueda. Esto servirá para determinar los elementos que entregan “al menos una función principal”.<sup>7</sup>

Figura 8. Diagrama jerárquico de equipos



Fuente: ORREGO BARRERA, Juan Carlos. Normatividad aplicada a construcción taxonómica y árbol de equipos para mantenimiento. [En línea]. XIX Congreso Internacional de mantenimiento y gestión de activos. Bogotá D.C.: ACIEM. 2017. (Recuperado el 2 febrero 2018.) Disponible en [https://issuu.com/memorias\\_conferencias\\_aciem/docs/memorias\\_conf\\_int\\_fim\\_07\\_feb\\_2017](https://issuu.com/memorias_conferencias_aciem/docs/memorias_conf_int_fim_07_feb_2017)

<sup>7</sup> DUARTE HOLGUÍN, Juan Carlos. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, guía del curso diplomado en gestión de mantenimiento. ACIEM, 2011.

## 2.4 MÉTODO DE EVALUACIÓN 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 programación de tareas y asignación de recursos. El análisis de criticidad permite identificar los equipos que requieren mayor atención por parte de las áreas de mantenimiento.

Los resultados del análisis de criticidad sirven para:

- Priorizar ordenes de trabajo de mantenimiento.
- Jerarquizar las inversiones según su importancia.
- Plantear el manejo de las actividades de mantenimiento.
- Facilitar la gestión de materiales y repuestos.
- Enfocar las estrategias de mantenimiento hacia los sistemas y equipos críticos.

Para realizar el análisis de criticidad se debe:

- Identificar los equipos.
- Definir el nivel de detalle y el objetivo del análisis.
- Recolectar información de los equipos.
- Consultar al personal relacionado con los equipos.

El análisis de criticidad genera resultados semicuantitativos, basados en la teoría del riesgo:

$$\begin{aligned} \text{Criticidad} &= \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia} \\ \text{Frecuencia} &= \text{N}^\circ \text{ de fallas en un tiempo determinado} \\ \text{Consecuencia} &= [(\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costos de mantenimiento} \\ &\quad + \text{Impacto SAH}] \end{aligned}$$

**2.4.1 Criterios de evaluación de criticidad.** A continuación, se presentan cada uno de los ítems necesarios para evaluar la criticidad operacional de acuerdo con el nivel de detalle seleccionado.

**Frecuencia de fallas:** La frecuencia de fallas como su nombre lo indica es la cantidad de fallas que se presentan en un periodo determinado de tiempo.

Tabla 2. Frecuencia de fallas.

Nivel	Criterio (fallas/año)	Ponderación
Pobre	Mayor a 4	4
Promedio	De 2 a 4	3
Buena	De 1 a 2	2
Excelente	Menos de 1	1

Fuente. PARRA, Carlos Implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) en un sistema de producción., Universidad de Sevilla, 2005

**Impacto operacional:** El impacto operacional se refiere a las consecuencias que ocasiona una falla a la operación del equipo.

Tabla 3. Impacto operacional.

Criterio (fallas/año)	Ponderación
Parada del equipo (Equipo inactivo)	10
Parada de algún subsistema que no implica la parada de otros	7 - 9
Impacta en niveles de producción o calidad	5 - 6
Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2 - 4
No genera ningún efecto significativo sobre la producción del sistema	1

Fuente. PARRA, Carlos Implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) en un sistema de producción., Universidad de Sevilla, 2005

**Flexibilidad operacional:** La flexibilidad operacional se refiere a la alternativa que se tiene para reanudar la función del activo al ocurrir una falla.

Tabla 4. Flexibilidad operacional (Tiempo medio por reparación).

Flexibilidad Operacional	Ponderación
No hay operación ni repuesto disponible	4
El equipo puede seguir funcionando	2 – 3
Existe otro igual o disponible fuera del sistema (stand by)	1

Fuente. PARRA, Carlos Implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) en un sistema de producción., Universidad de Sevilla, 2005

**Costo de mantenimiento:** Forma de establecer económicamente el impacto en cuanto al costo de mantenimiento generado como consecuencia de la falla.

Tabla 5. Costo de mantenimiento.

Criterio (en millones de pesos)	Ponderación
Más de 2 millones y más de 1 día de parada	2
Menos de 2 millones y más de 1 día de parada	1

Fuente. PARRA, Carlos Implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) en un sistema de producción., Universidad de Sevilla, 2005

**Impacto de seguridad, ambiente e higiene:** Evalúa el impacto ambiental que pueda ocasionar la falla en diferentes aspectos: Seguridad Industrial, Impacto Ambiental e Higiene del sistema productivo.

Tabla 6. Impacto de seguridad, medio ambiente e higiene.

Criterio	Ponderación
Accidente catastrófico	8
Accidente mayor serio	6 - 7
Accidente menor e incidente menor	4 - 5
Cuasi accidente o incidente menor	2 - 3
Desvió	1
No provoca ningún tipo de riesgo	0

Fuente. PARRA, Carlos Implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) en un sistema de producción., Universidad de Sevilla, 2005

**2.4.2 Evaluación de criticidad.** Estos factores son evaluados por el grupo multidisciplinario (operaciones, mantenimiento, CSMS, compras), una vez sean evaluados todos los criterios de la evaluación se toman los valores de frecuencia y de consecuencia y se exponen en la matriz de criticidad (ver Figura 8), esta nos permite jerarquizar los sistemas en tres tareas:

- Área de sistema no crítico (NC).
- Área de sistema de semi crítico (SC).
- Área de sistemas críticos (C).

Figura 9. Matriz de criticidad.



Fuente PARRA, Carlos Implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) en un sistema de producción., Universidad de Sevilla, 2005

## 2.5 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTOS “AMFE”.

El análisis de modos y efectos de falla es un proceso estructurado para el análisis de la operación de una planta que permitirá identificar las fallas que pudieran presentarse y que engloba las etapas de: funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla. Los efectos o consecuencias de las fallas son posteriormente evaluados para determinar posibles medios de prevención<sup>8</sup>. Está compuesto por cinco columnas:

- **Funciones y niveles de desempeño**

Antes de que sea posible aplicar un proceso, utilizado para determinar qué debe hacerse para asegurar que todo bien físico continúe cumpliendo con su desempeño, del modo en que sus usuarios esperan dentro de su contexto operativo presente, necesitamos hacer dos cosas<sup>9</sup>:

- Determinar cuál es la función que los usuarios quieren que cumpla.
- Asegurar que el bien es capaz de comenzar con lo que los usuarios esperan.

Debido a esto a los operarios se les dan unas funciones para realizar y pueden ser de la siguiente forma:

- **Funciones primarias:** Que sintetizan porque el bien fue adquirido en primer lugar. Esta categoría de funciones cubre temas tales como velocidad, rendimiento, capacidad de transportación o almacenamiento, calidad del producto y servicio al cliente.
- **Funciones secundarias:** Que indican que se espera que todo bien produzca más que simplemente su función primaria. Los usuarios también tienen expectativas en áreas como la seguridad, control, contención, confort,

---

<sup>8</sup> PEROZO, A. (1998). Mantenimiento Industrial. Universidad del Zulia. Maracaibo

<sup>9</sup> MOUBRAY, John Miltchell, Mantenimiento centrado en confiabilidad Segunda Edición. UK. Aladon Ltd. 2004. p. 12

integridad estructural, economía, protección, eficiencia de operación, cumplimiento con las normas medioambientales, y hasta la estética o apariencia del bien.

Los usuarios de estos bienes se encuentran en la posición más óptima para saber exactamente como aporta cada bien al bienestar físico y financiero de la organización como un todo, de modo que es esencial que estén involucrados con el proceso de RCM desde un principio.

Si se realiza apropiadamente, este paso generalmente absorbe casi un tercio del tiempo necesario para un análisis de RCM completo. También implica que el personal llevando a cabo este análisis aprenda una cantidad considerable, que puede hasta ser sorprendente sobre cómo los equipos trabajan verdaderamente.

- **Fallas funcionales:** Los objetivos de mantenimiento son determinados por las funciones y respectivas expectativas de desempeño del bien bajo consideración. Pero ¿cómo se alcanzan estos objetivos?

El único suceso que puede hacer que un bien deje de funcionar al nivel requerido es algún tipo de falla. Esto sugiere que el departamento mantenimiento alcanza sus objetivos, al adoptar un acercamiento acertado al manejo de las fallas. Sin embargo, antes de que podamos aplicar la conjunción de herramientas apropiadas, necesitamos identificar el tipo de fallas que pueden presentarse.

El proceso de RCM realiza esto en dos niveles:

Primero, identificando qué circunstancias llevaron a un estado fallido, luego investigando qué situaciones son las causantes de que un bien caiga en ese estado de falla.

En el mundo de RCM, los estados de falla son conocidos como fallas funcionales, porque ocurren cuando un bien es incapaz de cumplir una función a un nivel de desempeño que sea aceptable por el usuario. En adición a la incapacidad total para funcionar, esta definición abarca fallas parciales, donde el bien todavía funciona,

pero a nivel inaceptable de desempeño, (incluyendo también los casos donde no se alcanza el nivel de precisión o calidad). Pero éstas solo pueden ser identificadas una vez que las funciones y desempeño estándares hayan sido definidas con claridad.

**Estudio de Modo de Fallas:** Son todas aquellas fallas históricas que se han presentado a un elemento en particular y a su vez todas aquellas fallas factibles u ocultas que se puedan presentar para evitar que sucedan, teniendo en cuenta la severidad y los efectos que estos conllevan en la producción, mantenimiento, seguridad personal, ambiental, entre otros.

Después de analizar las fallas podemos continuar con la toma de decisiones, las cuales corresponden a las últimas tres preguntas planteadas por John Moubray; el cual comprende actividades o funciones que deben realizarse acompañado de una serie de funciones, fallos preestablecidos de acuerdo a un modo de falla. Teniendo en cuenta la frecuencia con la que se puede presentar una falla específica y quien debe solucionarla, apoyado en el procedimiento del árbol de decisiones.

Cuando un equipo bajo cualquier tipo de alteración de algún parámetro varíe el desarrollo de la actividad para la que fue instalada, es considerado como una falla; por tal motivo es necesario analizar la falla y cuál o cuáles pueden ser sus consecuencias. Este método RCM se efectúa en dos niveles; el primero, describir la eventualidad que llevan a la falla y el segundo, preguntar cuál suceso permite que el equipo llegue a la falla.

- **Efectos de Falla:** El cuarto paso en el proceso de RCM implica enlistar los efectos de las fallas, que describen lo que sucede cuando se presenta cada modo de falla.

Esta descripción debe incluir toda la información necesaria para respaldar la evaluación de las consecuencias de las fallas, como pueden ser:

Evidencias, (si las hubiera), de que la falla ocurrió

En qué manera, (si las hubiera), representa una amenaza para la seguridad del medioambiente.

De qué modo, (si los hubiera) afecta la producción u operaciones. Que debe hacerse para reparar la falla.

- **Consecuencias de las Fallas:** Un análisis detallado de una empresa industrial promedio, tiende a arrojar entre tres y diez mil posibles modos de fallas. Cada una de estas fallas afecta a la organización en alguna escala, pero en cada caso los efectos son diferentes. Pueden afectar la operatividad. También pueden afectar la calidad del producto, servicio al cliente, seguridad del medioambiente. Todas significaran el gasto de tiempo y dinero para repararlas.

Son esas consecuencias las que ejercen la mayor influencia para que tratemos de prevenir cada falla. En otras palabras, si una falla trae consecuencias serias, tenderemos a hacer todo lo posible para tratar de evitarla. Por otro lado, si esta no afecta o afecta en un grado mínimo, entonces quizás decidamos no hacer un mantenimiento de rutina que vaya más allá de la limpieza y lubricación.

Uno de los puntos fuertes de RCM es que este reconoce que las consecuencias de las fallas son mucho más importantes que sus características técnicas, en realidad reconoce que la única razón de hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es para evitar las fallas en sí, sino evitar o al menos reducir las consecuencias que estas traen. El proceso de RCM clasifica estas consecuencias en los siguientes cuatro grupos:

Consecuencias de fallas ocultas; Las fallas ocultas no causan un impacto directo, pero exponen a la empresa a fallas múltiples, con consecuencias serias y frecuentemente catastróficas. (La mayoría de estas fallas están asociadas con sistemas de protección no libres de fallas)

Consecuencias medioambientales y de seguridad; Una falla trae consecuencias de seguridad si potencialmente puede dañar o causar la muerte. Tiene consecuencias

medioambientales si provoca la violación de cualquier norma medioambiental corporativa, regional, nacional o internacional.

Consecuencias operativas; Una falla trae consecuencias operativas cuando afecta la producción (rendimiento, calidad del producto, servicio al cliente o costos operativos, además del costo directo de reparación.)

Consecuencias no operativas; Las fallas evidentes que conforman esta categoría, no tienen consecuencias ni de seguridad, ni de protección, de modo que solo implican el costo de reparación.

Veremos más adelante como los procesos de RCM usan estas categorías como la base de un marco estratégico para la toma de decisiones de mantenimiento. Forzando una revisión estructurada de las consecuencias de cada tipo de fallas, de acuerdo con las categorías antes descritas, integra los objetivos operativos, medioambientales y de seguridad, que son base de la función de mantenimiento.

Esto ayuda a poner la seguridad y el medioambiente en la corriente principal del manejo de mantenimiento.

El proceso de evaluación de consecuencias quita énfasis a la creencia de que todas las fallas son malas y deben ser prevenidas. De este modo enfoca la atención en las actividades de mantenimiento que tienen mayor efecto en el desempeño de la organización, y no desgasta energía en aquellas que tienen un menor o ningún efecto. También nos impulsa a pensar más abiertamente sobre los diferentes modos de manejar las fallas, en lugar de solo concentrarse en la prevención. Las técnicas del manejo de fallas se dividen en dos categorías:

Tareas Proactivas; son los trabajos realizados antes de que la falla ocurra, para prevenir que el equipo llegue a un estado de falla. Esto abarca lo que se conoce tradicionalmente como mantenimiento “predictivo” o “preventivo”. Aunque veremos más adelante que RCM utiliza los términos restauración programada, descarte programado o mantenimiento en condición.

Acciones de omisión; estas se encargan del estado de falla, y son utilizadas cuando no es posible identificar una consigna proactiva efectiva. Las acciones de omisión incluyen búsqueda de la falla, rediseño y acudir a la falla.

## **2.6 MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS**

En muchos AMFE suele introducirse este apartado de análisis para reflejar las medidas de control y verificación existentes para asegurar la calidad de respuesta del componente/producto/proceso. La fiabilidad de tales medidas de ensayo y control condicionará a su vez a la frecuencia de aparición de los modos de fallo. Las medidas de control deberían corresponderse para cada una de las causas de los modos de fallo.

- Gravedad

Determina la importancia o severidad del efecto del modo de fallo potencial para el cliente (no teniendo que ser este el usuario final); valora el nivel de consecuencias, con lo que el valor del índice aumenta en función de la insatisfacción del cliente, la degradación de las prestaciones esperadas y el coste de reparación. Este índice sólo es posible mejorarlo mediante acciones en el diseño, y no deberían afectarlo los controles derivados de la propia aplicación del AMFE o de revisiones periódicas de calidad.

Tabla 7. Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Fuente:[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_679.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_679.pdf)

- Frecuencia

Es la Probabilidad de que una causa potencial de fallo (causa específica) se produzca y dé lugar al modo de fallo. Se trata de una evaluación subjetiva, con lo que se recomienda, si se dispone de información, utilizar datos históricos o estadísticos. Si en la empresa existe un Control Estadístico de Procesos es de gran ayuda para poder objetivar el valor. No obstante, la experiencia es esencial. La frecuencia de los modos de fallo de un producto final con funciones clave de seguridad, adquirido a un proveedor, debería ser suministrada al usuario, como punto de partida, por dicho proveedor.

Tabla 8. Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos , ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos . Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Fuente:[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_679.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_679.pdf)

- Detectabilidad

Tal como se definió anteriormente este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, sea detectado con antelación suficiente para evitar daños, a través de los “controles actuales” existentes a tal fin. Es decir, la capacidad de detectar el fallo antes de que llegue al cliente final.

Tabla 9 Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente . Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

Fuente:[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_679.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_679.pdf)

**2.6.1 Diagrama de árbol lógico de decisión.** Proceso sistemático y homogéneo para la selección de la estrategia de mantenimiento más adecuada para impedir la causa que provoca la aparición de un determinado modo de fallo, correspondiente a un componente del sistema objeto del análisis<sup>10</sup>. Son las herramientas que permiten seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento según sea la filosofía del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

## **2.7 RESULTADOS DE UN ANÁLISIS DE RCM**

A través de la secuencia lógica y de su respectivo análisis se obtiene una serie de tareas a realizar por parte de mantenimiento.

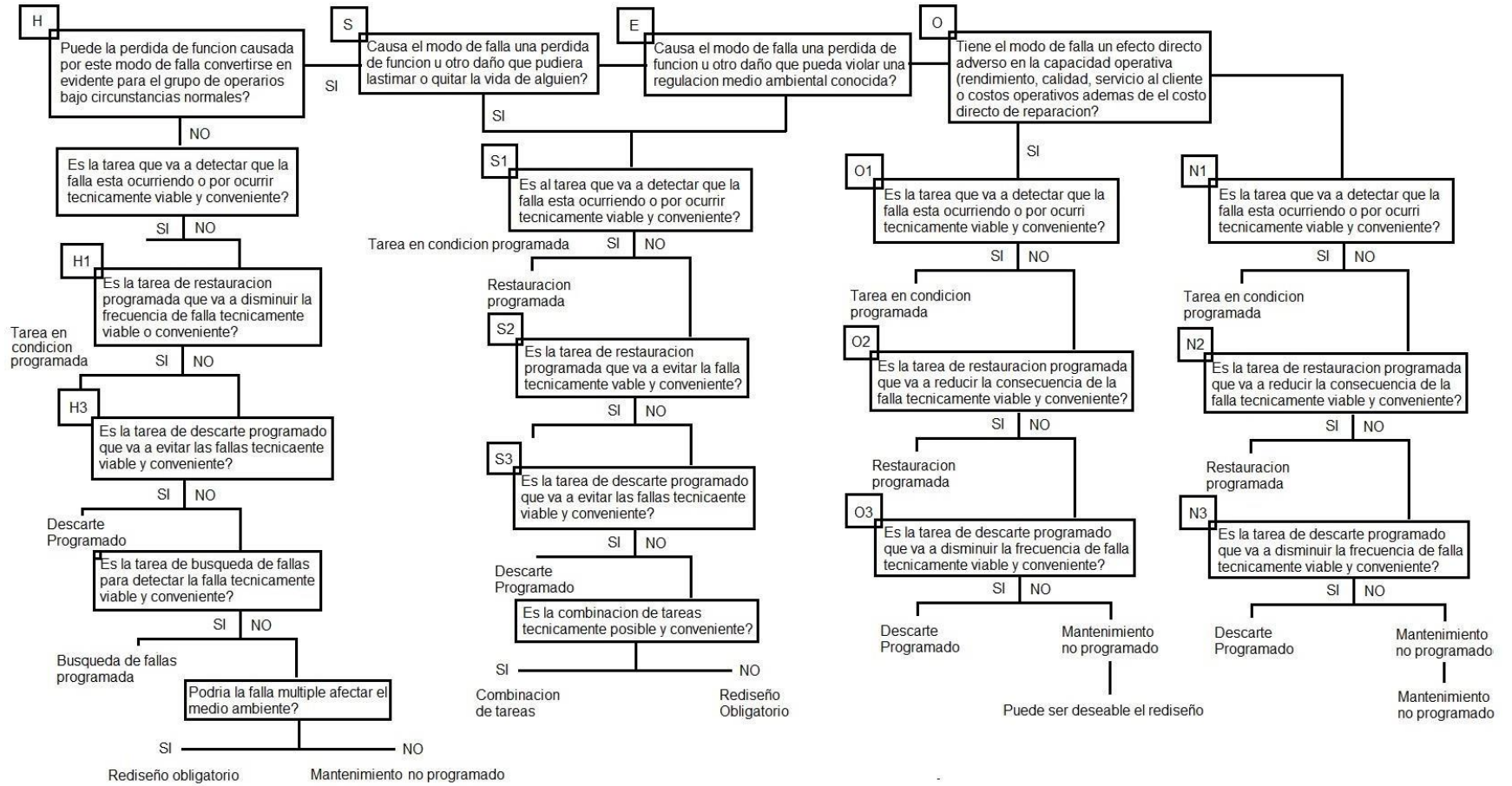
Entre las tareas de mantenimiento según RCM se pueden ejecutar:

- Proactivo: Basado en los principios de solidaridad, iniciativa del operador, concientización, trabajo en equipo, en el que involucran directa e indirectamente las problemática del mantenimiento.
- Predictivas: Consiste en establecer, en primer lugar, un histórico de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente.
- Cualquier técnica de mantenimiento que ayude a buscar fallas ocultas, rediseños y que brinden la posibilidad de establecer un Plan de Mantenimiento que nos ayude en la aplicación de estos métodos de la forma más simple y posible en el que se plasma un listado de actividades del mantenimiento, una frecuencia de ejecución y una fecha estimada en la programación.

---

<sup>10</sup> ZAMBRANO, S. Leal, S. Fundamentobásicos de mantenimiento. FEUNET (2005).

Figura 10. Diagrama de decisión del proceso de RCM

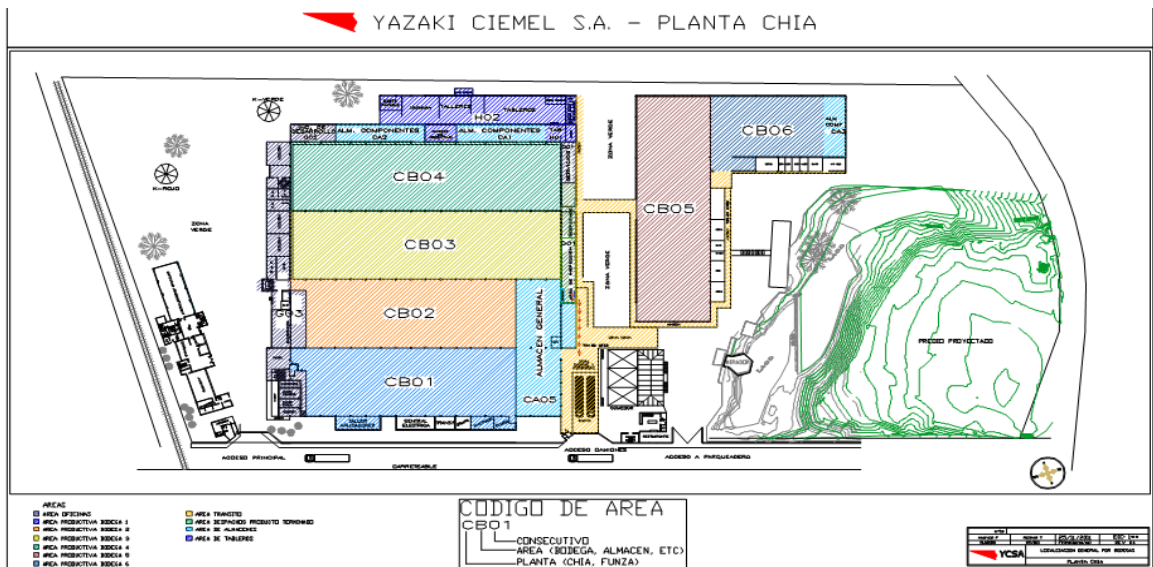


Fuente: MOUBRAY, Jhon. Reliability-Centered Maintenance RCM II

### 3 TAXONOMÍA LÍNEA H79

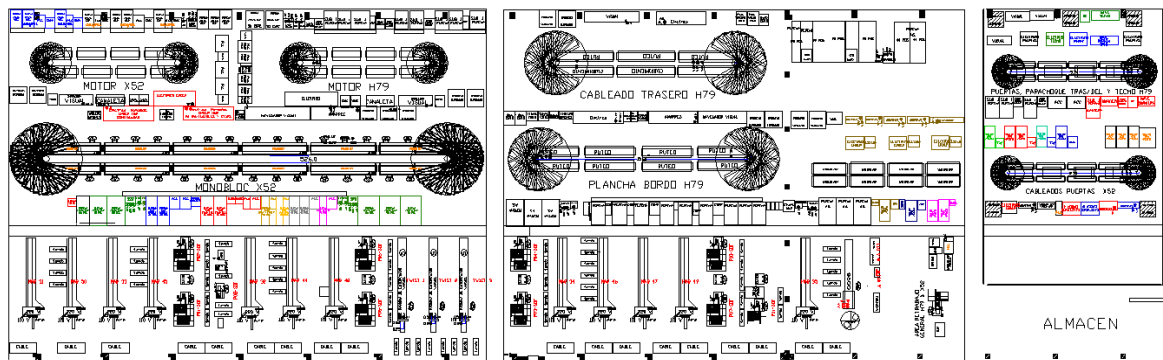
La planta de Yazaki Ciemel en Chía se divide en 6 bodegas como se muestra en la siguiente figura:

Figura 11. Layout planta chia YAZAKI CIEMEL S.A



Fuente: Departamento del NYS YAZAKI CIEMEL S.A

Figura 12. Layout Bodega Sofasa modelos H79, X52 planta chia YAZAKI CIEMEL S.A



Fuente: Departamento del NYS YAZAKI CIEMEL S.A

Cada bodega está dividida por marcas como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 10. División de la Planta Yazaki- Ciemel

BODEGA	MARCAS	LINEAS	PROCESO
CB01	AYMESA KIA ECUADOR	CERATO	PREPRODUCCIÓN
		SPORTAGE SL	
	AUTOS GM COLOMBIA-ECUADOR	M300 (SPARK GT)	
		M300 MCM (BEAT)	
		SPARK	
	CAMIONETAS GM ECUADOR	AVEO	
		J3 (GRAN VITARA)	
RT95 (NEW VITARA)			
CB02	AYMESA KIA ECUADOR	CERATO	SUBENSAMBLE Y ENSAMBLE
		SPORTAGE SL	
	AUTOS GM COLOMBIA-ECUADOR	M300	
		M300 MCM	
		SPARK	
	CAMIONETAS GM ECUADOR	AVEO	
		J3	
RT95			
CB03	SOFASA	H-79 (DUSTER)	COMPLETO
		X-52 (SANDERO-LOGAN)	
CB04	GM COLOMBIA	SGM308 (SAIL)	COMPLETO
	KYMCO	1BVH	
		2MDH	
	HONDA	B39H	
		BF2H	
	HERO	BK3H	
		1EDH	
YAMAHA(INCOLMOTOS)	2CDH		
		2DUH	
CB05	GENERAL MOTORS COLOMBIA	F700P	COMPLETO
		N700	
CB06	HINO	LV-150	COMPLETO
		Y230	
		SERIES 300	
		SERIES 500	
		MATROMOL	
		RN Y RK	

Fuente: Autores

Actualmente la taxonomía de los equipos que posee la línea H79 es clasificada por cada proceso de producción hasta obtener el producto final; toda la línea tiene 3 procesos; preproducción, subensamble y ensamble; estos 3 procesos tienen 7 subprocesos comenzando por corte y grafado, grafado manual, entorchado, soldadura, termoencogido, cubrimiento de cinta y armado clasificando los 39 equipos así:

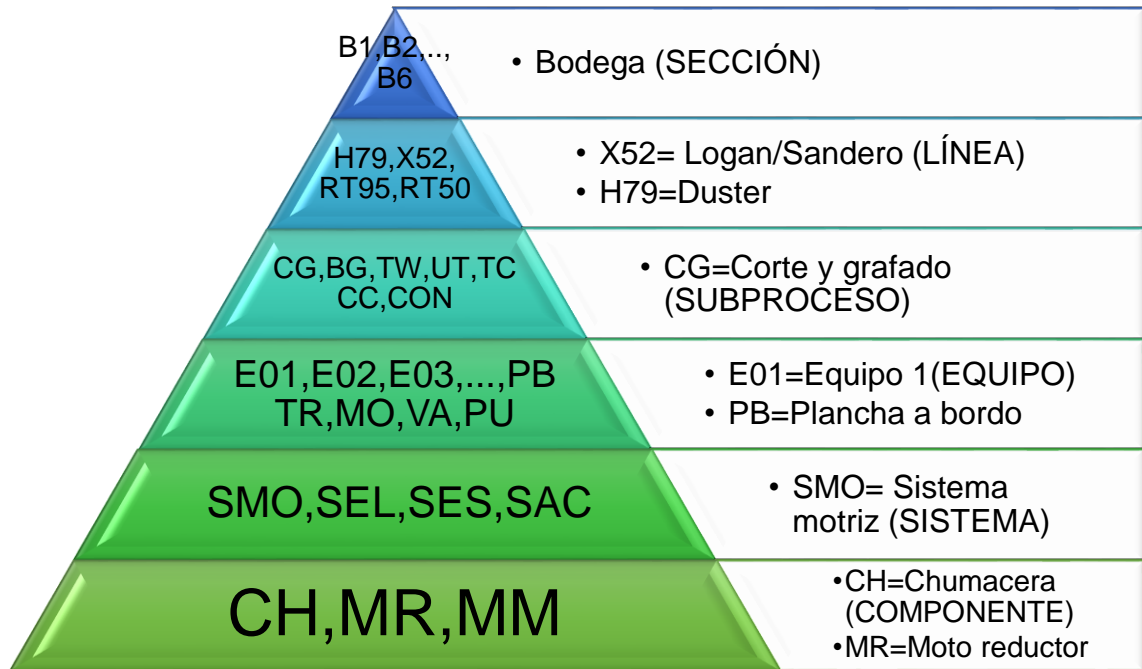
Tabla 11. Árbol de equipos actual de Yazaki-Ciemel

PREPRODUCCIÓN					
CORTE Y GRAFADO		BANCO DE GRAFADO		MÁQUINA TWIST	
REFERENCIA	TAXONOMÍA	REFERENCIA	TAXONOMÍA	REFERENCIA	TAXONOMÍA
AC81	M48-B03	CM20	BP01-B03	BT88	TWIST1 SOF-B03
	M50-B03		BP02-B03		TWIST2 SOF-B03
	M49-B03		BP03-B03		TWIST3 SOF-B03
	M47-B03		BP04-B03		
	M46-B03		BP05-B03		
	M45-B03		BP06-B03		
	M44-B03		BP07-B03		
	M35-B03		BP08-B03		
	M34-B03	CM30	BP09-B03		
	M33-B03				
	M32-B03				
	M31-B03				
SUBENSAMBLE					
MÁQUINA SOLDADORA POR ULTRASONIDO		MÁQUINA TERMOENCOGIDO		MÁQUINA DE CUBRIMIENTO DE CINTA	
REFERENCIA	TAXONOMÍA	REFERENCIA	TAXONOMÍA	REFERENCIA	TAXONOMÍA
RAPTOR 2	ULTRA1-B03	EVO500	TERMO1-B03	GCT1	CINTA1-B03
	ULTRA2-B03		TERMO2-B03		CINTA2-B03
	ULTRA3-B03		TERMO3-B03		CINTA3-B03
	ULTRA4-B03		CINTA4-B03		
ENSAMBLE					
CONVEYORS					
REFERENCIA	TAXONOMÍA				
CONVEYOR	PBH79-B03				
	TRASEROH79-B03				
	MOTORH79-B03				
	VARIOSH79-B03				
	PUERTASH79-B03				

Fuente: Autores

Teniendo como referencia la norma ISO 14224 de taxonomía de equipos, se propone el siguiente árbol de equipos:

Figura 13. Arbol de equipos propuesto



Fuente: Autores

Dando como resultado la siguiente clasificación de los equipos en la tabla 12.

Tabla 12. Clasificación taxonómica propuesta

PREPRODUCCIÓN					
REFERENCIA	TAX. ANTIGUA	TAX. NUEVA	REFERENCIA	TAX. ANTIGUA	TAX. NUEVA
CORTE Y GRAFADO			BANCO DE GRAFADO		
AC81	M48-B03	B3-H79-CG-E01	CM20	BP01-B03	B3-H79-BG-E01
	M50-B03	B3-H79-CG-E02		BP02-B03	B3-H79-BG-E02
	M49-B03	B3-H79-CG-E03		BP03-B03	B3-H79-BG-E03
	M47-B03	B3-H79-CG-E04		BP04-B03	B3-H79-BG-E04
	M46-B03	B3-H79-CG-E05		BP05-B03	B3-H79-BG-E05
	M45-B03	B3-H79-CG-E06		BP06-B03	B3-H79-BG-E06
	M44-B03	B3-H79-CG-E07		BP07-B03	B3-H79-BG-E07
	M35-B03	B3-H79-CG-E08		BP08-B03	B3-H79-BG-E08
	M34-B03	B3-H79-CG-E09	CM30	BP09-B03	B3-H79-BG-E09
	M33-B03	B3-H79-CG-E10	MAQUINA TWIST		
	M32-B03	B3-H79-CG-E11	BT88	TWIST1 SOF-B03	B3-H79-TW-E01
	M31-B03	B3-H79-CG-E12		TWIST2 SOF-B03	B3-H79-TW-E02
		TWIST3 SOF-B03		B3-H79-TW-E03	
SUBENSAMBLE					
REFERENCIA	TAX. ANTIGUA	TAX. NUEVA	REFERENCIA	TAX. ANTIGUA	TAX. NUEVA
MÁQUINA SOLDADORA POR ULTRASONIDO			MAQUINA DE CUBRIMIENTO DE CINTA		
RAPTOR 2	ULTRA1-B03	B3-H79-UT-E01	GCT1	CINTA1-B03	B3-H79-CC-E01
	ULTRA2-B03	B3-H79-UT-E02		CINTA2-B03	B3-H79-CC-E02
	ULTRA3-B03	B3-H79-UT-E03		CINTA3-B03	B3-H79-CC-E03
	ULTRA4-B03	B3-H79-UT-E04		CINTA4-B03	B3-H79-CC-E04
MÁQUINA TERMOENCOGIDO					
EVO500	TERMO1-B03	B3-H79-TC-E01			
	TERMO2-B03	B3-H79-TC-E02			
	TERMO3-B03	B3-H79-TC-E03			
ENSAMBLE					
CONVEYORS					
REFERENCIA	TAX. ANTIGUA		TAX. NUEVA		
CONVEYOR	PBH79-B03		B3-H79-CON-PB		
	TRASEROH79-B03		B3-H79-CON-TR		
	MOTORH79-B03		B3-H79-CON-MO		
	VARIOSH79-B03		B3-H79-CON-VA		
	PUERTASH79-B03		B3-H79-CON-PU		

Fuente: Autores

## **4 RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS**

### **4.1 PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL**

El plan de mantenimiento actual de YAZAKI-CIEMEL S.A tiene un modelo de mantenimiento preventivo basado en las especificaciones y recomendaciones de los manuales de equipos.

Se tiene diseñado un formato de inspección de rutina donde se establecen las actividades de mantenimiento dependiendo del tipo de mantenimiento que se va a realizar relacionando el equipo, las actividades correspondientes, los repuestos requeridos para el mantenimiento, responsables de la actividad, supervisor y autorización respectiva.

El tipo de mantenimiento está establecido por un cronograma de mantenimiento mostrado en la figura siguiente:


Tabla 13. Plan de mantenimiento preventivo

EQUIPOS		NUMERO	DESCRIPCION	ACTIVO FIJO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
CONVEYOR PLANCHA BORDO	1	TRANSPORTADOR CON 6 CARROS DE 4,20 MTS	<u>000971</u>						
CONVEYOR CABLEADO TRASERO	2	TRANSPORTADOR CON 6 CARROS DE 4,20 MTS	-						
CONVEYOR CABLEADO MOTOR	3	TRANSPORTADOR CON 6 CARROS DE 3,60 MTS	<u>000834</u>						
CONVEYOR CABLEADO PARACHOQUES	4	TRANSPORTADOR CON 10 CARROS DE 2,05 MTS	<u>001157</u>						
CONVEYOR CABLEADO PUERTAS	5	TRANSPORTADOR DE 8 CARROS DE 2,05 MTS	<u>000972</u>						
MAQUINA GROMET ELECTRICA PLANCHA BORDO	6	HUGO TECHNIK D- 31675 (EXPANDER 4/100	<u>000957</u>						
CONVEYOR MOTORES PISO AVEO	7	TRANSPORTADOR CON 8 CARROS DE 2,40 MTS, Y 2 DE 3,60 MTS	<u>000809</u>						
CONVEYOR CABINA - PISOS FRONTAL M300	8	TRANSPORTADOR CON 8 CARROS DE 3,60 MTS Y 4 DE 2,60 MTS	<u>001056</u>						
CONVEYOR MOTOR RT50	9	TRANSPORTADOR CON 9 CARROS DE 4,20 MTS	<u>001076</u>						
CONVEYOR PRODUCCION MEZCLADA RT50	10	TRANSPORTADOR CON 10 CARROS DE 3 MTS	<u>001075</u>						
CONVEYOR PRODUCCION MEZCLADA GRAN VITARA -JIII	11	TRANSPORTADOR CON 5 CARROS DE 4,80 MTS Y 3 DE 3,60 MTS	<u>000573</u>						
CONVEYOR PRINCIPAL MOTORES SPORTAGE	12	TRANSPORTADOR CON 3 CARROS DE 4,80 MTS Y 3 DE 4,20 MTS	<u>002049</u>						
CONVEYOR PISOS FRONTAL SGM308	13	TRANSPORTADOR CON 7 CARROS DE 4,80 MTS	<u>000478</u>						
CONVEYOR CABINAS-MOTOR SGM308	14	TRANSPORTADOR CON 12 CARROS DE 3MTS	<u>000737</u>						
CONVEYOR INCOLMOTOS	15	TRANSPORTADOR CON 18 CARROS DE DE 1.80 MTS	<u>000910</u>						
CONVEYOR KYNCO-HERO	16	TRANSPORTADOR CON 8 CARROS DE 2,05 MTS Y 2 DE 1,80 MTS	<u>000891</u>						
CONVEYOR SGM 308 PUERTAS	17	TRANSPORTADOR CON 9 CARROS DE 1,60 MTS	<u>001197</u>						

Fuente: Departamento de mantenimiento Yazaki-Ciemel

La orden de trabajo con la que se cuenta actualmente en la empresa es la siguiente:

Figura 14. Orden de trabajo

		AA-ME-xx-F-080		<b>ORDEN DE TRABAJO OM - 2013</b>		Fecha de Revisión 14/10/2017 Nivel de Revisión 001	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>							
S. EXTERNO: X		F. OT: 05/02/2018 02:00:00 p.m.		Prioridad: Alta		SERVICIO: Preventivo	
S. TALLER:		Yazaki Ciemel S.A		AREA: MÁQUINAS AUTOMATICAS			
DIRECCION:		AUTO NORTE KM 21 CHIA		CIUDAD: CHIA			
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>							
EQUIPO:		[M003624][AC81F SELLOS]		MARCA: YAZAKI			
MODELO:		AC81F SELLOS		ACTIVO: M003624			
UBICACION:		M27 BODEGA 1					
<b>MOTIVO DEL SERVICIO</b>							
AC81 NIVEL II							
<b>TECNICOS ASIGNADOS</b>							
Nombre: Rover Daza		Fecha: 05/02/2018		H inicio: 02:00:00 p.m.			
<b>TRABAJOS REALIZADOS</b>							
H. Inicio	H. Fin	Fecha	Reporte	Trabajos			
02:00:00 p.m.	02:23:00 p.m.	05/febrero/2018	2090	SE REALIZO LIMPIEZA Y SE LE CAMBIARON LAS GOMAS DE LAS PINZAS DE TRANSPORTE Y LAS DEL PLACEMENT Y SE LE REALIZO PRUEBAS QUEDANDO FUNCIONANDO EN PERFECTO ESTADO.			
<b>RECOMENDACIONES</b>							
<b>OBSERVACIONES</b>							
<b>PLANEACION DE OT</b>							
	Descripcion			Ref.	Ejec		
<b>Actividades</b>							
1	Seguir instructivo de seguridad LOTO				X		
2	AC81-90 Verificar sistema neumático				X		
3	AC81-90 Verificar sistema eléctrico				X		
4	AC81-90 Calibracion sensor CFM				X		
5	AC81-90 Verificar sensor de tensión de cable o carga				X		
6	AC81-90 Verificar rodillos enderezadores				X		
7	AC81-90 Verificar rodillos sensor unión de cable				X		
8	AC81 8. Verificar sistema de alimentación de cable AC81				X		
9	AC81-90 Verificar torre de corte y despunte				X		
10	AC81 5. Verificar pinza de desforre B(Placement)				X		
11	AC81 4. Verificar pinzas de transporte				X		
12	AC81 3. Verificar pinza transporte prensa B				X		
13	AC81-90 Verificar sistema de producto defectuoso				X		
14	AC81-90 Verificar unidades de sello				X		
15	AC81-90 Verificar banda transportadora				X		
16	AC81 7. Verificar brazo revolvente pinza desforre A				X		
<b>TOTAL</b>							
H. Inicio	H. Fin	Fecha	Nº de Reporte	Firma Técnico	Firma Coordinador		
02:00:00 p.m.	02:23:00 p.m.	05/febrero/2018	2090				

Fuente: Yazaki- Ciemel

Las hojas de vida de los equipos actualmente carecen de información importante como la ficha técnica y el histórico de repuestos cambiados, en la siguiente figura se evidencian estas falencias.

Figura 15. Hoja de vida de los equipos

AA-ME-xx-F-083		HOJA DE VIDA DEL EQUIPO		Fecha de Revisión 14/10/2017 Nivel de Revisión 001	
<b>Descripción:</b> [M010153][RAPTOR II] <b>Activo:</b> M010153 <b>Negocio:</b> Yazaki Ciemel S.A <b>Nit:</b> 832000402-6 <b>Teléfono:</b> 5188510 <b>Dirección:</b> AUTO NORTE KM 21 CHIA <b>Ciudad:</b> CHIA <b>Horómetro:</b> 0 <b>Ult. Lectura:</b> 14/03/2018					
FICHA TÉCNICA					
SERVICIOS PRESTADOS					
OT	Fecha	Servicio	Técnico	Estado	Tipo Servicio
OM-2092	03/01/2018	STAPLA NIVEL II	Dicxon Vargas	Cerrada	Preventivo
OM-2909		STAPLA NIVEL II		Aprobada	Preventivo
				TOTAL	
REPUESTOS CAMBIADOS					
Referencia	Nombre	Cantidad	OT	Fecha	Valor
				TOTAL	\$
MOVIMIENTO DE EQUIPOS					
Origen		Destino		Fecha Movimiento	N Dias
VISITAS PROGRAMADAS					
Fecha	Actividad	Fecha	Actividad		
03/01/2018	STAPLA NIVEL II	14/03/2018	STAPLA NIVEL II		
22/05/2018	STAPLA NIVEL II	28/07/2018	STAPLA NIVEL II		
11/10/2018	STAPLA NIVEL II	25/12/2018	STAPLA NIVEL II		

Fuente: Yazaki- Ciemel

## 4.2 HISTÓRICO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE MAQUINARIA.

En este capítulo se tienen en cuenta los históricos de mantenimiento de la maquinaria con datos de enero del 2017 a diciembre de 2017.

**4.2.1 Máquina Cortadora Grafadora AC81G.** Cuadro general de históricos de mantenimiento de las máquinas automáticas de corte. YAZAKI CIEMEL S.A en la siguiente tabla.

Tabla 14. Histórico de mantenimiento general cortadora grafadora AC81G YAZAKI CIEMEL S.A

TOTAL, HRS	EQUIPO	No. DE FALLAS	OBSERVACIONES
27,33	M35-B03	1	UNIDAD DE INSERCIÓN
5,27	M35-B03	17	BOCA-CAMPANA
5,07	M35-B03	13	ASPEREZA
4,60	M35-B03	5	CUCHILLAS DE DESFORRE
4,48	M35-B03	3	SENSOR CFM
3,98	M35-B03	1	VARIACIÓN DE PASO
3,96	M35-B03	1	SENSOR DE DESPUNTE
3,74	M35-B03	5	ENREDO DE TERMINAL
3,50	M35-B03	3	HERRAMIENTA DESGASTA
3,33	M35-B03	4	PARÁMETROS
2,36	M35-B03	1	TERMINAL TORCIDA
1,49	M35-B03	3	BRAZO REVOLVENTE
1,11	M35-B03	3	NO ALIMENTA
1,10	M35-B03	1	SERVOMOTORES
1,10	M35-B03	1	TERMINAL INCLINADA
1,03	M35-B03	14	PASO
1,02	M35-B03	4	FILAMENTOS POR FUERA
1,02	M35-B03	5	RODILLOS ENDEREZADOR
1,01	M35-B03	2	FALLA ELÉCTRICA
0,70	M35-B03	9	CAMBIO DE PORTA CUCHILLAS
0,46	M35-B03	7	BOQUILLAS
0,39	M35-B03	4	FALLA DE SOFTWARE
0,27	M35-B03	3	FALLA NEUMÁTICA
0,26	M35-B03	3	PORTA CUCHILLAS

0,17	M35-B03	2	GUÍAS DE MONTAJE DEL
------	---------	---	----------------------

Fuente: YAZAKI CIEMEL S.A

Con los datos tomados de la tabla anterior se realiza un Pareto de actividades de mantenimiento correctivo asociado a un sistema y se relaciona el tiempo de parada de la máquinas para el mantenimiento correctivo para compararlo con el tiempo promedio que trabajo la máquina en la siguiente tabla.

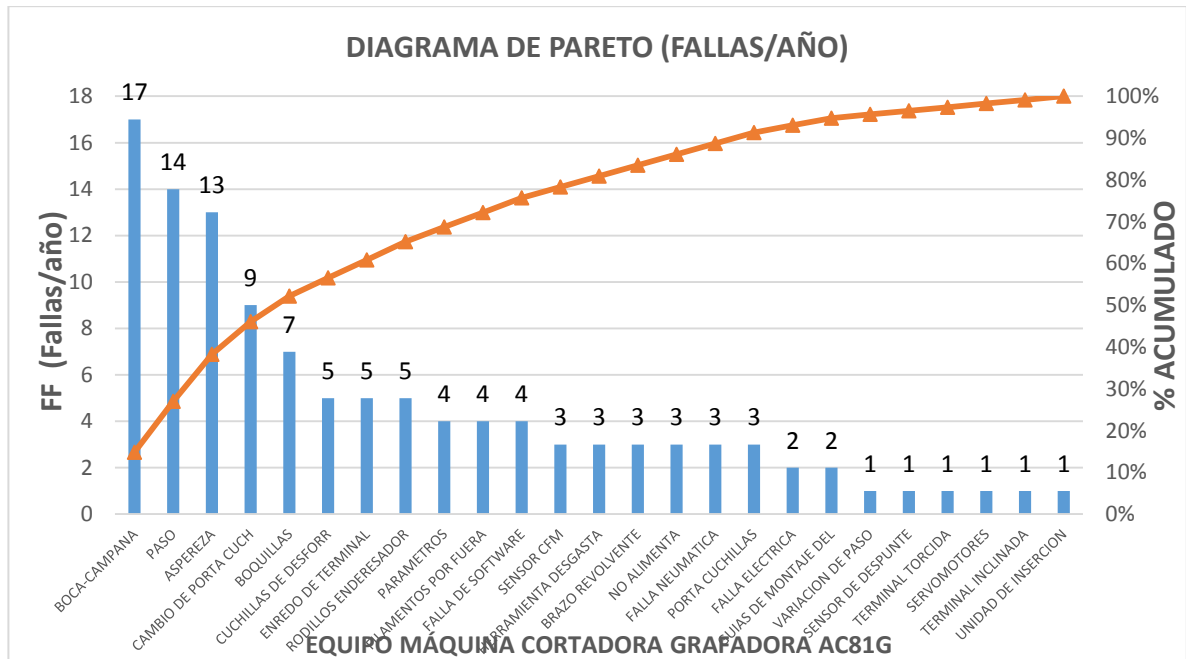
Tabla 15. Análisis Pareto de actividades correctivas máquina automática cortadora grafadora AC81G

FALLA	TOTAL, TIEMPO MUERTO POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO(HRS)	FF (Fallas/AÑO)	% TOTAL	% ACUMULADO
BOCA-CAMPANA	5,27	17	14,78%	15%
PASO	1,03	14	12,17%	27%
ASPEREZA	5,07	13	11,30%	38%
CAMBIO DE PORTA CUCHILLAS	0,70	9	7,83%	46%
BOQUILLAS	0,46	7	6,09%	52%
CUCHILLAS DE DESFORRE	4,60	5	4,35%	57%
ENREDO DE TERMINAL	3,74	5	4,35%	61%
RODILLOS ENDEREZADOR	1,02	5	4,35%	65%
PARÁMETROS	3,33	4	3,48%	69%
FILAMENTOS POR FUERA	1,02	4	3,48%	72%
FALLA DE SOFTWARE	0,39	4	3,48%	76%
SENSOR CFM	4,48	3	2,61%	78%
HERRAMIENTA DESGASTADA	3,50	3	2,61%	81%
BRAZO REVOLVENTE	1,49	3	2,61%	83%
NO ALIMENTA	1,11	3	2,61%	86%
FALLA NEUMÁTICA	0,27	3	2,61%	89%
PORTA CUCHILLAS	0,26	3	2,61%	91%
FALLA ELÉCTRICA	1,01	2	1,74%	93%
GUÍAS DE MONTAJE DELANTERO	0,17	2	1,74%	95%
VARIACIÓN DE PASO	3,98	1	0,87%	96%
SENSOR DE DESPUNTE	3,96	1	0,87%	97%
TERMINAL TORCIDA	2,36	1	0,87%	97%
SERVOMOTORES	1,10	1	0,87%	98%
TERMINAL INCLINADA	1,10	1	0,87%	99%

UNIDAD DE INSERCIÓN	27,33	1	0,87%	100%
TOTAL	78,75	115	100%	

Fuente: Autores

Figura 16. Diagrama de Pareto máquina cortadora grafadora AC81G



Fuente: Autores

De acuerdo a la tabla 15 se detectó que las fallas más representativas por confiabilidad son el 14,78% bocacampana y el 12,17% paso.

Con esta información se realizará el cálculo de pérdida operativa en horas de mantenimiento correctivo comparado con las horas promedio que trabajan todos los equipos en el periodo de 1 año que son 4288 horas por máquina en la siguiente tabla.

Tabla 16. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo maquina cortadora grafadora AC81G

DESCRIPCION	TIEMPO (horas)
Tiempo operativo maquina cortadora grafadora AC81G	4288
Tiempo muerto por mantenimiento correctivo	78,75
Porcentaje de tiempo muerto	1,83%

Fuente: Autores

El tiempo muerto por mantenimiento correctivo es un valor importante para la organización ya que 78,75 horas equivalen a 9,84 turnos de trabajo de un equipo en operación, si trabaja 8 horas diarias que es un valor estimado de trabajo se tiene la necesidad de buscar métodos de mitigación o reducción para evitar paradas de línea en el área de ensamble.

Para los análisis de cada uno de los equipos no se tiene en cuenta el mantenimiento planeado ya que se realiza cuando el equipo se encuentra en stand by por lo tanto no afecta la operación.

**4.2.2 Máquina Prensa De Grafado CM20.** Cuadro general de históricos de mantenimiento de prensa de grafado CM20 de YAZAKI CIEMEL S.A en la siguiente tabla.

Tabla 17. Histórico de mantenimiento general prensa de grafado CM20 YAZAKI CIEMEL S.A

TOTAL HRS	EQUIPO	No. DE FALLAS	OBSERVACIONES
3,50	BANCO CM20	3	DAÑO DE CORREA
5,05	BANCO CM20	1	DAÑO DE ENGRANAJE
2,22	BANCO CM20	1	DAÑO DE RODAMIENTO ENGRANAJE
3,66	BANCO CM20	4	DAÑO DE PLATINA DE SUJECION

3,16	BANCO CM20	6	DAÑO EN SENSOR DE CARGA
4,19	BANCO CM20	2	DAÑO RODAMIENTO BOLANTE

Fuente: YAZAKI CIEMEL S.A

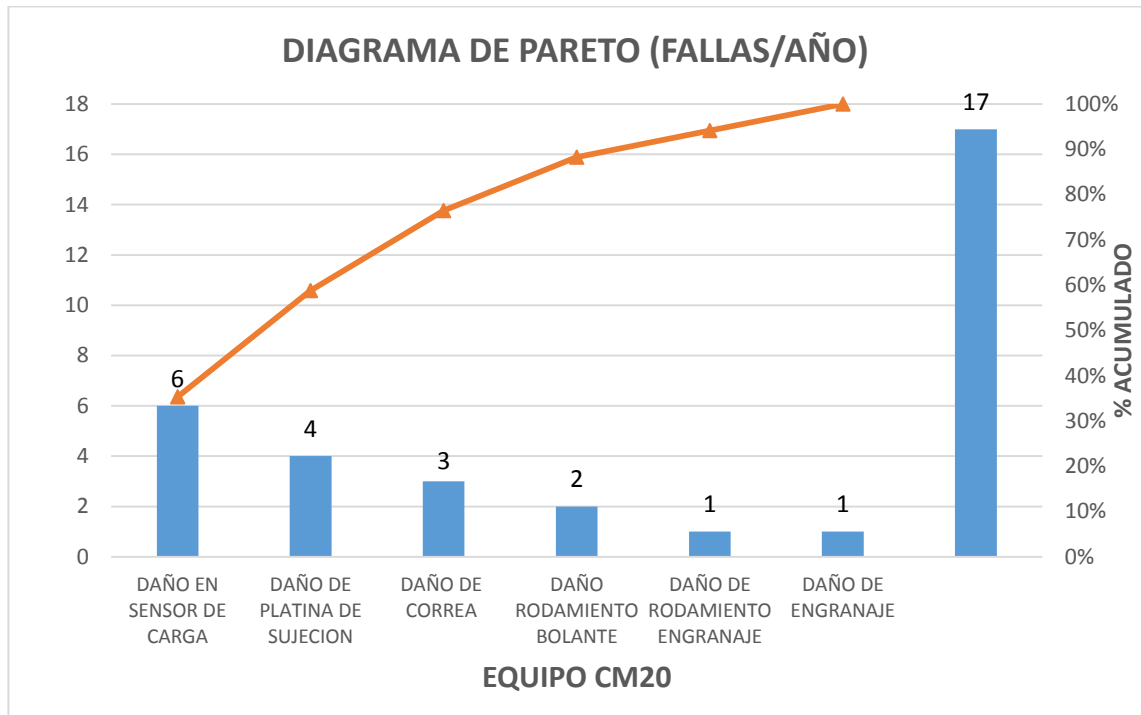
Con los datos tomados de la tabla anterior se realiza un Pareto de actividades de mantenimiento correctivo asociado a un sistema y se relaciona el tiempo de parada de la maquinas para el mantenimiento correctivo para compararlo con el tiempo promedio que trabajo la máquina en la siguiente tabla.

Tabla 18. Análisis Pareto de actividades correctivas prensa de grafado CM20

FALLA	TOTAL TIEMPO MUERTO POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO(HRS)	FF (Fallas/AÑO)	% TOTAL FF	% ACUMULADO
DAÑO EN SENSOR DE CARGA	3,16	6	35,29%	35%
DAÑO DE PLATINA DE SUJECION	3,66	4	23,53%	59%
DAÑO DE CORREA	3,50	3	17,65%	76%
DAÑO RODAMIENTO BOLANTE	4,19	2	11,76%	88%
DAÑO DE RODAMIENTO ENGRANAJE	2,22	1	5,88%	94%
DAÑO DE ENGRANAJE	5,05	1	5,88%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>21,78</b>	<b>17</b>	<b>100,00 %</b>	

Fuente: Autores

Figura 17. Diagrama de Pareto prensa de grafado CM20



Fuente: Autores

De acuerdo a la tabla 17 se detectó que las fallas más representativas por confiabilidad son el 35,29% daño en sensor de carga y el 23,53% daño en platina de sujeción.

Tabla 19. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo de prensa de grafado CM20

DESCRIPCION	TIEMPO (horas)
Tiempo operativo prensa de grafado CM20	4288
Tiempo muerto por mantenimiento correctivo	21,78
Porcentaje de tiempo muerto	0,5%

Fuente: Autores

El tiempo muerto por mantenimiento correctivo es un valor importante para la organización ya que 21,78 horas equivalen a 2.7 turnos de trabajo de un equipo en operación.

**4.2.3 Máquina Prensa De Grafado CM30.** Cuadro general de históricos de mantenimiento de prensa de grafado CM30 de YAZAKI CIEMEL S.A en la siguiente tabla.

Tabla 19. Histórico de mantenimiento general prensa de grafado CM30 YAZAKI CIEMEL S.A

TOTAL HRS	EQUIPO	No. DE FALLAS	OBSERVACIONES
1,00	BANCO CM30	2	DAÑO EN PIN ENGRANAJE
2,98	BANCO CM30	5	DAÑO EN SENSOR DE CARGA
4,69	BANCO CM30	11	DAÑO EN CURVA CFM PARAMETROS
3,10	BANCO CM30	1	DAÑO EN FIBRA OPTICA SENSOR DE CARGA
19,33	BANCO CM30	1	DAÑO DE CORREA BOLANTE
1,85	BANCO CM30	2	DESAJUSTE EN CUBIERTA DE SEGURIDAD

Fuente: YAZAKI CIEMEL S.A

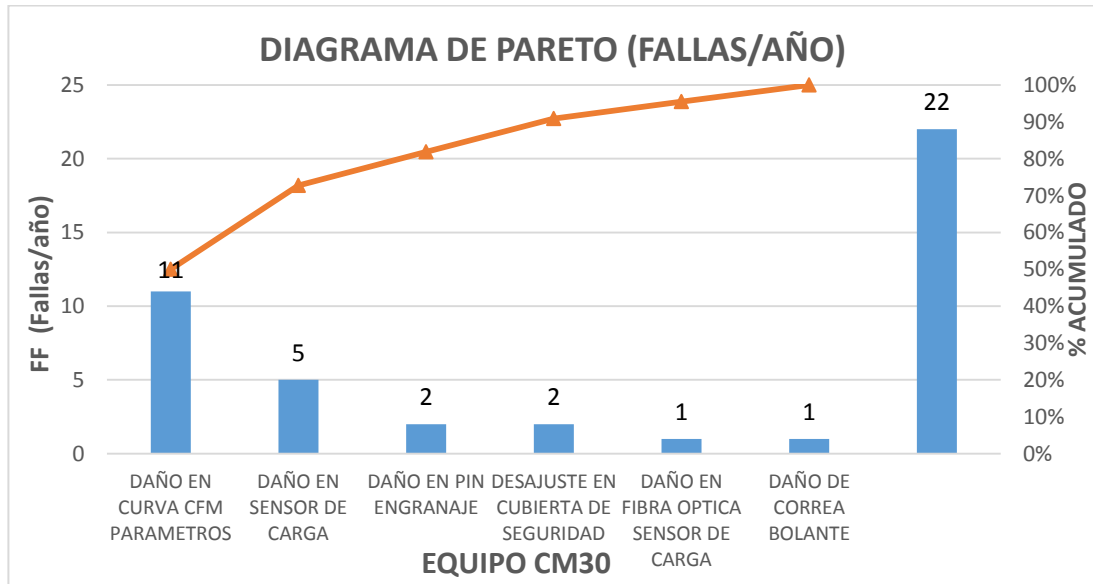
Con los datos tomados de la tabla anterior se realiza un Pareto de actividades de mantenimiento correctivo asociado a un sistema y se relaciona el tiempo de parada de la máquinas para el mantenimiento correctivo para compararlo con el tiempo promedio que trabajó la máquina en la siguiente tabla.

Tabla 20. Análisis Pareto de actividades correctivas prensa de grafado CM30

FALLA	TOTAL TIEMPO MUERTO POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO(HRS)	FF (Fallas/AÑO)	% TOTAL	% ACUMULADO
DAÑO EN CURVA CFM PARAMETROS	4,69	11	50,00%	50%
DAÑO EN SENSOR DE CARGA	2,98	5	22,73%	73%
DAÑO EN PIN ENGRANAJE	1,00	2	9,09%	82%
DESAJUSTE EN CUBIERTA DE SEGURIDAD	1,85	2	9,09%	91%
DAÑO EN FIBRA OPTICA SENSOR DE CARGA	3,10	1	4,55%	95%
DAÑO DE CORREA VOLANTE	19,33	1	4,55%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>32,94</b>	<b>22</b>	<b>100,00%</b>	

Fuente: Autores

Figura 18. Diagrama de Pareto prensa de grafado CM30



Fuente: Autores

De acuerdo a la tabla 20 se detectó que las fallas más representativas por

confiabilidad son el 50% daño en curva CFM (Monitor de fuerza de crimpado) parametros y el 22,73% daño en sensor de carga.

Tabla 21. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo de prensa de grafado CM30

DESCRIPCION	TIEMPO (horas)
Tiempo operativo prensa de grafado CM30	4288
Tiempo muerto por mantenimiento correctivo	32,94
Porcentaje de tiempo muerto	0.76%

Fuente: Autores

El tiempo muerto por mantenimiento correctivo es un valor importante para la organización ya que 32,94 horas equivale 4,11 turnos de trabajo de un equipo en operación.

**4.2.4 Maquina Entorchadora de TWIST BT-188.** Cuadro general de históricos de mantenimiento entorchadora de Twist BT-188 de YAZAKI CIEMEL S.A en la siguiente tabla.

Tabla 22. Histórico de mantenimiento general entorchadora de twist BT-188 YAZAKI CIEMEL S.A

TOTAL HRS	EQUIPO	No. DE FALLAS	OBSERVACIONES
3,18	MÁQUINA DE TWIST	6	DAÑO EN MORDAZA DE SUJECIÓN A
1,00	MÁQUINA DE TWIST	1	DAÑO DE ELECTROVÁLVULA
2,74	MÁQUINA DE TWIST	2	DAÑO DE MANÓMETRO PRENSA B
7,31	MÁQUINA DE TWIST	1	DAÑO EN TARJETA OMI
0,75	MÁQUINA DE TWIST	12	CALIBRACIÓN PARÁMETROS DEL PASO DEL TWIST
2,00	MÁQUINA DE TWIST	5	DAÑO EN MORDAZA DE SUJECIÓN B
41,22	MÁQUINA DE TWIST	3	DAÑO EN TREN DE ARRASTRE
15,19	MÁQUINA DE TWIST	1	DAÑO DE PISTÓN NEUMÁTICO TREN DE ARRASTRE

1,74	MÁQUINA DE TWIST	1	DAÑO DEL VASO DE LA UNIDAD NEUMÁTICA
16,49	MÁQUINA DE TWIST	2	FUGA DE AIRE EN PISTÓN NEUMÁTICO

Fuente: YAZAKI CIEMEL S.A

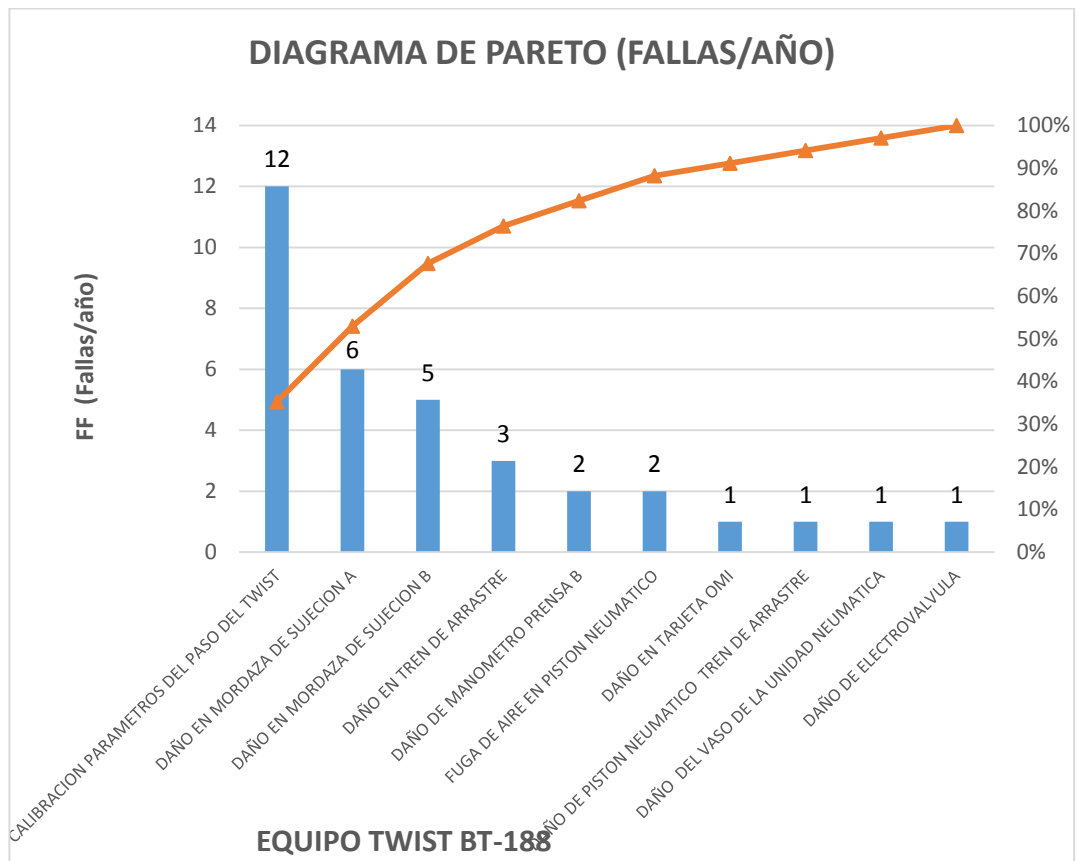
Con los datos tomados de la tabla anterior se realiza un Pareto de actividades de mantenimiento correctivo asociado a un sistema y se relaciona el tiempo de parada de la máquinas para el mantenimiento correctivo para compararlo con el tiempo promedio que trabajo la maquina en la siguiente tabla.

Tabla 23. Análisis Pareto de actividades correctivas entorchadora de twist BT-188

FALLA	TOTAL TIEMPO MUERTO POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO(HRS)	FF (Fallas/AÑO)	% TOTAL	% ACUMULADO
CALIBRACION PARAMETROS DEL PASO DEL TWIST	0,75	12	35,29%	35%
DAÑO EN MORDAZA DE SUJECION A	3,18	6	17,65%	53%
DAÑO EN MORDAZA DE SUJECION B	2,00	5	14,71%	68%
DAÑO EN TREN DE ARRASTRE	41,22	3	8,82%	76%
DAÑO DE MANOMETRO PRENSA B	2,74	2	5,88%	82%
FUGA DE AIRE EN PISTON NEUMATICO	16,49	2	5,88%	88%
DAÑO EN TARJETA OMI	7,31	1	2,94%	91%
DAÑO DE PISTON NEUMATICO TREN DE ARRASTRE	15,19	1	2,94%	94%
DAÑO DEL VASO DE LA UNIDAD NEUMATICA	1,74	1	2,94%	97%
DAÑO DE ELECTROVALVULA	1,00	1	2,94%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>91,62</b>	<b>34</b>	<b>100,00 %</b>	

Fuente: Autores

Figura 19. Diagrama de Pareto entorchadora twist TB-188



Fuente: Autores

De acuerdo a la tabla 23 se detectó que las fallas más representativas por confiabilidad son el 35,29% calibración de parámetros del paso del twist y el 17,65% daño en mordaza de sujecion A.

Tabla 24. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo máquina de twist BT-188

DESCRIPCIÓN	TIEMPO (horas)
Tiempo operativo Twist BT-188	4288
Tiempo muerto por mantenimiento correctivo	91,62
Porcentaje de tiempo muerto	2.1%

Fuente: Autores

El tiempo muerto por mantenimiento correctivo es un valor importante para la organización ya que 91,62 horas equivale 11,45 turnos de trabajo de un equipo en operación.

**4.2.5 Máquina Ultrasonido Stapla RAPTOR II.** Cuadro general de históricos de mantenimiento maquinas ultrasonido Stapla raptor II de YAZAKI CIEMEL S.A en la siguiente tabla.

Tabla 25. Histórico de mantenimiento general maquina ultrasonido Stapla Raptor II YAZAKI CIEMEL

TOTAL HRS	EQUIPO	No. DE FALLAS	OBSERVACIONES
17,45	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	21	PROGRAMACION EN MAQUINA
10,27	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	2	DAÑO EN INSERTO
26,61	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	6	DESGASTE DE ANVIL VERTICAL Y HORIZONTAL
11,21	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	1	DAÑO EN FUENTE DE 3V
5,56	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	1	DAÑO EN SENSOR DE ALTURA
161,33	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	1	DAÑO EN CUERNO DE HONDA
49,67	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	37	FILAMENTOS SUELTOS NO SE REALIZA EL BONDER EN SU TOTALIDAD
15,58	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	4	DAÑO DE SONOTRODO
8,49	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	2	DAÑO EN TARJETA PROGRAMACION
13,61	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	12	DAÑO EN TARJETA PROGRAMACION PARAMETROS
16,33	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	1	DAÑO DE FIBRA OPTICA SENSOR DE ALTURA
10,27	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	2	DAÑO EN YUNQUE VERTICAL

TOTAL HRS	EQUIPO	No. DE FALLAS	OBSERVACIONES
2,39	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	2	DAÑO EN YUNQUE HORIZONTAL
11,09	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	3	DAÑO DE TRASDUCTOR
10,39	MAQUINA ULTRASONIDO PDB	1	DAÑO EN FUENTE DE 5 VOLTIOS

Fuente: YAZAKI CIEMEL S.A

Con los datos tomados de la tabla anterior se realiza un Pareto de actividades de mantenimiento correctivo asociado a un sistema y se relaciona el tiempo de parada de la maquinas para el mantenimiento correctivo para compararlo con el tiempo promedio que trabajo la maquina en la siguiente tabla.

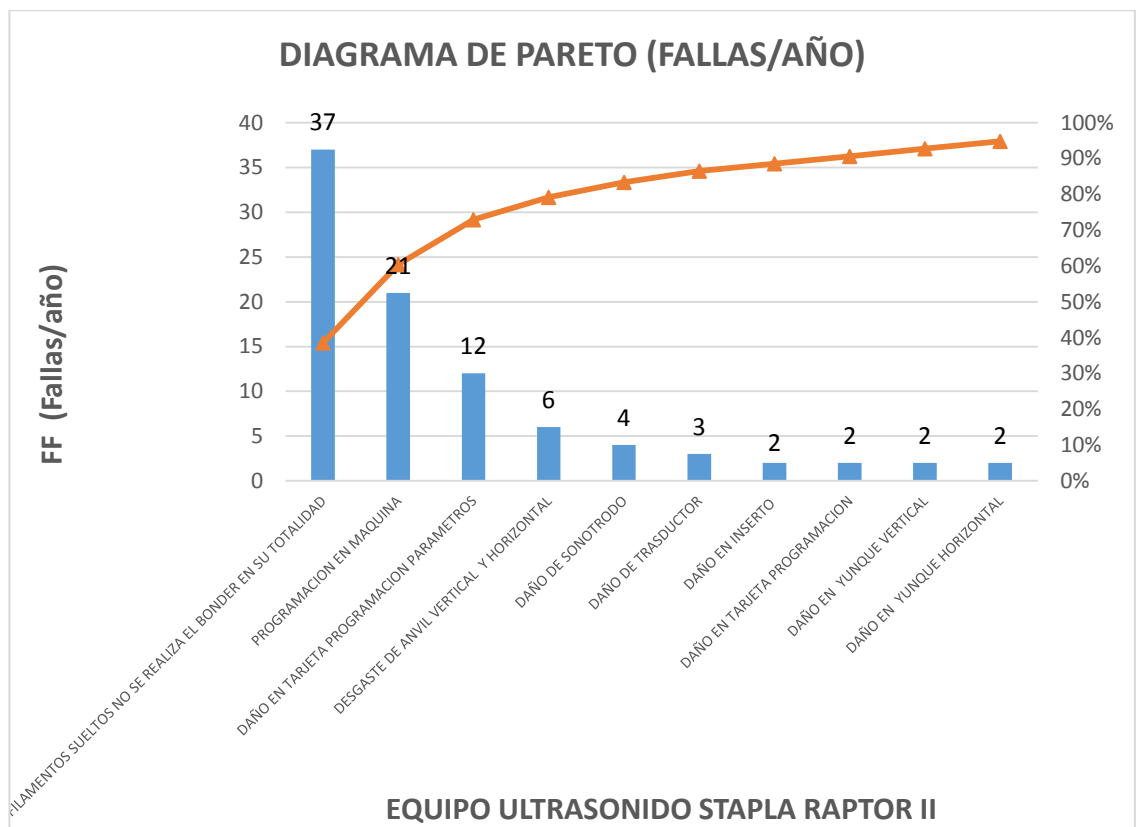
Tabla 26. Análisis Pareto de actividades correctivas maquina de ultrasonido Stapla Raptor II

FALLA	TOTAL TIEMPO MUERTO POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO(HRS)	FF (Fallas/AÑO)	% TOTAL	% ACUMULADO
FILAMENTOS SUELTOS NO SE REALIZA EL BONDER EN SU TOTALIDAD	49,67	37	38,54%	39%
PROGRAMACION EN MAQUINA	17,45	21	21,88%	60%
DAÑO EN TARJETA PROGRAMACION PARAMETROS	13,61	12	12,50%	73%
DESGASTE DE ANVIL VERTICAL Y HORIZONTAL	26,61	6	6,25%	79%
DAÑO DE SONOTRODO	15,58	4	4,17%	83%
DAÑO DE TRASDUCTOR	11,09	3	3,13%	86%
DAÑO EN INSERTO	10,27	2	2,08%	89%
DAÑO EN TARJETA PROGRAMACION	8,49	2	2,08%	91%
DAÑO EN YUNQUE VERTICAL	10,27	2	2,08%	93%
DAÑO EN YUNQUE HORIZONTAL	2,39	2	2,08%	95%
DAÑO EN FUENTE DE 3V	11,21	1	1,04%	96%

FALLA	TOTAL TIEMPO MUERTO POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO(HRS)	FF (Fallas/AÑO)	% TOTAL	% ACUMULADO
DAÑO EN SENSOR DE ALTURA	5,56	1	1,04%	97%
DAÑO EN CUERNO DE HONDA	161,33	1	1,04%	98%
DAÑO DE FIBRA OPTICA SENSOR DE ALTURA	16,33	1	1,04%	99%
DAÑO EN FUENTE DE 5 VOLTIOS	10,39	1	1,04%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>370,23</b>	<b>96</b>	<b>100,00%</b>	

Fuente: Autores

Figura 20. Diagrama de Pareto máquina ultrasonido Stapla Raptor II



Fuente: Autores

De acuerdo a la tabla 26 se detectó que las fallas más representativas por confiabilidad son el 38,54% filamentos sueltos no se realiza el bonder en su totalidad y el 21,88% programación en máquina.

Tabla 27. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo maquina ultrasonido Stapla Raptor II

DESCRIPCIÓN	TIEMPO (horas)
Tiempo operativo ultrasonido Stapla Raptor II	4288
Tiempo muerto por mantenimiento correctivo	370,23
Porcentaje de tiempo muerto	8.6%

Fuente: Autores

El tiempo muerto por mantenimiento correctivo es un valor importante para la organización ya que 370,23 horas equivale 46,27 turnos de trabajo de un equipo en operación.

**4.2.6 Máquina Termoencogido STCS-CT.** Cuadro general de históricos de mantenimiento maquina termoencogido STCS-CT de YAZAKI CIEMEL S.A en la siguiente tabla.

Tabla 28. Histórico de mantenimiento general maquina termoencogido STCS-CT YAZAKI CIEMEL

TOTAL HRS	EQUIPO	No. DE FALLAS	OBSERVACIONES
21,94	MÁQUINA EVO STCS-CT	5	DAÑO EN APERTURA DEL HORNO CALEFACTOR
11,21	MÁQUINA EVO STCS-CT	2	DAÑO DE TERMOCUPLA CALEFACTOR A
62,43	MÁQUINA EVO STCS-CT	15	CALEFACTOR NO DA LA TEMPERATURA
15,19	MÁQUINA EVO STCS-CT	17	FALLA EN PROGRAMACIÓN DE SECUENCIA TARJETA

14,35	MÁQUINA EVO STCS-CT	5	DAÑO DE RESISTENCIA
22,12	MÁQUINA EVO STCS-CT	16	ERROR DE CALIBRACIÓN DE TEMPERATURA 500°C NO ALCANZA LA TEMPERATURA
37,17	MÁQUINA EVO STCS-CT	1	DAÑO ELEMENTO CALEFACTOR
11,44	MÁQUINA EVO STCS-CT	3	DAÑO TERMOCUPLA CALEFACTOR B
29,21	MÁQUINA EVO STCS-CT	11	FALLA EN TIEMPO DE COCCIÓN

Fuente: YAZAKI CIEMEL S.A

Con los datos tomados de la tabla anterior se realiza un Pareto de actividades de mantenimiento correctivo asociado a un sistema y se relaciona el tiempo de parada de la máquinas para el mantenimiento correctivo para compararlo con el tiempo promedio que trabajo la máquina en la siguiente tabla.

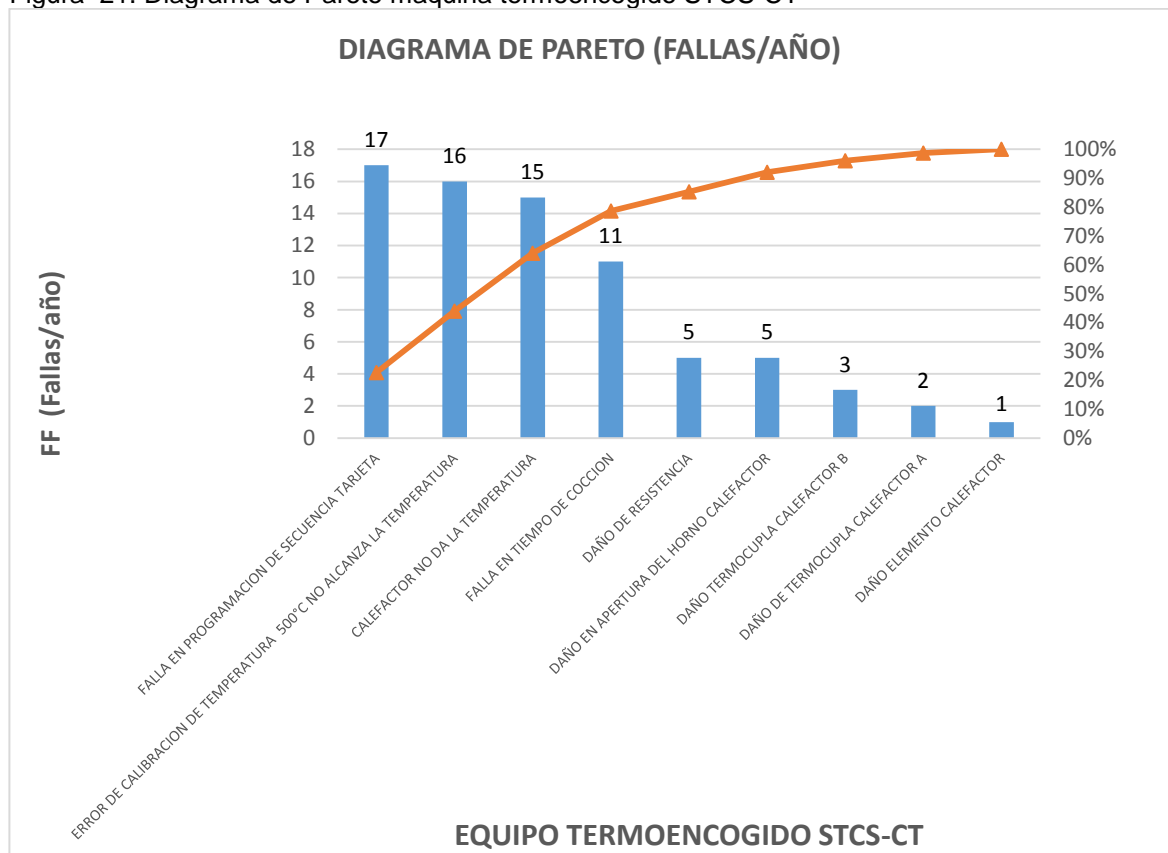
Tabla 29. Análisis Pareto de actividades correctivas máquina termoencogido STCS-CT

FALLA	TOTAL TIEMPO MUERTO POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO(HRS)	FF (Fallas/AÑO)	% TOTAL	% ACUMULADO
FALLA EN PROGRAMACION DE SECUENCIA TARJETA	15,19	17	22,67%	23%
ERROR DE CALIBRACION DE TEMPERATURA 500°C NO ALCANZA LA TEMPERATURA	22,12	16	21,33%	44%
CALEFACTOR NO DA LA TEMPERATURA	62,43	15	20,00%	64%
FALLA EN TIEMPO DE COCCION	29,21	11	14,67%	79%
DAÑO DE RESISTENCIA	14,35	5	6,67%	85%
DAÑO EN APERTURA DEL HORNO CALEFACTOR	21,94	5	6,67%	92%
DAÑO TERMOCUPLA CALEFACTOR B	11,44	3	4,00%	96%

DAÑO DE TERMOCUPLA CALEFACTOR A	11,21	2	2,67%	99%
DAÑO ELEMENTO CALEFACTOR	37,17	1	1,33%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>225,06</b>	<b>75</b>	<b>100,00%</b>	

Fuente: Autores

Figura 21. Diagrama de Pareto maquina termoencogido STCS-CT



Fuente: Autores

De acuerdo a la tabla 29 se detectó que las fallas más representativas por confiabilidad son el 22,67% falla en programación de secuencia tarjeta y el 21,33% error de calibración de temperatura 500°C no alcanza la temperatura.

Tabla 30. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo máquina termoencogido STCS-CT

DESCRIPCIÓN	TIEMPO (horas)
Tiempo operativo Termoencogido STCS-CT	4288
Tiempo muerto por mantenimiento correctivo	225,06
Porcentaje de tiempo muerto	5.24%

Fuente: Autores

El tiempo muerto por mantenimiento correctivo es un valor importante para la organización ya que 225,06 horas equivale 28,13 turnos de trabajo de un equipo en operación.

**4.2.7 Máquina Cubrimiento GCT1.** Cuadro general de históricos de mantenimiento maquina cubrimiento GCT1 de YAZAKI CIEMEL S.A en la siguiente tabla.

Tabla 31. Histórico de mantenimiento general maquina cubrimiento GCT1 YAZAKI CIEMEL S.A

TOTAL HRS	EQUIPO	No. DE FALLAS	OBSERVACIONES
24,55	MÁQUINA DE CUBRIMIENTO	6	DAÑO EN CUCHILLA DE CORTE SUPERIOR
6,31	MÁQUINA DE CUBRIMIENTO	5	DAÑO EN CUCHILLA DE CORTE INFERIOR
1,15	MÁQUINA DE CUBRIMIENTO	2	ROTURA DE PIN RODILLO
10,00	MÁQUINA DE CUBRIMIENTO	1	ROTURA DE PIÑON ENGRANAJE DEL CEPILLO
5,10	MÁQUINA DE CUBRIMIENTO	1	ROTURA DE RESORTE DE PRESION GUIA

Fuente: YAZAKI CIEMEL S.A

Con los datos tomados de la tabla anterior se realiza un Pareto de actividades de

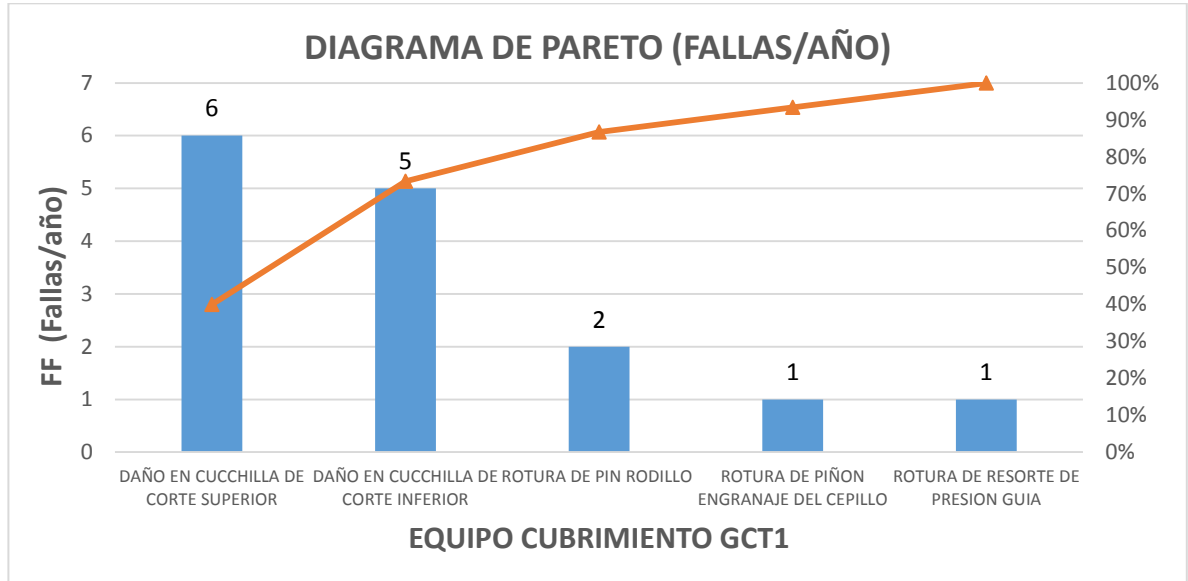
mantenimiento correctivo asociado a un sistema y se relaciona el tiempo de parada de la máquinas para el mantenimiento correctivo para compararlo con el tiempo promedio que trabajo la máquina en la siguiente tabla.

Tabla 32. Análisis Pareto de actividades correctivas maquina cubrimiento GCT1

FALLA	TOTAL TIEMPO MUERTO POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO(HRS)	FF (Fallas/AÑO)	% TOTAL	% ACUMULADO
DAÑO EN CUCCHILLA DE CORTE SUPERIOR	24,55	6	40,00%	40%
DAÑO EN CUCCHILLA DE CORTE INFERIOR	6,31	5	33,33%	73%
ROTURA DE PIN RODILLO	1,15	2	13,33%	87%
ROTURA DE PIÑON ENGRANAJE DEL CEPILLO	10,00	1	6,67%	93%
ROTURA DE RESORTE DE PRESION GUIA	5,10	1	6,67%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>47,11</b>	<b>15</b>	<b>100,00%</b>	

Fuente: Autores

Figura 22. Diagrama de Pareto maquina cubrimiento GCT1



Fuente: Autores

De acuerdo a la tabla 32 se detectó que las fallas más representativas son el 40,00% daño en cuchilla de corte superior y el 33,33% daño en cuchilla de corte inferior.

Tabla 32. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo máquina cubrimiento GCT1

DESCRIPCIÓN	TIEMPO (horas)
Tiempo operativo maquina de cubrimiento GCT1	4288
Tiempo muerto por mantenimiento correctivo	47,11
Porcentaje de tiempo muerto	1.09%

Fuente: Autores

El tiempo muerto por mantenimiento correctivo es un valor importante para la organización ya que 47,11 horas equivale 5,88 turnos de trabajo de un equipo en

operación.

**4.2.8 Máquina Conveyor PDB.** Cuadro general de históricos de mantenimiento maquina conveyor PDB de YAZAKI CIEMEL S.A en la siguiente tabla.

Tabla 33. Histórico de mantenimiento general maquina conveyor PDB YAZAKI CIEMEL S.A

TOTAL HRS	EQUIPO	No. DE FALLAS	OBSERVACIONES
117,19	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	6	DAÑO EN CADENA
9,14	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	1	FUGA DE ACEITE EN MOTO-REDUCTOR
19,14	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	1	ROTURA DE CORREA MOTO REDUCTOR
5,85	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	2	DAÑO DE CHUMACERA CENTRO MOTRIZ
11,22	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	1	CONVEYOR NO PRENDE FASE CAIDA
21,76	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	2	DAÑO EN CADENA ROTURA PASADOR
9,11	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	1	FALTA DE CUÑA POLEA MOTOR
20,45	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	3	DAÑO CENTRO MOTRIZ
9,00	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	12	DESPROGRAMACION DEL MICRO MASTER
4,00	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	7	ROTURA PASADOR DE LA CADENA
27,21	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	7	DAÑO CENTRO MOTRIZ
4,66	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	1	DAÑO POLEA MOTO REDUCTOR
2,90	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	2	DAÑO ESTRUCTURA DE CARRO 5 SOLDADURA DEFECTUOSAS
12,39	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	9	DAÑO EN CANALETA CARRO9
2,88	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	1	DAÑO EN ESTRUCTURA CARRO 11
12,39	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	4	DAÑO EN CANALETA CADENA
17,96	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	14	DAÑO DE TORNILLO PASANTE CADENA
45,58	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	3	DAÑO DE ESLABON CADENA
48,98	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	5	DAÑO EN BUJES CADENA
34,93	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	2	FALLA POR SISTEMA ELECTRICO
6,09	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	2	DAÑO POR FATIGA PASADOR CADENA
5,22	CONVEYOR PLANCHA A BORDO	1	DAÑO EN CHUMACERA CARRO 4

Fuente: YAZAKI CIEMEL S.A

Con los datos tomados de la tabla anterior se realiza un Pareto de actividades de mantenimiento correctivo asociado a un sistema y se relaciona el tiempo de parada

de la máquinas para el mantenimiento correctivo para compararlo con el tiempo promedio que trabajo la maquina en la siguiente tabla.

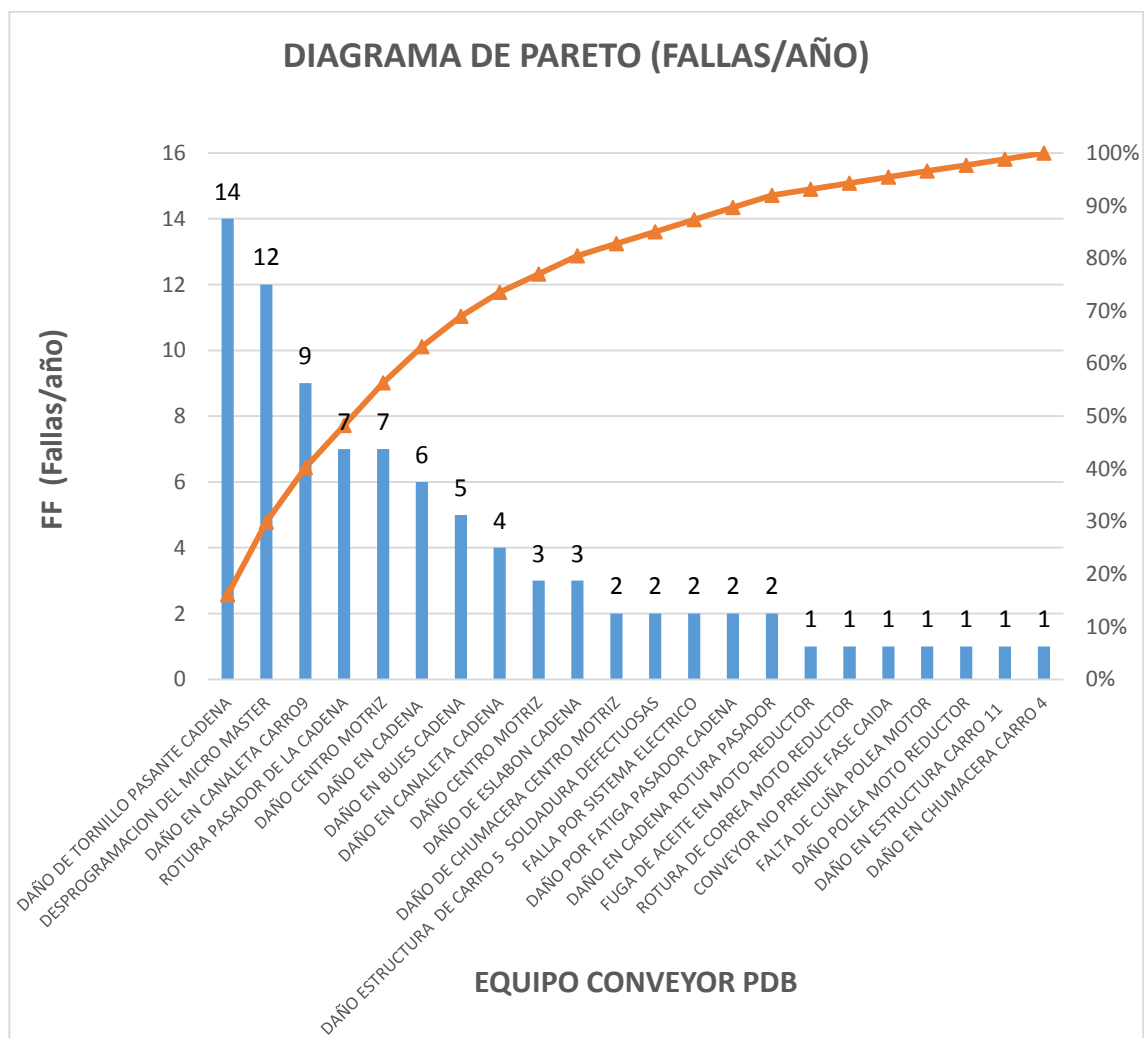
Tabla 34. Análisis Pareto de actividades correctivas maquina conveyor PDB

FALLA	TIEMPO TOTAL MUERTO POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO(HRS)	FF (Fallas/AÑO)	% TOTAL	% ACUMULADO
DAÑO DE TORNILLO PASANTE CADENA	17,96	14	16,09%	16%
DESPROGRAMACION DEL MICRO MASTER	9,00	12	13,79%	30%
DAÑO EN CANALETA CARRO9	12,39	9	10,34%	40%
ROTURA PASADOR DE LA CADENA	4,00	7	8,05%	48%
DAÑO CENTRO MOTRIZ	27,21	7	8,05%	56%
DAÑO EN CADENA	117,19	6	6,90%	63%
DAÑO EN BUJES CADENA	48,98	5	5,75%	69%
DAÑO EN CANALETA CADENA	12,39	4	4,60%	74%
DAÑO CENTRO MOTRIZ	20,45	3	3,45%	77%
DAÑO DE ESLABON CADENA	45,58	3	3,45%	80%
DAÑO DE CHUMACERA CENTRO MOTRIZ	5,85	2	2,30%	83%
DAÑO ESTRUCTURA DE CARRO 5 SOLDADURA DEFECTUOSAS	2,90	2	2,30%	85%
FALLA POR SISTEMA ELECTRICO	34,93	2	2,30%	87%
DAÑO POR FATIGA PASADOR CADENA	6,09	2	2,30%	90%
DAÑO EN CADENA ROTURA PASADOR	21,76	2	2,30%	92%
FUGA DE ACEITE EN MOTO-REDUCTOR	9,14	1	1,15%	93%
ROTURA DE CORREA MOTO REDUCTOR	19,14	1	1,15%	94%
CONVEYOR NO PRENDE FASE CAIDA	11,22	1	1,15%	95%
FALTA DE CUÑA POLEA MOTOR	9,11	1	1,15%	97%
DAÑO POLEA MOTO REDUCTOR	4,66	1	1,15%	98%
DAÑO EN ESTRUCTURA CARRO 11	2,88	1	1,15%	99%

FALLA	TIEMPO TOTAL MUERTO POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO(HRS)	FF (Fallas/AÑO)	% TOTAL	% ACUMULADO
DAÑO EN CHUMACERA CARRO 4	5,22	1	1,15%	100%
TOTAL	448,05	87	100,00%	

Fuente: Autores

Figura 23. Diagrama de Pareto máquina conveyer PDB



Fuente: Autores

De acuerdo a la tabla anterior se detectó que las fallas más representativas son el 16,09% daño en tornillo pasante cadena y el 13,79% desprogramación del micro master.

Tabla 35. Porcentaje de tiempo muerto por mantenimiento correctivo máquina conveyer PDB

<b>DESCRIPCION</b>	<b>TIEMPO (horas)</b>
Tiempo operativo conveyer PDB	4288
Tiempo muerto por mantenimiento correctivo	448,05
Porcentaje de tiempo muerto	10.44%

Fuente: Autores

El tiempo muerto por mantenimiento correctivo es un valor importante para la organización ya que 448,05 horas equivale a 56 turnos de trabajo de un equipo en operación.

## 5 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS

Para el análisis de criticidad se realiza el diseño de un cuadro de criticidad que se ajusta a los parámetros operacionales, económicos, ambientales y de riesgo del personal bajo el que se encuentra Yazaki-Ciemel S.A. teniendo en cuenta la frecuencia de falla y la consecuencia.

Se ponderan los anteriores aspectos según los parámetros mostrados en la tabla 36 y luego es asignada una calificación por el supervisor; a continuación el formato de criticidad de la compañía asigna un valor asociado a factor de prioridad de la compañía y criticidad del equipo, estos valores son determinados así:

***Criticidad: Frecuencia de falla \* (Impacto en planta + TPPR + Imp. Producción + Imp. Costos + Imp. Seguridad + Imp medioambiente)***

***Factor de prioridad de la compañía=Criticidad\*Prioridad de la compañía***

Por último, con base en los anteriores valores se determina el nivel de la criticidad dentro de un término bajo, medio o alto siendo:

**Bajo:** Equipos que están involucrados directamente en la producción, de baja relevancia u obsoletos (De 0 a 19 puntos).

**Medio:** Equipos algo relevantes que, al fallar, no representan un fuerte impacto en la producción y que pueden ser suplidos u homologados por otros. Además, generan un impacto medioambiental muy bajo y no presentan ningún peligro a las personas (De 20 a 39 puntos).

**Alto:** Equipos que al fallar producirían un cierre total de la planta o detención de un proceso en la misma, ocasionando pérdidas económicas, accidentes o impactos o daños al medio ambiente (>40 puntos).

Tabla 36. Parámetros de análisis de criticidad

Aspecto		Frecuencia	Valor promedio	Responsable
FRECUENCIA DE FALLA	Frecuencia promedio del equipo al mes	(entre 1 y 3 veces)	1	Mantenimiento
		(entre 4 y 6 veces)	2	
		(entre 7 y 9 veces)	3	
		(entre 10 y 12 veces)	4	
		(mayor a 12 veces)	5	
PRIORIDAD PARA LA COMPAÑÍA (Ventas)	Necesidad de producción de la compañía basado en ventas.	(Menor prioridad)	1	Dirección Fabrica / Planeación
		(Cuarta prioridad)	2	
		(Tercera prioridad)	3	
		(Segunda prioridad)	4	
		(Principal prioridad)	5	
IMPACTO EN PLANTA	Grado de efecto sobre los procesos de la planta, que tantos procesos afecta.	(Ningún proceso o equipo)	1	Mantenimiento
		(Algunos equipos)	2	
		(Un proceso)	3	
		(Una planta)	4	
		(Todas las plantas)	5	
TPPR (Tiempo promedio de reparación del equipo)	Tiempo promedio que toma reparar un equipo.	(Menor a 1 hora)	1	Mantenimiento
		(Entre 1 y 3 horas)	2	
		(Entre 3 y 6 horas)	3	
		(Entre 6 y 12 horas)	4	
		(Mayor de 12 horas)	5	
IMPACTO A PRODUCCIÓN	Cantidad de producción porcentual que se deja de producir al día por falla.	(No afecta producción)	1	Producción
		(Menor al 25%)	2	
		(Entre 26 y 50%)	3	
		(Entre 51 y 75%)	4	
		(Entre 76 y 100%)	5	
IMPACTO A COSTOS	Costo promedio por falla debido a pérdidas y mantenimiento	(Menor a COP \$500.000)	1	Mantenimiento
		(Entre COP \$500.000 y \$1'000.000)	2	
		(Entre COP\$1'000.000 y \$3'000.000)	3	
		(Entre COP\$3'000.000 y \$5'000.000)	4	
		(Mayor a COP\$5'000.000)	5	
IMPACTO A SEGURIDAD	Posibilidad de causar daño a una persona, tiempo de incapacidad.	(No causa lesión)	1	Recursos Humanos - EHS
		(Lesiones leves)	2	
		(Lesiones con incapacidad corta)	3	
		(Incapacidad permanente)	4	
		(Causal de muerte)	5	
IMPACTO A MEDIO AMBIENTE	Daño al medio ambiente, grado de contaminación o incumplimiento a la norma y/o regulación.	(No hay impacto)	1	Calidad y Medio Ambiente
		(Contaminación baja)	2	
		(Contaminación moderada)	3	
		(Contaminación alta)	4	
		(Alto impacto)	5	

Fuente: Autores



## 6 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTOS MAQUINARIA

### 6.1 MÁQUINA CORTADORA GRAFADORA AC81G

El equipo AC81G es una máquina de procesamiento de cables totalmente automática para cortar, desferrar, aplicar sellos y grafar terminales.

Figura 24. Máquina cortadora grafadora AC81G



Fuente: MED – AC81000G – IN – EN – manual

En la siguiente tabla se relacionan las especificaciones del equipo:

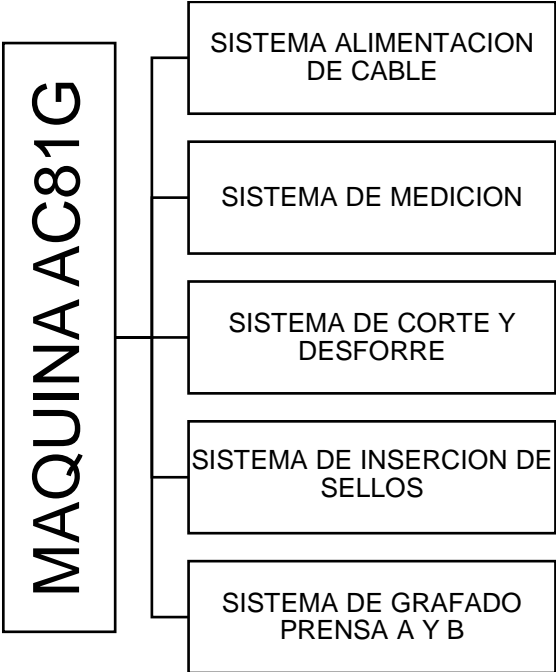
Tabla 38. Especificación Máquina cortadora Grafadora AC81G

<b>ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO</b>	
<b>Modelo</b>	AC81000G
<b>Nombre</b>	Máquina de grafado automático de corte
<b>Cables aplicables</b>	AV, AVS, AVSS, AVX, AVXS, AEX, AESSX, AVSSX, AVSSH, HFSS, HF
<b>Tamaño</b>	2.0 ~ 5.0 (mm <sup>2</sup> )
<b>Longitud</b>	cable de corte: 80 ~ 20000 (mm)
<b>Terminal</b>	Tipo de terminal encadenado de extremo a extremo (opción), Terminal encadenado lado a lado
<b>Espesor de la placa</b>	terminal inferior a 0,8 mm
<b>Longitud de terminal</b>	inferior a 28 mm
<b>Longitud de Desforado</b>	0 - 15 mm
<b>Tiempo de ciclo C. P</b>	mínimo 0,9 segundos
<b>Velocidad de alimentación del alambre</b>	máximo 6000 mm / seg
<b>Capacidad de grafado terminal</b>	24.5 kN
<b>Aplicador aplicable</b>	87, 88, aplicador de tamaño pequeño
<b>Fases de fuente de energía</b>	3, AC200CV10A y AC100V
<b>Dimensión de la máquina</b>	1600 (W) x 1430 (H) x 1300 (D) (mm)
<b>Peso</b>	580 kg
<b>Potencia</b>	600W
<b>Fuente de aire</b>	0.5 ~ 0.7 MPa (5 ~ 7kgf / cm <sup>2</sup> ) 27.5NL / min
<b>Temperatura del ambiente</b>	10 ° C ~ 40 ° C
<b>Soporte de carrete</b>	estándar, lado A y B
<b>MEDIO AMBIENTE PARA LA INSTALACIÓN</b>	
<b>Instale la máquina en el entorno especificado.</b>	
<b>Fuente de energía: 3 fases, AC200V ± 20V 50Hz / 60Hz 10A AC100V 3A.</b>	
<b>Fuente de aire: 0.5 ~ 0.7MPa (5 ~ 7kgf / cm<sup>2</sup>) 27.5NL / min.</b>	
<b>Temperatura ambiente: 10 ° C ~ 40 ° C</b>	

Fuente. Manual de operación Máquina cortadora Grafadora AC81000G

Los sistemas que componen la máquina AC81G son descritos en la siguiente figura:

Figura 25. Sistemas Cortadora Grafadora AC81G



Fuente: MED – AC81000G – IN – EN - manual

Tabla 39. AMEF AC81G

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.E.F)												
Ciente	SOFASA					Tipo de Maquina:		Cortadora Grafadora AC81G				
Planta	Chía	YAZAKI CIEMEL S.A.				Sistema: Corte y Grafado		Subsistemas: Sistema alimentación de cable, sistema de medición, sistema de corte y desforre, sistema de medición, sistema de grafado				
		DISEÑO	PROCESO	EQUIPO: X								
Descripción del Equipo	Función del equipo	Modo/s potencial/es de fallo	Efecto potencial de falla	Severidad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Área(s) / persona(s) responsable(s)	
Máquina de Corte y Grafado automático	1.Medir, cortar, desforrar cables y grafar Terminales	1.Falla en sistema de alimentación del cable	Desvió del cable	5	Desgaste de correas, ejes y rodamientos	4	Visual, desgaste con equipo para verificación de desgaste de correas, tensión de correas con equipo para verificación de tensión.	2	40	Verificación Bimestral	Mantenimiento	
		2.Falla en sistema de corte y desforre	Marcación de filamentos, despunte irregular	6	Desgaste de cuchillas, pérdida de parámetros, acumulación de retal en el sistema	2	Inspección visual, verificación de parámetros con galga.	6	72	Verificación Bimestral	Mantenimiento	
		3.Falla en la pinza de desforre del lado B.	Variación de grafado lado B, variación de desforre.	4	Desgaste de gomas en la pinza. Daño de rodamientos. Acumulación de retal.	2	Inspección visual, Verificación trimestral, mantenimiento semestral	2	16	Verificación Bimestral	Mantenimiento	
		4.Falla en la pinza de posicionamiento del cable lado B	Variación de grafado lado B.	4	Acumulación de retal, desgaste del tope	2	Inspección visual, Verificación trimestral, mantenimiento semestral	2	16	Verificación Bimestral	Mantenimiento	
		5.Falla en sistema de medición del cable	Variación de longitud.	7	Acumulación de suciedad en los rodillos de medición	2	Inspección visual, Verificación trimestral, mantenimiento semestral	2	28	Verificación Bimestral	Mantenimiento	
		6.Falla en el sistema de grafado	Variación de alturas de grafado en la terminal	4	Daño o desgaste en engranajes reductores	2	Inspección visual, Verificación trimestral, mantenimiento semestral	3	24	Verificación Bimestral	Mantenimiento	
		7.Falla en la unidad de suministró de sellos	Ausencia de sello	3	Desgaste, cilindros, boquillas, suciedad Variación de dimensión del sello.	6	Visual, Mantenimiento semestral	2	12	Verificación Bimestral	Mantenimiento	
		8.Falla en sistema de inserción de sellos	Sello mal posicionado en el cable	7	Acumulación de suciedad en el sistema, desgaste de guías.	3	Inspección visual, verificación de parámetros con galga. Mantenimiento semestral.	2	42	Verificación Bimestral	Mantenimiento	
		9.Falla de posición del sello. Sello Invertido	Grafado con sello invertido	7	Variación de dimensión del sello, acumulación de suciedad, pérdida de parámetros.	4	Inspección visual, verificación de parámetros con galga. Mantenimiento semestral.	2	56	Verificación Bimestral	Mantenimiento	

Fuente: Autores

## 6.2 MÁQUINA BANCO DE GRAFADO CM20 (2.5 Tn)

Máquina prensa semiautomática para grafar terminales:

La prensa CM20 están diseñadas para utilizarse como unidades de banco semiautomáticas e independientes. Los componentes de montaje están en sistema métrico.

Estas máquinas aceptan una amplia variedad de aplicadores de cambios rápido, con pocos ajustes, por lo que ofrecen una gran selección de terminales para muchas aplicaciones.

Figura 26. Banco de Grafado CM20



Fuente: Autores

En la siguiente tabla se relacionas las especificaciones del equipo:

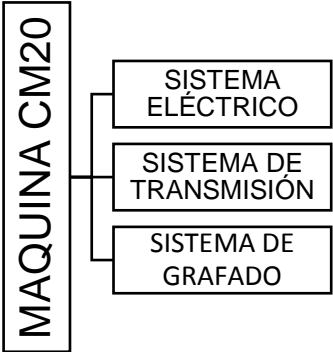
Tabla 40. Especificación Máquina Banco de Grafado CM20

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO	
<b>Modelo</b>	CM20
<b>Nombre</b>	Terminal Cramping Machine
<b>Cables aplicables</b>	AV, AVS, AVSS, AVX, AVXS, AEX, AESSX, AVSSX, AVSSH, HFSS, HF
<b>Tamaño</b>	2.0 ~ 5.0 (mm <sup>2</sup> )
<b>Despunte</b>	3.5 mm -10mm
<b>Terminal</b>	00 02 08
<b>Longitud de terminal</b>	inferior a 28 mm
<b>Tiempo de ciclo C.P</b>	mínimo 0,9 segundos
<b>Capacidad de grafado terminal</b>	2.5 Ton
<b>Aplicador aplicable</b>	87, 88, aplicador de tamaño pequeño
<b>Fases de fuente de energía</b>	1, AC110VCA 5A
<b>Dimensión de la máquina</b>	90 (W) x 110 (H) x 30 (D) (mm)
<b>Peso</b>	180 kg
<b>Potencia</b>	600W
<b>Temperatura del ambiente</b>	10 ° C ~ 40 ° C
<b>Soporte de carrete</b>	estándar, lado A prensa
<b>MEDIO AMBIENTE PARA LA INSTALACIÓN</b>	
<b>Instale la máquina en el entorno especificado.</b>	
<b>Fuente de energía: 1 fase, AC110V 50Hz / 60Hz 5A</b>	
<b>Temperatura ambiente: 10 ° C ~ 40 ° C</b>	

Fuente. Manual de operación Máquina Banco de Grafado CM20

Los sistemas que componen la máquina prensa de grafado CM20:

Figura 27. Sistemas Banco de grafado CM20



Fuente: Manual de operación Máquina Banco de Grafado CM

Tabla 41. AMEF CM20

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.E.F)											
Cliente	SOFASA				Tipo de Máquina:			Máquina Prensa de grafado CM20			
Planta	Chía	YAZAKI CIEMEL S.A.			Sistema: Grafado		Subsistemas: Sistema eléctrico, sistema de transmisión y sistema de grafado				
		DISEÑO	PROCESO	EQUIPO: X							
Descripción del Equipo	Función del equipo	Modo/s potencial/es de fallo	Efecto potencial de falla	Severidad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Area(s) / persona(s) responsable(s)
Máquina de Grafado CM20	1.Grafar terminales con aplicadores tipo 87 y 88	1.Falla en sistema de transmisión	Variación de altura de grafado	2	Desgaste o rotura de correas, ejes y rodamientos	4	Visual, verificación de desgaste de correas, verificación de tensión. Mantenimiento anual	4	32	Verificación semestral	Mantenimiento
		2.Daño en el embrague	No realiza el ciclo de la maquina	2	Rodamiento embrague de tope horquilla desgastada o rota	4	Visual, verificación de desgaste o ruidos	4	32	Verificación semestral	Mantenimiento
		3.Falta de lubricación (grasa)	Variación en altura de grafado	3	Desgaste en las guías de sistema de prensado	2	Visual, revisión de nivel de grasa	4	24	Verificación trimestral	Mantenimiento

Fuente: Autores

### 6.3 MÁQUINA BANCO DE GRAFADO CM30 (5 Tn)

Máquina prensa semiautomática para grafar terminales:

La prensa CM30 están diseñadas para utilizarse como unidades de banco semiautomáticas e independientes. Los componentes de montaje están en sistema métrico.

Estas máquinas aceptan una amplia variedad de aplicadores de cambios rápido, con pocos ajustes, por lo que ofrecen una gran selección de terminales para muchas aplicaciones

Figura 28. Banco de Grafado CM30



Fuente: Autores

En la siguiente tabla se relacionan las especificaciones del equipo:

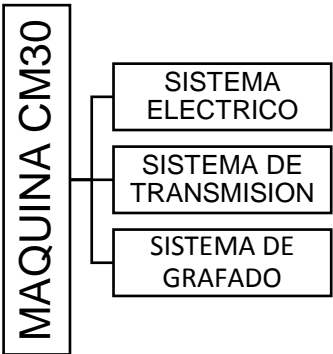
Tabla 42. Especificación Máquina Banco de Grafado CM30

<b>ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO</b>	
<b>Modelo</b>	CM30
<b>Nombre</b>	Terminal Cramping Machine
<b>Cables aplicables</b>	AV, AVS, AVSS, AVX, AVXS, AEX, AESSX, AVSSX, AVSSH, HFSS, HF
<b>Tamaño</b>	5.0 ~ 10 (mm <sup>2</sup> )
<b>Despunte</b>	3.5 mm -10mm
<b>Terminal</b>	00 02 08
<b>Longitud de terminal</b>	inferior a 42 mm
<b>Tiempo de ciclo C. P</b>	mínimo 11 segundos
<b>Capacidad de grafado terminal</b>	5.0 Ton
<b>Aplicador aplicable</b>	Aplicador Tipo Kam
<b>Fases de fuente de energía</b>	1, AC110VCA 5A
<b>Dimensión de la máquina</b>	90 (W) x 110 (H) x 30 (D) (mm)
<b>Peso</b>	220 kg
<b>Potencia</b>	600W
<b>Temperatura del ambiente</b>	10 ° C ~ 40 ° C
<b>Soporte de carrete</b>	estándar, lado A prensa
<b>MEDIO AMBIENTE PARA LA INSTALACIÓN</b>	
<b>Instale la máquina en el entorno especificado.</b>	
<b>Fuente de energía: 1 fase, AC110V 50Hz / 60Hz 5A</b>	
<b>Temperatura ambiente: 10 ° C ~ 40 ° C</b>	

Fuente. Manual de operación Máquina Banco de Grafado CM30

Los sistemas que componen la máquina prensa de grafado CM30:

Figura 29. Sistemas Banco de grafado CM30



Fuente: Manual de operación Maquina Banco de Grafado CM30

Tabla 43. AMEF CM30

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.E.F)											
Cliente	SOFASA				Tipo de Máquina:			Máquina Prensa de grafado CM30			
Planta	Chía	YAZAKI CIEMEL S.A.			Sistema: Grafado		Subsistemas: Sistema eléctrico, sistema de transmisión y sistema de grafado				
		DISEÑO	PROCESO	EQUIPO: X							
Descripción del Equipo	Función del equipo	Modo/s potencial/es de fallo	Efecto potencial de falla	Severidad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Area(s) / persona(s) responsable(s)
Máquina de Grafado CM20	1.Grafar terminales con aplicadores tipo 87 y 88	1.Falla en sistema de transmisión	Variación de altura de grafado	2	Desgaste o rotura de correas, ejes y rodamientos	4	Visual, verificación de desgaste de correas, verificación de tensión. Mantenimiento anual	4	32	Verificación semestral	Mantenimiento
		2.Daño en el embrague	No realiza el ciclo de la maquina	2	Rodamiento embrague de tope horquilla desgastada o rota	4	Visual, verificación de desgaste o ruidos	4	32	Verificación semestral	Mantenimiento
		3.Falta de lubricación (grasa)	Variación en altura de grafado	3	Desgaste en las guías de sistema de prensado	2	Visual, revisión de nivel de grasa	4	24	Verificación trimestral	Mantenimiento

Fuente: Autores

#### 6.4 MÁQUINA ENTORCHADORA DE TWIST BT-188T

La máquina entorchadora BT-188 sirve para entorchar cables con los más diversos procesos de extremos de cable. El manejo es rápido y sencillo a través del OMI (Tarjeta de control donde se realiza toda la programación de del equipo), el cual garantiza un proceso controlado del entorchado y se obtiene una calidad exacta y constante del entochado.

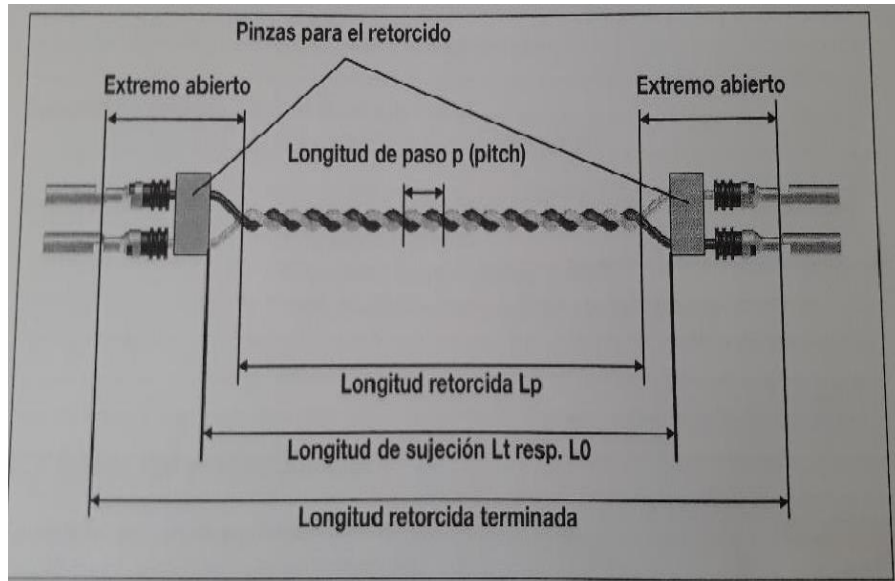
Figura 30. Maquina entorchadora TWIST BT-188T



Fuente: Autores.

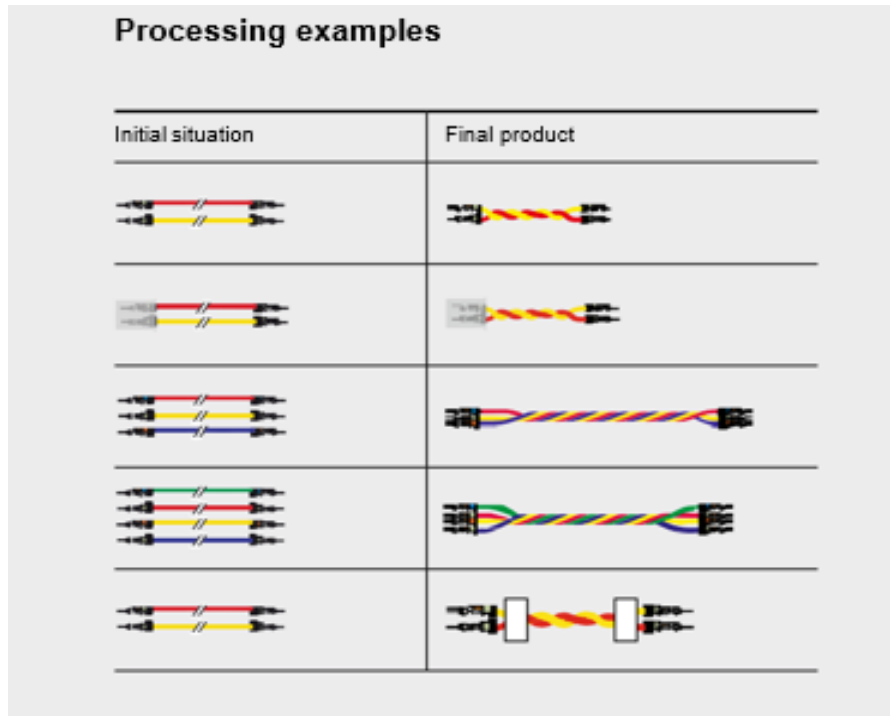
En la siguiente figura se muestra el esquema de funcionamiento de la maquina de entorchado TWIST en donde el tecnico de mantenimiento tiene que programar las diferentes longitudes y el paso de la onda para grabarlas en la OMI por cada producto.

Figura 31. Esquema de programación TWIST BT-188T



Fuente: Manual de operación TWIST BT-188

Figura 32. Ejemplos de proceso TWIST BT-188



Fuente: Manual Twister 188T

En la siguiente tabla se relacionan las especificaciones del equipo:

Tabla 44. Especificación Máquina entorchadora TWIST BT-188T

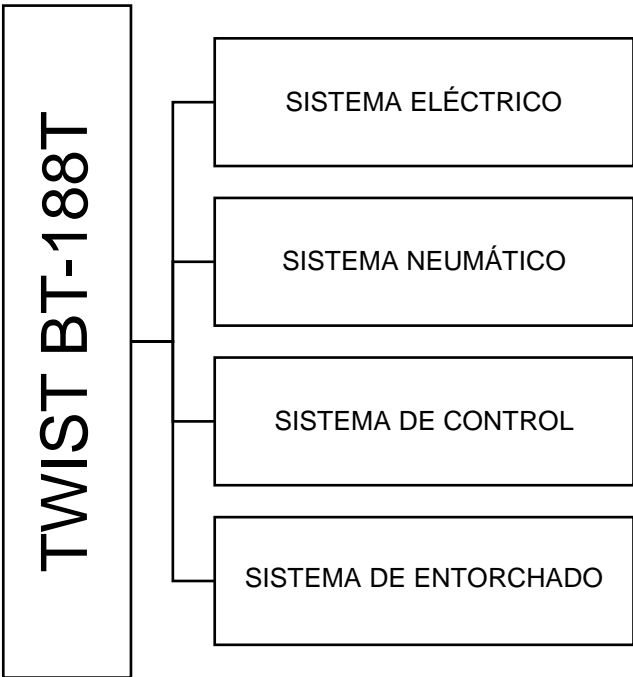
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO	
<b>Modelo</b>	BT-188
<b>Nombre</b>	Maquina entorchadora
<b>Cables aplicables</b>	AV, AVS, AVSS, AVX, AVXS, AEX, AESSX, AVSSX, AVSSH, HFSS, HF
<b>Secciones Transversales del conductor</b>	2 x 0.08 - 2 x 2.5 mm <sup>2</sup>
<b>Paso de retorcido</b>	8-50 mm
<b>Longitud de extremos abiertos</b>	25 – 190 mm ajustable

<b>ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO</b>	
<b>Diferencia extremos abiertos</b>	0 – 60 mm
<b>Longitud con retorcido terminado</b>	150 – aprox. 2500mm (Estándar BT 188***) 150 – aprox. 5500mm (Estándar BT 188***) 150 – aprox. 7000mm (Estándar BT 188***) 150 – aprox. 9999mm (Estándar BT 188***)
<b>Procesamiento de extremos del cable</b>	Discrecional
<b>Conexión eléctrica</b>	115/230V, 50/60 Hz (Conmutando automáticamente)
<b>Conexión Neumática</b>	4 -6 Bar
<b>Consumo de aire</b>	Max. 1.5 Nm <sup>3</sup> /h
<b>Peso</b>	202kg
<b>Dimensiones</b>	12702 x 616 x 1230 mm
<b>Temperatura del ambiente</b>	10 ° C ~ 40 ° C
<b>Rendimiento de piezas</b>	Aprox. 330 piezas/h
<b>MEDIO AMBIENTE PARA LA INSTALACIÓN</b>	
<b>Instale la máquina en el entorno especificado.</b>	
<b>Fuente de energía: 3 fase, AC220V 50Hz / 60Hz 7A</b>	
<b>Temperatura ambiente: 10 ° C ~ 40 ° C</b>	

Fuente. Manual de operación Máquina TWIST BT-188T

Los sistemas que componen la máquina entorchadora TB 188T:

Figura 33. Sistemas entorchadora TWIST BT-188T



Fuente: Manual de operación Máquina TWIST BT-188

Tabla 45. AMEF TWIST BT-188T

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.E.F)											
Cliente	SOFASA					Tipo de Máquina:		Entorchadora TWIST BT-188			
Planta	Chía	YAZAKI CIEMEL S.A.			Sistema: Entorchado			Subsistemas: Sistema eléctrico, neumático, de control y de entorchado			
Descripción del Equipo	Función del equipo	Modo/s potencial/es de fallo	Efecto potencial de falla	Severidad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Área(s) / persona(s) responsable(s)
Máquina de Entorchado BT-188	1. Entorchar cables con paso y longitud de onda	1. La máquina no se pone en marcha	Ausencia de fluido eléctrico	2	Daño en fusible de entrada cable de la red	2	Visual, medición de continuidad en el fusible	3	12	Revisión Bimensual	Mantenimiento
		2. La máquina funciona, pero no realiza el twist de forma adecuada	El equipo no se encuentra en el canal correspondiente para el producto especificado	4	El equipo no se encuentra secuenciado y parametrizado correctamente	4	Verificación de la secuencia y parámetros de producto	4	64	Revisión Bimensual y lista de chequeo diaria	Operario
		3. El par de cables sujetos se tensa antes del retorcido	El twist no queda con el paso y longitud de la onda especificada	3	El equipo no se encuentra en el rango de tiempo de tensado	4	Verificación de la unidad compensadora (corregir el valor en el menú ADJUST)	4	48	Revisión Bimensual	Mantenimiento
		4. Quedan huellas de la pinza (impresiones en el revestimiento del cable)	Los circuitos del twist quedan marcados en el revestimiento y este se puede romper	6	Las pinzas de sujeción A, B tienen mucha presión en el sistema neumático	4	Verificación de los manómetros de las pinzas de sujeción	3	72	Revisión Bimensual y lista de chequeo diaria	Mantenimiento
		5. La longitud final del cable entorchado no es correcta	El factor de corrección de la longitud del twist no es el adecuado	3	El factor de corrección de la longitud final no está parametrizado en los rangos correspondientes a la longitud final	3	Verificación del rango de autocorrección del producto en longitud final	2	18	Revisión Bimensual ajuste de parámetros	Mantenimiento
		6. El motor de retorcido se sale de sincronía	El twist no queda con la longitud final y el paso de onda especificados	4	El motor no se encuentra con la velocidad o la aceleración de trabajo para cada producto	4	Verificación de parámetros de velocidad y aceleración del motor	4	80	Revisión Bimensual ajuste de parámetros	Mantenimiento
		7. La pinza de sujeción rompe el revestimiento del cable	Los circuitos del twist no sirven pierde su funcionalidad	8	Las pinzas de sujeción se encuentran desgastadas	3	Verificación visual de las pinzas de sujeción	4	96	Revisión Bimensual y lista de chequeo diaria	Mantenimiento

Fuente: Autores

## 6.5 SOLDADORA POR ULTRASONIDO STAPLA RAPTOR II

El equipo de soldadura ultrasónica realiza un proceso de soldadura en estado sólido que suelda por la aplicación vibraciones de energía de alta frecuencia mientras las piezas están siendo sujetadas a presión.

Figura 34. Soldadora por ultrasonido Stapla Raptor II



Fuente: Rev G. 082013 – RAPTOR II Manual

En la siguiente tabla se relacionan las especificaciones del equipo:

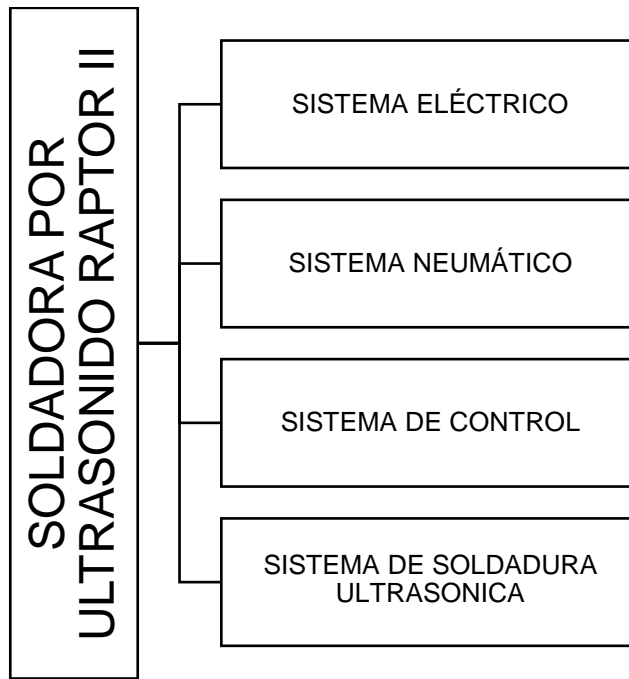
Tabla 46. Especificaciones Soldadora por Ultrasonido STAPLA RAPTOR II

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO	
<b>Modelo</b>	Raptor II
<b>Nombre</b>	ULTRASONIC SPLICE WELDER
<b>Cables aplicables</b>	AV, AVS, AVSS, AVX, AVXS, AEX, AESSX, AVSSX, AVSSH, HFSS, HF
<b>Tamaño</b>	0.5 ~ 5.0 (mm <sup>2</sup> )
<b>Tiempo de ciclo C. P</b>	mínimo 12 segundos
<b>Fases de fuente de energía</b>	3, AC200CV10A y AC100V
<b>Peso</b>	180 kg
<b>Potencia</b>	1600W
<b>Fuente de aire</b>	0.5 ~ 0.8 MPa
<b>Temperatura del ambiente</b>	10 ° C ~ 38 ° C
MEDIO AMBIENTE PARA LA INSTALACIÓN	
<b>Instale la máquina en el entorno especificado.</b> <b>Fuente de energía: 3 fases, AC210V ± 20V 50Hz / 60Hz 13A AC100V 3A.</b> <b>Fuente de aire: 0.5 ~ 0.8MPa</b> <b>Temperatura ambiente: 10 ° C ~ 38 ° C</b>	

Fuente. Manual de operación Máquina Ultrasonido Raptor II

Los sistemas que componen la máquina Stapla Raptor II.

Figura 35. Sistemas soldadora por ultrasonido Raptor II



Fuente: Manual de operación Máquina Ultrasonido Raptor II

Tabla 47. AMEF Soldadora por ultrasonido RAPTOR II

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.E.F)												
Cliente	SOFASA					Tipo de Máquina:		Soldadura por ultrasonido RAPTOR II				
Planta	Chía	YAZAKI CIEMEL S.A.			Sistema: Soldadura			Subsistemas: Sistema eléctrico, neumático, de control y de soldadura ultrasónica				
		DISEÑO	PROCESO	EQUIPO: X	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Área(s) / persona(s) responsable(s)	
Descripción del Equipo	Función del equipo	Modo/s potencial/es de fallo	Efecto potencial de falla	Severidad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Área(s) / persona(s) responsable(s)	
Soldadura por Ultrasonido	1. Realizar proceso de Bonder (unión de varios circuitos por soldadura ultrasónica)	1. Fallo en el sonotrodo	Desprendimiento de circuitos, y filamentos rotos	8	Desgaste por vida útil herramienta	5	Inspección visual, verificación ciclos de trabajo	3	120	Revisión periódica Trimestral	Mantenimiento	
		2. Fallo en el transductor	No se produce resonancia de frecuencia del sistema oscilatorio	7	Desgaste por vida Útil del componente	5	Verificación de la potencia del sistema (entre 75 y 100 W)	3	105	Se debe realizar el cambio de este componente cuando no esté dentro del rango de potencia establecido	Mantenimiento	
		3. Desgaste yunque horizontal	Filamentos Rotos	7	Desgaste de la herramienta	8	Inspección visual, verificación ciclos de trabajo	4	224	Se realiza cambio al realizar mantenimiento preventivo programado (3 meses)	Mantenimiento	
		4. Desgaste yunque vertical	Filamentos Rotos	7	Desgaste de la herramienta	8	Inspección visual, verificación ciclos de trabajo	4	224	Se realiza cambio aproximadamente a los 20000 ciclos de trabajo	Mantenimiento	
		5. Fallo en el sensor de altura	No deja realizar la soldadura	6	Des calibración del sensor o desajuste en el ensamble del yunque vertical	8	Se realiza proceso de calibración automática y manual	2	96	Se realiza la calibración semanalmente	Mantenimiento	
		6. Fallo de la memoria	Perdida de secuencias y parámetros	6	Perdida del voltaje de la batería de 3V	6	Se realiza medición de voltaje en el rango de (2.90 a 3.0 V)	2	72	Se cambia fuente cuando el rango de voltaje no es el indicado	Mantenimiento	
		7. Fallo fuentes de 5V	El controlador no enciende, o el controlador se apaga	6	Daño fuente de alimentación	6	Se monitorea la batería en un rango de (4.90 a 5.0 V)	2	72	Se cambia fuente cuando el rango de voltaje no es el indicado	Mantenimiento	
		8. Variación de anchos	No se realiza soldadura de acuerdo con los parámetros programados	6	Acumulación de viruta en el cilindro horizontal, o daño del eje Width stop	6	Se realiza limpieza y engrasé del Width stop	2	72	Se realiza limpieza cada 6 meses	Mantenimiento	

Fuente: Autores

## 6.6 MÁQUINA TERMOENCOGIDO STCS-CT

El equipo de termoencogido STCS-CT realiza un proceso de calefacción para reducir un tubo de protección que se reduce y se acopla a los circuitos soldados en el proceso de ultrasonido.

Figura 36. Máquina de termoencogido STCS-CT

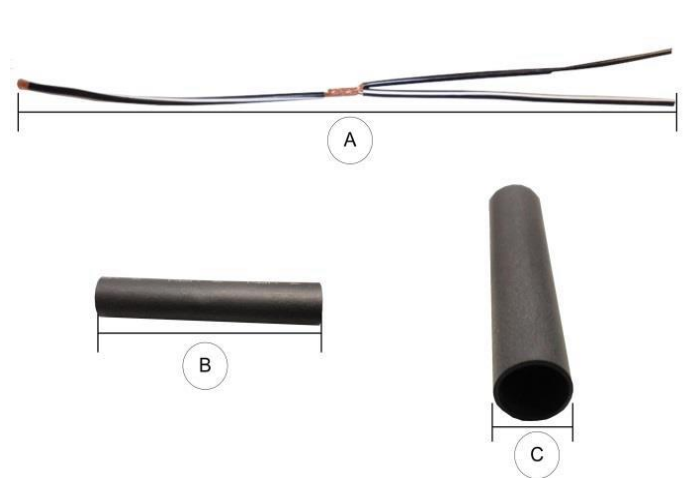


Fuente: Manual equipo STCS-CT MECALBI

El tubo de protección holmet es un tubo termoretractil de pared gruesa fabricado en poliolefina con adhesivo interno termoplástico para aplicaciones de baja y media tensión. (sus dimensiones varían según el calibre de los cables y el largo de la unión soldada por la RAPTOR II, en la siguiente figura se muestra la dimensión de

los dos cables soldados (A), el largo del tubo de protección (B) y el diámetro de este (C).

Figura 37. Dimensiones del tubo de protección holmet Manual equipo STCS-CT MECALBI



Fuente: Especificaciones de cables eléctricos y fundas manuales equipo STCS-CT MECALBI

En la siguiente tabla se relacionan las especificaciones del equipo:

Tabla 48. Especificaciones Maquina termoencogido STCS-CT

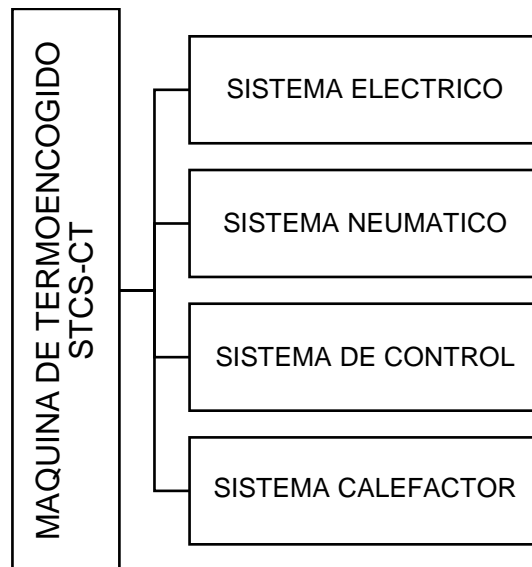
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO	
<b>Modelo</b>	STCS-CT
<b>Nombre</b>	Maquina Termoencojido
<b>Cables aplicables</b>	AV, AVS, AVSS, AVX, AVXS, AEX, AESSX, AVSSX, AVSSH, HFSS, HF
<b>Tamaño</b>	0.5 ~ 12 (mm <sup>2</sup> )
<b>Tiempo de ciclo C. P</b>	mínimo 4 - 30 segundos
<b>Fases de fuente de energía</b>	3, AC220V
<b>Peso</b>	25kg
<b>Potencia</b>	2100W
<b>Fuente de aire</b>	5 Bar – 7 Bar
<b>Temperatura del ambiente</b>	10 ° C ~ 38 ° C
<b>Temperatura máx. calefactor</b>	550 °C

<b>Temperatura min. calefactor</b>	300 °C
<b>Dimensiones</b>	525 x 354 x 310 mm
<b>MEDIO AMBIENTE PARA LA INSTALACIÓN</b>	
<b>Fuente de energía: 3 fases, AC220V 50Hz / 60Hz 13A</b>	
<b>Fuente de aire: 5 ~ 7 Bar</b>	
<b>Temperatura ambiente: 10 ° C ~ 38 ° C</b>	

Fuente. Manual de operación Máquina Termoencogido STCS-CT

Los sistemas que componen la máquina Termoencogido STCS-CT

Figura 38. Sistemas de la Máquina de Termoencogido STCS-CT



Fuente: Manual de operación Máquina Termoencogido STCS-CT

Tabla 49. AMEF Maquina Termoencojido STCS-CT

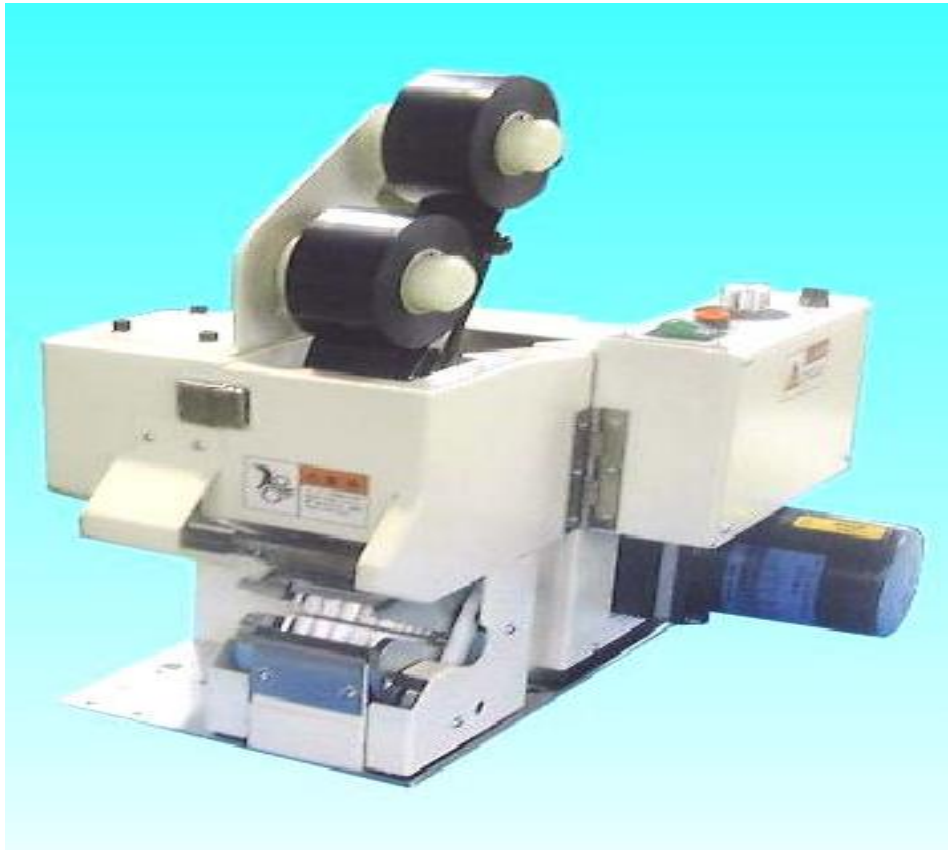
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.E.F)												
Cliente	SOFASA					Tipo de Máquina:			Máquina Termoencojido STCS- CT			
Planta	Chía	YAZAKI CIEMEL S.A.			Sistema: Termoencojido				Subsistemas: Sistema eléctrico, neumático, de control y calefactor			
		DISEÑO	PROCESO	EQUIPO: X	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Área(s) / persona(s) responsable(s)	
Descripción del Equipo	Función del equipo	Modo/s potencial/es de fallo	Efecto potencial de falla	Severidad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Área(s) / persona(s) responsable(s)	
Máquina termoencojido STCS - CT	1.Realizar termoencojido de tubos protectores del bonder	1.La temperatura de la sonda no llega a los valores de T° correctos en el tiempo establecido para la calibración	El sistema calefactor se detiene y no realiza la operación de termoencojido	4	La sonda tarda demasiado para alcanzar la temperatura permitida 45-50 °C	5	Calibración de la sonda	5	100	Verificación Mensual	Mantenimiento	
		2.El horno calefactor no alcanza la temperatura deseada	El sistema calefactor se detiene	7	El sistema calefactor no alcanza los 500 °C daño del relevo de estado solido	5	Verificación de la temperatura del sistema calefactor con termocupla	4	140	Verificación mensual y calibración	Mantenimiento	
		3.El sensor termopar no lee la temperatura	El sistema calefactor muestra error de lectura de °T	5	Cable del termopar dañado desde la tarjeta PCB hasta el horno	2	Verificación del termopar	3	30	Verificación mensual y calibración	Mantenimiento	
		4.La electroválvula no funciona o el sensor de posición no se lee	El elemento calefactor no se posiciona en el horno	7	Válvula neumática dañada, sensor dañado o bloqueo en el movimiento neumático	2	Verificación de electroválvula o sensor	3	42	Verificación mensual lista de chequeo diaria	Mantenimiento	
		5.Daño en resistencia inferior o superior	El sistema calefactor se detiene	5	La resistencia se habla, estas se encuentran conectadas en serie	4	Verificación de las resistencias	3	60	Verificación mensual lista de chequeo diaria	Mantenimiento	

Fuente: Autores

## 6.7 MÁQUINA CUBRIMIENTO GCT1

El equipo de cubrimiento GCT1 realiza cubrimiento de cinta a los bonder de los procesos de soldadura ultrasónica realizados en la línea de H79.

Figura 39. Máquina de Cubrimiento GCT1



Fuente: Joint taping machine manual del equipo GCT1

En la siguiente tabla se relacionan las especificaciones del equipo:

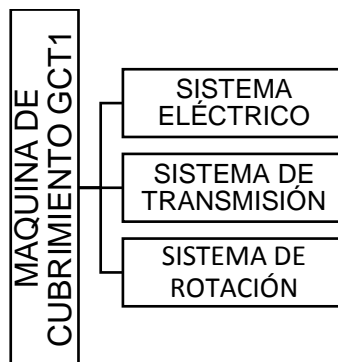
Tabla 50. Especificaciones Máquina de Cubrimiento GCT1

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO	
<b>Modelo</b>	GCT1
<b>Nombre</b>	Maquina Cubrimiento
<b>Cables aplicables</b>	AV, AVS, AVSS, AVX, AVXS, AEX, AESSX, AVSSX, AVSSH, HFSS, HF
<b>Tamaño</b>	0.5 ~ 28 (mm <sup>2</sup> )
<b>Tiempo de ciclo C.P</b>	mínimo 7 segundos
<b>Fases de fuente de energía</b>	1, AC120V
<b>Peso</b>	18kg
<b>Potencia</b>	1600W
<b>Temperatura del ambiente</b>	10 ° C ~ 38 ° C
<b>Dimensiones</b>	425 x 254 x 210 mm
<b>MEDIO AMBIENTE PARA LA INSTALACIÓN</b>	
<b>Fuente de energía: 1 fases, AC120V 50Hz / 60Hz 8A</b>	
<b>Temperatura ambiente: 10 ° C ~ 38 ° C</b>	

Fuente. Manual de operación Máquina de Cubrimiento GCT1

Los sistemas que componen la Máquina de Cubrimiento GCT1

Figura 40. Sistemas Máquina de Cubrimiento GCT1



Fuente: Manual de operación Máquina de Cubrimiento GCT1

Tabla 51. AMEF Maquina de Cubrimiento GCT1

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.E.F)												
Cliente	SOFASA					Tipo de Máquina:			Máquina de Cubrimiento GCT1			
Planta	Chía	YAZAKI CIEMEL S.A.			Sistema: Cubrimiento				Subsistemas: Sistema eléctrico, sistema de transmisión y sistema de rotación			
		DISEÑO	PROCESO	EQUIPO: X	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Área(s) / persona(s) responsable(s)	
Descripción del Equipo	Función del equipo	Modo/s potencial/es de fallo	Efecto potencial de falla	Severidad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Área(s) / persona(s) responsable(s)	
Máquina cubrimiento GCT1	1.Realizar cubrimiento de cinta a bonder del proceso de ultrasonido	1.Cuchilla de corte superior no corta la cinta	Se bloquea el sistema de corte el equipo de detiene	5	La cuchilla de corte pierde el filo	4	Inspección visual del estado de la cuchilla de corte	3	60	Verificación mensual, y lista de chequeo diario	Mantenimiento	
		2.Cuchilla de corte inferior no corta la cinta	Se bloquea el sistema de corte el equipo de detiene	5	La cuchilla de corte pierde el filo	4	Inspección visual del estado de la cuchilla de corte	3	60	Verificación mensual, y lista de chequeo diario	Mantenimiento	
		3.Cepillo de rotación se atasca	El equipo se bloquea y se detiene	4	El sistema de transmisión del cepillo se bloquea por partículas de cinta	8	Inspección visual	3	96	Verificación mensual, y lista de chequeo diario	Mantenimiento	
		4.Los rodillos de arrastre de cinta se atascan	El equipo se bloquea y se detiene	5	El sistema de transmisión del cepillo se bloquea por partículas de cinta	8	Inspección visual	3	120	Verificación mensual, y lista de chequeo diario	Mantenimiento	

Fuente: Autores

## 6.8 MÁQUINA CONVEYOR PDB

El equipo de conveyor es un centro motriz con un reductor de velocidad el cual permite establecer la velocidad para determinar el tiempo de ciclo de cada arnés que se realiza en la línea de H79 Sofasa.

Figura 41. Conveyor PDB



Fuente: Autores

La función principal del conveyor es el armado de los arneses, los operarios terminan el armado de los arneses mediante el conveyor, juntando cada arnés sub-ensamblado en procesos anteriores, la tabla a continuación muestra las especificaciones del equipo.

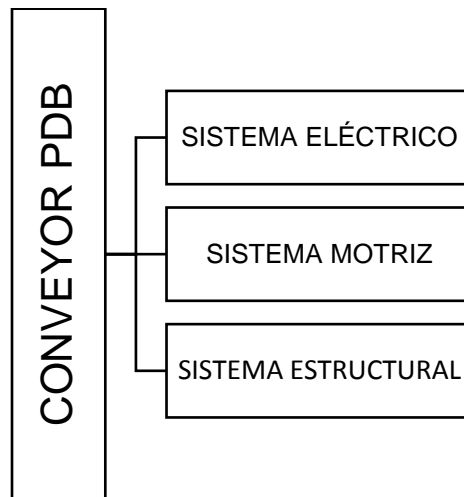
Tabla 52. Especificaciones Conveyor PDB

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO	
<b>Modelo</b>	CONVEYOR
<b>Nombre</b>	Conveyor PB
<b>Tamaño</b>	21 m x 2.80 m x 1.50 m
<b>Tiempo de ciclo C. P</b>	3.96 min
<b>Fases de fuente de energía</b>	3, AC220V
<b>Peso</b>	980kg
<b>Potencia</b>	1600W
<b>Temperatura del ambiente</b>	10 ° C ~ 38 ° C
MEDIO AMBIENTE PARA LA INSTALACIÓN	
<b>Fuente de energía: 3 fases, AC220V 50Hz / 60Hz 12A</b>	
<b>Temperatura ambiente: 10 ° C ~ 38 ° C</b>	

Fuente. Manual de operación Conveyor PB

Los sistemas que componen la Máquina conveyor PDB

Figura 42. Sistemas Conveyor PDB



Fuente: Manual de operación Conveyor PDB

Tabla 53. AMEF Conveyor PB

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.E.F)											
Cliente	SOFASA					Tipo de Máquina:			Máquina conveyor		
Planta	Chía	YAZAKI CIEMEL S.A.			Sistema: Ensamble			Subsistemas: Sistema eléctrico, motriz y estructural			
Descripción del Equipo	Función del equipo	Modo/s potencial/es de fallo	Efecto potencial de falla	Severidad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Área(s) / persona(s) responsable(s)
Máquina conveyor	1. Transportar los tableros de armado del arnés en un tiempo de ciclo definido.	1. Fuga de aceite moto reductor	El equipo se detiene	8	Fuga de aceite por los retenedores y empaques	3	Revisión de nivel de aceite e inspección de empaquetadura	2	48	Inspecciones mensuales y lista de chequeo diario	Mantenimiento
		2. Descarrilamiento de la cadena	El equipo se detiene	8	El centro motriz no se encuentra nivelado o por daño de un eslabón de la cadena	8	Verificación del nivel y altura de piñones del centro motriz, verificación de desgaste de componentes	3	192	Inspecciones Bimensuales	Mantenimiento
		3. Rotura de tornillo pasante de cadena	El equipo se detiene	8	El tornillo pasador se fatiga por condiciones de trabajo	8	Verificación visual y medición con galga	3	192	Inspecciones semanales	Mantenimiento
		4. Daño en eslabones de la cadena	Se generan ruidos en el equipo y se puede detener	7	Por condiciones de trabajo los eslabones se desajustan	7	Verificación visual y medición con galga	4	196	Inspecciones semanales	Mantenimiento
		5. Rotura de correa en V moto reductor	Se generan ruidos vibraciones y se puede detener el equipo	8	Por vida útil o mal montaje de la correa	3	Verificación visual y alineación de correa	3	72	Inspecciones semanales	Mantenimiento
		6. Desprogramación del Micro Master (variador de velocidad)	Se genera variación en la velocidad en el tiempo de ciclo del arnés	8	Factores de operación o manipulación del operador	5	Verificación de velocidad parametrización	3	120	Inspecciones semanales	Mantenimiento
		7. Fatiga en soldaduras de la estructura en carros y canastas del tablero de armado	Se generan ruidos y se flexa la estructura	7	Fatiga de la soldadura por condiciones de trabajo	2	Verificación visual de las soldaduras de la estructura	3	42	Inspecciones semanales	Mantenimiento

Fuente: Autores

## 7 HOJA DE DECISIÓN RCM

Luego de haber realizado el análisis de modos de falla y sus efectos de cada uno de los 8 clases de equipos, se procede a completar las 16 columnas de la metodología, sin embargo, para este modelo se eliminó la columna FF (Falla funcional), debido a que todos los modos de falla producen pérdida de la función e inconformidades en el proceso.

Las columnas F, FF y FM identifican el modo de falla que se analiza en esa línea. Se utilizan para correlacionar las referencias de las hojas de información y las hojas de decisión, los encabezamientos de las próximas diez columnas se refieren a las preguntas del Diagrama de Decisión de RCM, de manera que:

- Las columnas tituladas H, S, E y O son utilizadas para registrar las respuestas a las preguntas concernientes a las consecuencias de cada modo de falla.
- Las tres columnas siguientes (tituladas H1, H2, H3, etc.) registran si ha sido seleccionada una tarea proactiva, y si es así, que tipo de tarea.
- Si se hace necesario responder cualquiera de las preguntas “a falta de”, las columnas encabezadas con H4 y H5, o la S4 son las que permiten registrar esas respuestas.

Las últimas tres columnas registran la tarea que ha sido seleccionada (si la hay), la frecuencia con la que debe hacerse, y quien ha sido seleccionado para realizarla. La columna de “Tarea Propuesta” también se utiliza para registrar los casos en los que se requiere rediseño, o si se ha decidido que el modo de falla no necesita mantenimiento programado.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. México: Aladon, 2004. p.206

Tabla 54. Hoja de decisión RCM

HOJA DE DECISION RCM														
Cliente		SOFASA				LINEA H79				Fecha: 12/03/2018				
Planta		Chía		YAZAKI CIEMEL S.A.		Proceso: Completo				Realizado por: JUAN SEBASTIAN CACERES HARRY RODRIGUEZ				
Referencia de información		Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
						S1	S2	S3						
F	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
N1														
N2														
N3														
CORTADORA GRAFADORA AC81G														
1	1	S	N	N	S	S						Visual, desgaste con equipo para verificación de desgaste de correas, tensión de correas con equipo para verificación de tensión.	Bimestral	Mecanico
1	2	S	N	N	S	S						Inspección visual, verificación de parámetros con galga.	Bimestral	Mecanico
1	3	S	N	N	S	S						Inspección visual, Verificación bimestral, mantenimiento semestral	Bimestral	Mecanico
1	4	S	N	N	S	S						Inspección visual, Verificación bimestral, mantenimiento semestral	Bimestral	Mecanico
1	5	S	N	N	S	S						Inspección visual, Verificación bimestral, mantenimiento semestral	Bimestral	Mecanico
1	6	S	N	N	S	S						Inspección visual, Verificación bimestral, mantenimiento semestral	Bimestral	Mecanico
1	7	S	N	N	S	S						Inspección visual, mantenimiento trimestral	Bimestral	Mecanico
1	8	S	N	N	S	S						Inspección visual, verificación de parámetros con galga. Mantenimiento semestral.	Bimestral	Mecanico
1	9	S	N	N	S	S						Inspección visual, verificación de parámetros con galga. Mantenimiento semestral.	Bimestral	Mecanico
PRENSA DE GRAFADO CM20														
1	1	S	N	N	S	S						Visual, verificación de desgaste de correas, verificación de tensión. Mantenimiento anual	Semestral	Mecanico
1	2	S	N	N	S	S						Visual, verificación de desgaste o ruidos	Semestral	Mecanico
1	3	S	N	N	S	S	N	S				Inspeccion visual y verificacion del nivel de grasa	Trimestral	Mecanico

HOJA DE DECISION RCM														
Cliente		SOFASA				LINEA H79			Fecha: 12/03/2018					
Planta		Chía		YAZAKI CIEMEL S.A.		Proceso: Completo			Realizado por: JUAN SEBASTIAN CACERES HARRY RODRIGUEZ					
Referencia de informacion		Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
						S1	S2	S3						
F	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
						N1	N2	N3						
<b>PRENSA DE GRAFADO CM30</b>														
1	1	S	N	N	S	S						Visual, verificación de desgaste de correas, verificación de tensión. Mantenimiento anual	Semestral	Mecanico
1	2	S	N	N	S	S						Visual, verificación de desgaste o ruidos	Semestral	Mecanico
1	3	S	N	N	S	S	N	S				Inspeccion visual y verificación del nivel de grasa	Trimestral	Mecanico
<b>ENTORCHADORA TWIST BT188</b>														
1	1	S	N	N	S	S	N	S				Visual, medición de continuidad en el fusible	Bimestral	Mecanico
1	2	S	N	N	S	S						Verificación de la secuencia y parametros de producto	Diario	Operario
1	3	S	N	N	S	S						Verificación de la unidad compensadora (corregir el valor en el menú ADJUST)	Bimensual	Mecanico
1	4	S	N	N	S	S	S					Verificación de los manómetros de las pinzas de sujecion	Diario Bimensual	Operario Mecanico
1	5	S	N	N	S	S						Verificación del rango de autocorrección del producto en longitud final	Bimensual	Mecanico
1	6	S	N	N	S	S						Verificación de parametros de velocidad y aceleración del motor	Bimensual	Mecanico
1	7	S	N	N	S	S	N	S				Verificación visual de las pinzas de sujecion	Diario Bimensua	Operario Mecanico
<b>SOLDADURA POR ULTRASONIDO RAPTOR II</b>														
1	1	S	N	N	S	S	N	S				Inspección visual, verificación ciclos de trabajo	Trimestral	Mecanico
1	2	N	N	N	S	S	N	S				Verificación de la potencia del sistema (entre 75 y 100 W)	Trimestral	Mecanico
1	3	S	N	N	S	S	N	S				Inspección visual, verificación ciclos de trabajo. Se realiza cambio al realizar mantenimiento preventivo programado (3 meses)	Diario Trimestral	Operario Mecanico
1	4	S	N	N	S	S	N	S				Inspección visual, verificación ciclos de trabajo.	Diario Trimestral	Operario Mecanico

HOJA DE DECISION RCM															
Cliente		SOFASA				LINEA H79			Fecha: 12/03/2018						
Planta		Chía		YAZAKI CIEMEL S.A.		Proceso: Completo			Realizado por: JUAN SEBASTIAN CACERES HARRY RODRIGUEZ						
Referencia de información		Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
						S1	S2	S3							
F	FM	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4				
													Se realiza cambio al realizar mantenimiento preventivo programado (3 meses)		
1	5	S	N	N	S	S							Se realiza proceso de calibración automática y manual	Semanalmente	Mecanico
1	6	S	N	N	S	S	N	S					Se realiza medición de voltaje en el rango de (2.90 a 3.0 V), se sustituye la fuente cuando no este en este rango	Anual	Mecanico
1	7	S	N	N	S	S	N	S					Se monitorea la batería en un rango de (4.90 a 5.0 V), se sustituye la fuente cuando el rango no es el indicado	Anual	Mecanico
1	8	S	N	N	S	S							Se realiza limpieza y engrasé del Width stop	Semestral	Mecanico
TERMOENCOJIDO STCS-CT															
1	1	S	N	N	S	S							Calibración de la sonda	Mensual	Mecanico
1	2	S	N	N	S	S							Verificación de la temperatura del sistema calefactor con termocupla	Mensual	Mecanico
1	3	S	N	N	S	S							Verificación del termopar	Mensual	Mecanico
1	4	S	N	N	S	S							Verificación de electroválvula o sensor	Diario Mensual	Operario Mecanico
1	5	S	N	N	S	S							Verificación de las resistencias	Mensual	Mecanico
MAQUINA DE CUBRIMIENTO GCT1															
1	1	S	N	N	S	S							Inspección visual del estado de la cuchilla de corte	Diario	Mecanico
1	2	S	N	N	S	S							Inspección visual del estado de la cuchilla de corte	Diario	Mecanico
1	3	S	N	N	S	S							Inspección visual	Diario	Mecanico
1	4	S	N	N	S	S							Inspección visual	Diario	Mecanico
CONVEYOR															
1	1	S	N	N	S	S							Revisión de nivel de aceite e inspección de empaquetadura	Diario Mensual	Operario Mecanico
1	2	S	N	N	S	S							Verificación del nivel y altura de piñones del centro motriz, verificación de desgaste de componentes	Bimensual	Mecanico

HOJA DE DECISION RCM														
Cliente		SOFASA				LINEA H79			Fecha: 12/03/2018					
Planta		Chía		YAZAKI CIEMEL S.A.		Proceso: Completo			Realizado por: JUAN SEBASTIAN CACERES HARRY RODRIGUEZ					
Referencia de información		Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
						S1	S2	S3						
F	FM	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4			
1	3	S	N	N	S	S						Verificación visual y medición con galga	Semanal	Mecanico
1	4	S	N	N	S	S						Verificación visual y medición con galga	Semanal	Mecanico
1	5	S	N	N	S	S						Verificación visual y alineación de correa	Semanal	Mecanico
1	6	S	N	N	S	S						Verificación de velocidad parametrización	Semanal	Mecanico
1	7	S	N	N	S	S						Verificación visual de las soldaduras de la estructura	Semanal	Mecanico

Fuente: Autores

## 8 GESTIÓN DE REPUESTOS

### 8.1 CRITICIDAD DE REPUESTOS

Para determinar la criticidad de repuestos se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- Frecuencia de consumo: Es la frecuencia promedio de consumo mensual y se califica de la siguiente manera:
  - 1=una sola vez
  - 2= entre 2 y 4 veces.
  - 3= entre 5 y 7 veces.
  - 4= entre 8 y 10 veces.
  - 5= mayor a 10 veces.
- Impacto de costo: Es el costo promedio mensual en pesos y se califica de la siguiente manera:
  - 1= Menor a \$50.000
  - 2= Entre \$50.000 a \$100.000
  - 3= Entre \$100.000 a \$300.000.
  - 4= Entre \$300.000 a \$1.000.000.
  - 5= Mayor a \$1.000.000.
- Impacto en planta: Es el grado de efecto sobre la empresa y se califica de la siguiente manera:
  - 1= Ningún proceso o equipo.
  - 2= Algunos equipos.
  - 3= Un proceso.
  - 4= Una planta.
  - 5= Todas las plantas.
- Lead Time: Es el tiempo de llegada desde la requisición hasta la llegada al almacén de indirectos y se califica así:

- 1= Menos de 8 días.
  - 2= Entre 9 y 15 días.
  - 3= Entre 16 y 30 días.
  - 4= Entre 31 y 45 días.
  - 5= Mas de 46 días.
- Impacto por cantidad de máquinas: Es la cantidad de máquinas en uso por referencia y se califica así:
    - 1= Al menos uno.
    - 2= Entre 2 y 4.
    - 3= Entre 5 y 7.
    - 4= Entre 8 y 10.
    - 5= Mas de 10.

Se pondera los anteriores parámetros y luego se asigna una calificación por el supervisor; a continuación el formato de criticidad de la compañía asigna un valor asociado a criticidad de repuesto, este valor es determinado así:

***Criticidad de Repuesto: (Frecuencia de consumo \*1.2)+ Impacto de costos + Impacto de planta + Lead Time + Impacto por cantidad de maquinas***

Por último, con base en los anteriores valores se determina el nivel de la criticidad dentro de un término bajo, medio o alto siendo:

**Bajo:** De 0 a 150 puntos

**Medio:** De 150 a 200 puntos

**Alto:** >200 puntos



## 8.2 ESTABLECIMIENTO DE MÁXIMOS Y MÍNIMOS

Para el establecimiento de máximos y mínimos de repuestos se tienen en cuenta la criticidad obtenida en la matriz de la figura 43 y con acompañamiento de los supervisores de mantenimiento estos valores se van sesgando hasta obtener unos valores óptimos, para así alcanzar una gestión fiable, flexible y económicamente racional.

Para el aseguramiento de la gestión de repuestos se deben tener en cuenta los siguientes KPI`s para el almacén de indirectos:

- Reporte de recibos:
  - Fecha
  - Usuario quien dio recibo
  - Por tipo de material
  - Por orden de compra
- Reporte de salidas:
  - Fecha
  - Centro de costos
  - Usuario quien dio la salida
  - Por requisitor y área
- Reporte MRP: es un requerimiento automático que el sistema hace para los materiales a los cuales se les asigno máximos y mínimos, una vez que el inventario del material disminuya por debajo del valor que se dejó como mínimo, el sistema solicitara al valor máximo teniendo en cuenta el inventario existente y el inventario en transito
  - Pedidos automáticos.
- Reporte de conteo Cíclico: El conteo cíclico es un método que se realiza a todos los números de parte iniciando por ciertos números diariamente según

cronograma, con el fin de verificar la precisión del inventario que se tiene en la base de datos. El conteo cíclico del inventario nos permite corregir la base de datos después de descubrir imprecisiones en el conteo. Además, el conteo cíclico nos permite analizar las causas de las discrepancias en el inventario y se realizar los ajustes positivos o negativos según el caso sujeto a la revisión de contabilidad

- Diferencia

Tabla 55. Matriz de máximos y mínimos

Descripción del Repuesto	Marca/ fabricante	País donde se compra	Mínimo	Máximo	Días de entrega
DRIVE BELT REF. PSP-254-0063	SCHLEU	EXTRANJERO	2	10	30
MINIATURE BEARING REF. 48AC62A517	TYCO ELECTRONICS	EXTRANJERO/NACIONAL	1	3	70
DRIVE BELT REF. 256.0026	SCHLEU	NACIONAL	2	3	30
ANVIL HOLDER 9/16 REF. Y4A50151	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	1	1	30
10 MM LINEAR ENCODER REF. Y4A50234	-	EXTRANJERO/NACIONAL	1	2	30
MINIATURE BALL BEARING REF. 48AC80C512	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	1	2	90
PHOTO MICROSENSOR REF. 48AC80N503	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	1	2	90
COUPLING REF. 48AC80E507	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	1	2	90
SERVO MOTOR REF. 48AC80ZG16	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	1	2	90
MOTOR SISTEMA DE CORTE REF. 48AC80ZG15 (48AC80ZG44)	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	1	2	90
MOTION CONTROLLER REF. 48AC80ZG03	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	1	1	90
BATTERY REF. 48AC80ZG04	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	5	10	90
BATTERY REF. 48AC80ZG17	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	1	5	90
CORREA DENTADA PARA M-QUINA KOMAX BT 188 REF. 0037222	-	EXTRANJERO/NACIONAL	1	4	30
BATTERY UNIT REF. 48WP81ZA10	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	1	2	90
GUIA PARA RAM M-QUINA CM30	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	1	6	90
BELT REF. 48CM220505	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	1	5	90
BELT REF. 48GW11B513	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	1	3	90
3AC STANDARD MOTOR REF. 48V80X0501	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	1	2	90
BOARD REF. UE06-36001	YZK	EXTRANJERO/NACIONAL	1	2	30

Fuente: Autores

## 9 CONCLUSIONES

- Mediante la norma ISO 14224 se logró jerarquizar los equipos de la línea H79 de una manera sistemática logrando agrupar estos según su ubicación, línea, proceso; así logrando la identificación de los equipos dentro de la compañía con un orden lógico.
- A través de técnicas de criticidad y teniendo en cuenta los parámetros para su ejecución se determinó que los equipos más críticos del proceso de ensamblaje de la línea H79 son los Conveyor y la Soldadora Raptor II.

Del análisis de criticidad se concluye que de los 39 equipos de la línea:

- ✓ 9 equipos críticos (23%)
- ✓ 15 equipos semicríticos (38.5%)
- ✓ 15 equipos no críticos (38.5 %)

- Se logró determinar a través del análisis de modos de falla y efecto AMEF, las funciones, fallas funcionales y modos de falla de cada equipo más importantes para así mediante de la hoja de decisión RCM determinar la actividad apropiada para disminuir la probabilidad de cada modo de falla y definir la periodicidad de las tareas proactivas.

A través del NPR (Número prioritario de riesgo) de los 46 modos de falla se concluyó lo siguiente:

- ✓ 5 Fallas inaceptables (10.8%)
- ✓ 10 Fallas de atención (21.7%)
- ✓ 31 Fallas aceptables (67.5%)

- Se determinó mediante las técnicas de criticidad de repuestos, que se debe priorizar y garantizar un stock con un margen de máximos y mínimos amplio a la máquina de corte y grafado AC81G, debido a que la procedencia de estos son Japoneses y su lead time son 60 días además de su elevado costo.

## BIBLIOGRAFÍA

DUARTE HOLGUIN, Juan Carlos. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM guía del curso diplomado en gestión de mantenimiento. ACIEM, 2011.

GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Teoría y Práctica del mantenimiento Industrial Avanzado. 2° Edición. FC Editorial. 2005.

MOUBRAY, John. Reliability-centered Maintenance RCM II. New York: Industrial press Inc. 1997.

ORREGO BARRERA, Juan Carlos. Normatividad aplicada a construcción taxonómica y árbol de equipos para mantenimiento. [En línea]. XIX Congreso Internacional de mantenimiento y gestión de activos. Bogotá D.C.: ACIEM. 2017. (Recuperado el 2 febrero 2018.) Disponible en [https://issuu.com/memorias\\_conferencias\\_aciem/docs/memorias\\_conf\\_int\\_fim\\_07\\_feb\\_2017](https://issuu.com/memorias_conferencias_aciem/docs/memorias_conf_int_fim_07_feb_2017)

ORTIZ PLATA, Daniel. Principios de mantenimiento. Colombia. Ortiz Ruiz consultores. 2015.

PARRA, Carlos. Implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) en un sistema de producción. Universidad de Sevilla, 2005.

PEROZO, A. Mantenimiento Industrial. Universidad del Zulia. Maracaibo, 1998.

SAE JA1011. Evaluations criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes. Society of Automotive Engineer, Inc. 1999.

ZAMBRANO, S, Leal, S. Fundamentos básicos de mantenimiento. FEUNET (2005)

