

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA CÉLULA DE
ESMALTADO No 3 APLICANDO METODOLOGÍA RCM EN LA EMPRESA
COLCERAMICA**

HECTOR JOSE DIAZ BARRETO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA
ESPECIALIZACION GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2019**

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA CÉLULA DE
ESMALTADO No 3 APLICANDO METODOLOGÍA RCM EN LA EMPRESA
COLCERAMICA**

HECTOR JOSE DIAZ BARRETO

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**DIRECTOR
WILSON JAVIER BERRIO ASTUDILLO
INGENIERO MECÁNICO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA
BUCARAMANGA**

2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Héctor Díaz Salamanca y Maria Elisa Barreto Beltran por ser siempre el motor de mi vida, por luchar cada día por darnos lo mejor a mis hermanas y a mí, sacrificando siempre muchas cosas para que podamos tener la oportunidad de crecer como personas y ser unos buenos profesionales.

A mis hermanas Leidy Diana Díaz Barreto y Adriana Alejandra Diaz Barreto, por siempre apoyarme en todas las decisiones que tomo y darme esas fuerzas para seguir adelante y ser un muy buen ejemplo a seguir para ellas.

A mi novia Mónica Alexandra Ospina Amador por ser esa mujer tan especial que me ayuda y me apoya incondicionalmente en cada paso que doy en mi vida para ser cada día una mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a cada una de las personas que me ayudaron a realizar este trabajo, en especial a mi director de proyecto el Ingeniero Wilson Javier Berrio Astudillo Superintendente de mantenimiento y a todos los Técnicos que me ayudaron y me apoyaron para sacar este trabajo adelante.

A todos los profesores de Universidad Industrial de Santander que me orientaron y ayudaron en mi formación académica.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	134
1. DESCRIPCION DEL PLAN PROPUESTO	145
2. OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVO GENERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3. MARCO TEORICO	20
4. MARCO CONCEPTUAL	24
5. METODOLOGIA	26
6. SELECCIÓN DE FRONTERAS Y CARACTERISTICAS	28
7. MATRIZ MODO FALLA COMPONENTE.....	30
8. JERARQUIA EQUIPOS NORMA 14224.....	33
9. CODIFICACION DE EQUIPO Y MAQUINARIA.....	35
10. CRITICIDAD DE EQUIPOS	36
11. ESTANDARES DE OPERACIÓN	47
12. ANALISIS, MODOS Y EFECTOS DE FALLA	52
13. CRITERIOS DE VALORACIÓN DE RIESGO	63
14. MODELO DIAGRAMA TOMA DE DECISIONES RCM	69
15. TAREAS DE MANTENIMIENTO.....	80
16. RESULTADOS.....	99
17. CONCLUSIONES	101
BIBLIOGRAFÍA.....	102

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Número de averías células de esmaltado	15
Tabla 2. Número de horas de averías células de esmaltado	15
Tabla 3. Número de averías por tecnología célula de esmaltado No 3	16
Tabla 4. Número de horas de averías por tecnologías célula No 3	16
Tabla 5. Número de averías por sistemas célula de esmaltado No 3.	17
Tabla 6. Número de horas de averías por sistemas célula No 3	17
Tabla 7. Costos por averías célula de esmaltado No 3	18
Tabla 8. Codificación Células De Esmaltado	35
Tabla 9. Codificación Sistemas Célula No 3	35
Tabla 10. Codificación Equipos Sistema Esmaltado Célula No 3	35
Tabla 11. Criticidad Bomba Yamada NDP 50 Inoxidable	41
Tabla 12. Criticidad Tanque Plástico Con Sonda De Nivel	41
Tabla 13. Criticidad Bomba Wilden P4 Inoxidable	42
Tabla 14. Criticidad Válvula De Diafragma No 1	42
Tabla 15. Criticidad Tanque Presurización GDS	43
Tabla 16. Criticidad Válvula De Diafragma No 2	43
Tabla 17. Criticidad Sensor Másico	44
Tabla 18. Criticidad Válvula De Diafragma No 3	44
Tabla 19. Criticidad Pistola Esmaltado Piezas	45
Tabla 20. Criticidad Equipos Sistema Esmaltado Célula No 3	45
Tabla 21. Estándares operación Célula No 3	47
Tabla 22. Formato AMEF	52
Tabla 23. AMEF Bomba Yamada NDP 50	53
Tabla 24. AMEF Tanque Plastico Con Sensor De Nivel.	54
Tabla 25. AMEF Bomba Wilden P4.	55
Tabla 26. AMEF Valvula De Diafragma No 1	56
Tabla 27. AMEF Tanque Presurización GDS	57

Tabla 28. AMEF Valvula De Diafragma No 2.....	58
Tabla 29. AMEF Sensor Masico.	59
Tabla 30. AMEF Valvula De Diafragma No 3.....	60
Tabla 31. AMEF Pistola Esmaltado Piezas.....	61
Tabla 32. Tabla Análisis De Efectos y Criticidad.....	62
Tabla 33. Tablas Seguridad Personal.....	63
Tabla 34. Tablas Consecuencias Ambientales.	64
Tabla 35. Tablas Consecuencias Económicas.	66
Tabla 36. Tablas Consecuencias Imagen Corporativa.	67
Tabla 37. Análisis De Efectos y Criticidad Bomba Yamada NDP 50.	70
Tabla 38. Análisis De Efectos y Criticidad Tanque Plástico.....	71
Tabla 39. Análisis De Efectos y Criticidad Bomba Wilden P4.....	72
Tabla 40. Análisis De Efectos y Criticidad Válvula Diafragma No 1.....	73
Tabla 41. Análisis De Efectos y Criticidad Tanque Presurización GDS.	74
Tabla 42. Análisis De Efectos y Criticidad Válvula Diafragma No 2.....	75
Tabla 43. Análisis De Efectos y Criticidad Sensor Másico.....	76
Tabla 44. Análisis De Efectos y Criticidad Válvula Diafragma No 3.....	77
Tabla 45. Análisis De Efectos y Criticidad Pistola Esmaltado Piezas.	78
Tabla 46. Inspecciones Bomba Yamada NDP 50.....	80
Tabla 47. Inspecciones Tanque Plástico.....	83
Tabla 48. Inspecciones Bomba Wilden P4.....	86
Tabla 49. Inspecciones Válvula Diafragma No 1.	89
Tabla 50. Inspecciones Tanque Presurización GDS.....	90
Tabla 51. Inspecciones Válvula Diafragma No 2.	92
Tabla 52. Inspecciones Sensor Másico.	93
Tabla 53. Inspecciones Pistola Esmaltado Piezas.....	94

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Plano funcional Célula Esmaltado No 3.....	28
Figura 2. Vista General Célula Esmaltado No 3.....	29
Figura 3. Jerarquización Colceramica.....	31
Figura 4. Diagrama Decisiones RCM.....	31

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A. Ficha técnica Bomba Yamada NDP50.....	103
Anexo B. Ficha técnica Bomba Wilden P4.....	103
Anexo C. Ficha técnica Válvula Diafragma.....	103
Anexo D. Ficha técnica Pistola AG 361.....	103

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA CÉLULA DE ESMALTADO No 3 APLICANDO METODOLOGÍA RCM EN LA EMPRESA COLCERAMICA.¹

AUTOR: HÉCTOR JOSE DIAZ BARRETO.²

PALABRAS CLAVES: Análisis de criticidad, Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), Célula de esmaltado.

DESCRIPCIÓN:

Actualmente el mantenimiento es muy importante para lograr los objetivos de las empresas, ya que mantenimiento debe generar valor para así asegurar la disponibilidad de las máquinas y así poder lograr ser competitivos en la industria.

A través de los años el mantenimiento ha evolucionado de una manera muy importante debido a que en la actualidad existen múltiples metodologías, técnicas y conceptos de mantenimiento con los cuales se logran optimizar de una manera adecuada los recursos y disponibilidad de los activos de las empresas.

Para la implementación de las diferentes metodologías de mantenimiento debemos estructurar el programa de mantenimiento que vamos a implementar y que sea aprobado y apoyado por la gerencia con la cual se determinaran los tiempos, objetivos y recursos con los cuales se implementara la metodología deseada.

La implementación de la metodología RCM en la Célula de esmaltado No 3 es la mejor opción para poder cumplir los objetivos de la compañía en cuanto aumentar la confiabilidad, disponibilidad y optimización de los planes de mantenimiento que existen en la actualidad y así poder mejorar los recursos tanto para la operación y mantenimiento de cada uno de los procesos que conforman la Célula de esmaltado No 3 en general.

¹ Trabajo de grado Especialización Gerencia Mantenimiento.

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela Ingeniería Mecánica, Director: Wilson

Javier Berrio Astudillo.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF A MAINTENANCE PLAN FOR THE ENAMELLED CELL No. 3 APPLYING RCM METHODOLOGY IN THE COLCERAMICA COMPANY.³

AUTOR: HÉCTOR JOSE DIAZ BARRETO.⁴

KEYWORDS: Criticality analysis, reliability centered maintenance (RCM), enameling cell.

DESCRIPTION:

At the moment the maintenance is very important to achieve the objectives of the companies, since the maintenance must generate value in order to guarantee the availability of the machines and thus be able to be competitive in the industry.

Over the years, maintenance has evolved in a very important way because there are currently multiple methodologies, techniques and maintenance concepts with which the resources and availability of company assets are adequately optimized.

For the implementation of the different maintenance methodologies we must structure the maintenance program that we are going to implement and that is approved and supported by the management with which the times, objectives and resources with which the desired methodology will be implemented will be determined.

The implementation of the RCM methodology in Enamel Cell No. 3 is the best option to be able to meet the company's objectives in terms of increasing the reliability, availability and optimization of maintenance plans that currently exist and thus improve resources both for the operation and maintenance of each of the processes that make up Enamel Cell No. 3 in general.

³ Degree work Specialization Management Maintenance.

⁴ Faculty of Mechanical and Mechanical Engineering, School of Mechanical Engineering, Director: Wilson Javier Berrio Astudillo.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen muchas nuevas tecnologías con las cuales las empresas han tenido que empezar a realizar cambios y reestructuraciones en sus procesos internos que le permiten ser más competitivas en el mercado y puedan lograr optimizar muchos factores internos sin afectar la calidad de sus productos.

Por esta razón, las empresas buscan maximizar la confiabilidad de sus activos fijos a través de múltiples estrategias para que sus procesos lleguen a ser los más eficientes y productivos para lograr una excelente calidad, rentabilidad y satisfacer las necesidades de los clientes.

Mantenimiento juega un papel muy importante en estas estrategias, ya que se tiene que adaptar a las necesidades de la organización y del mercado mediante la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de sus activos fijos para así cumplir con los planes de producción que está demandando el mercado en general.

La implementación de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad es la mejor alternativa para la gestión en el mantenimiento de los activos, ya que con esta metodología conoceremos mucho mejor a nuestros equipos, sistemas y subsistemas que lo conforman, también vamos a poder definir cuáles de nuestros equipos son realmente críticos para nuestros procesos y así lograr analizar los modos y fallas funcionales de cada uno de nuestros sistemas para así lograr optimizar los costos y lograr estandarizar las técnicas de mantenimiento adecuadas para cada equipo de la planta.

1. DESCRIPCIÓN DEL PLAN PROPUESTO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colcerámica planta Madrid produce sanitarios y lavamanos en porcelana; dentro de su proceso de fabricación están las preparaciones, el colaje, el secado, el esmaltado, la cocción y la clasificación.

En este trabajo nos enfocaremos en el proceso de esmaltado robotizado implementado en la compañía hace más de 15 años. El proceso de esmaltado está compuesto por 5 células robotizadas que trabajan 365 días al año y 24 horas diarias, y su comportamiento en averías en los dos últimos años es el siguiente:

Tabla No 1. Número de averías celulas de esmaltado.

NUMERO DE AVERIAS CELULAS DE ESMALTADO			
	AÑO 2017 ENERO - DICIEMBRE	AÑO 2018 ENERO - OCTUBRE	TOTAL AVERIAS
CELULA ESMALTADO No 3	74	63	137
CELULA ESMALTADO No 2	65	53	118
CELULA ESMALTADO No 1	71	31	102
CELULA ESMALTADO No 5	35	41	76
CELULA ESMALTADO No 4	17	31	48

Tabla No 2. Número de horas de averías celulas de esmaltado.

NUMERO DE HORAS AVERIAS CELULAS DE ESMALTADO			
	AÑO 2017 ENERO - DICIEMBRE	AÑO 2018 ENERO - OCTUBRE	TOTAL AVERIAS
CELULA ESMALTADO No 3	87,17	127,69	214,86
CELULA ESMALTADO No 2	57	94,94	151,94
CELULA ESMALTADO No 5	47,72	65,22	112,94
CELULA ESMALTADO No 1	67,22	32,94	100,16
CELULA ESMALTADO No 4	18	32,55	50,55

La Célula de esmaltado No 3, está compuesta por tecnologías (mecánicas eléctricas, electrónicas, hidráulicas y neumáticas) y sistemas (robot manipulador, brazo desmoldeador, conveyors, cabina de esmaltado, robot esmaltador, sistema gds, sistema sifoneo, célula en general, cabina de pulida y giostra), con los cuales podemos ver su comportamiento en número de horas y eventos de averías en el último año.

TECNOLOGÍAS CÉLULA DE ESMALTADO No 3

Tabla No 3. Número de averías por tecnología celula de esmaltado No 3.

NUMERO AVERIAS TECNOLOGIAS CELULA DE ESMALTADO No 3	
	AÑO 2018 ENERO - OCTUBRE
MECANICO	34
ELECTRICO	14
NEUMATICO	9
ELECTRONICO	6
HIDRAULICO	0
TOTAL AVERIAS	63

Tabla No 4. Número de horas de averías por tecnologías célula No 3.

NUMERO DE HORAS AVERIAS TECNOLOGIAS CELULA DE ESMALTADO No 3	
	AÑO 2018 ENERO - OCTUBRE
ELECTRONICO	55,41
MECANICO	33,95
ELECTRICO	24,60
NEUMATICO	13,73
HIDRAULICO	0,00
TOTAL HORAS AVERIAS	127,69

SISTEMAS CÉLULA DE ESMALTADO No 3

Tabla No 5. Número de averías por sistemas celula de esmaltado No 3.

NUMERO AVERIAS SISTEMAS CELULA DE ESMALTADO No 3	
	AÑO 2018 ENERO - OCTUBRE
ROBOT MANIPULADOR	10
BRAZO DESMOLDEADOR	10
CONVEYORS	10
CABINA ESMALTADO	10
ROBOT ESMALTADOR	8
SISTEMA GDS	7
SISTEMA SIFONEO	4
CELULA GENERAL	2
CABINA PULIDA	1
GIOSTRA	1
TOTAL AVERIAS	63

Tabla No 6. Número de horas de averías por sistemas célula No 3.

NUMERO DE HORAS AVERIAS SISTEMAS CELULA DE ESMALTADO No 3	
	AÑO 2018 ENERO - OCTUBRE
ROBOT MANIPULADOR	59,77
BRAZO DESMOLDEADOR	16,87
ROBOT ESMALTADOR	14,74
CONVEYORS	9,74
SISTEMA GDS	9,18
CABINA ESMALTADO	8,05
SISTEMA SIFONEO	4,92
CELULA GENERAL	1,92
GIOSTRA	1,50
CABINA PULIDA	1,00
TOTAL HORAS AVERIAS	127,69

La necesidad de este trabajo como lo podemos observar a continuación, son las pérdidas económicas para la compañía; esto debido a que con estas averías de la célula de esmaltado No 3 se está afectando la calidad, el cargue al horno, represamientos en la línea e incumplimiento en los planes de producción de cada mes.

Tabla No 7. Costos por averías célula de esmaltado No 3.

PERDIDAS DE PIEZAS POR AVERIAS EN CELULA DE ESMALTADO No 3											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	TOTAL GENERAL
AVERIAS	16	4	10	2	8	6	3	7	3	4	63
No HORAS AVERIAS	19,86	11,09	5,51	3	63,24	2,67	2,66	5,49	8,58	5,59	127,69
PIEZAS PERDIDAS	585	295	151	90	1747	101	85	152	120	138	3464
COSTO PIEZAS (\$)	\$ 8.765.055	\$ 4.419.985	\$ 2.262.433	\$ 1.348.470	\$ 26.175.301	\$ 1.513.283	\$ 1.273.555	\$ 2.277.416	\$ 1.797.960	\$ 2.067.654	\$ 51.901.112

El objetivo de este trabajo, es buscar la manera de reducir el número de averías y tiempos de paradas no programadas de la célula de esmaltado No 3, aplicando la metodología RCM con el cual se le realizarán tareas de mantenimiento más al detalle en cada uno de sus tecnologías y sistemas.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para la Célula de Esmaltado No 3 de la empresa Colceramica optimizando su disponibilidad.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar los sistemas de la Célula de Esmaltado No 3 y elegir el más crítico al cual se le implementará la metodología RCM.
- ✓ Recopilar, clasificar y codificar todos los elementos que componen la Célula de Esmaltado No 3 mediante la norma ISO 14224.
- ✓ Revisar y analizar mediante el método (AMEF) análisis de modo y efectos de falla de la célula de esmaltado No 3.
- ✓ Definir las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias para cada uno de los componentes del sistema de esmaltado de la célula No 3.

3. MARCO TEÓRICO

El mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) ayuda a declarar cuales son las actividades de mantenimiento adecuadas para nuestros equipos; un plan de mantenimiento basado por RCM es muy importante para las empresas, ya que se puede lograr una buena disponibilidad y un gasto adecuado debido a que se realizaran las solicitudes de materiales que realmente necesitemos para nuestro mantenimiento.

Se define el mantenimiento centrado en confiabilidad como un “Proceso usado para determinar que debe hacerse para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que el usuario quiere que haga en su contexto operacional actual”⁵.

Para realizar mantenimiento centrado en confiabilidad tenemos que hacer las siguientes preguntas acerca del sistema o activo que queremos revisar (Moubray, 1991):

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

⁵ MOUBRAY, Jhon Reability Centered Manintenance II Pág. 7.

Fases del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM):

1. Preparación Estudio:

Para iniciar la metodología RCM tendremos que definir y tener muy claros los objetivos y requerimientos del sistema, como también las políticas de la empresa, y tener claro los datos de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y el actual plan de mantenimiento del equipo que queremos estudiar.

2. Análisis y Datos:

Obtener la información de averías, ajustes, planes de mantenimiento, manuales, hojas de vida del sistema o componente que vamos a estudiar.

3. Taxonomía de la planta y selección de sistema a estudiar:

Identificar los elementos o procesos que se estudiarán clasificándolos de forma escalonada; para este paso se debe tener claro cuál va hacer el sistema, equipo y elementos que se estudiará.

4. Definición de fronteras:

Conocer cuáles van hacer los límites de estudio, para así no entrar en otros sistemas y así definir cuáles van hacer las entradas y salidas a estudiar.

5. Definición de funciones:

Definir todas las funciones del activo en cuanto su estado operacional, como funciones primarias, secundarias y funciones de protección del equipo.

6. Análisis de fallas funcionales:

Identificar las fallas del porque el activo no puede realizar sus funciones principales y secundarias como:

- ✓ Que lo llevo a la falla.
- ✓ Cosas que lo pudieron llevar a falla.
- ✓ Pérdida total o parcial de una función.

7. Análisis de fallas funcionales:

Revisar e identificar los hechos que pudieron causar la falla. Se mira el origen de las fallas.

8. Análisis de efectos:

Determinar que sucede cuando nos ocurre la falla funcional y nos permite ver la importancia de las fallas y sus modos.

9. Análisis de criticidad:

Representar la criticidad mediante una matriz donde miramos la probabilidad de ocurrencia y la consecuencia que esa falla nos genera.

10. Selección de tareas de mantenimiento:

✓ Tareas preventivas:

Dividir las tareas de reacondicionamiento cíclicas como fabricar un componente, reparar antes de que falle, tareas de sustitución cíclicas

como la sustitución del componente antes de que falle y tareas de condición como poder mirar y detectar fallas potenciales.

✓ **Tareas predictivas:**

Detectar fallas potenciales que están a punto de ocurrir mediante mantenimiento predictivo, mantenimiento basado en condición y monitoreo.

11. Determinación de la frecuencia:

Estas se realizan para nuestras actividades de monitoreo, reacondicionamiento y definimos los periodos en los cuales se generan estas actividades.

12. Definición del plan preliminar:

Estas tareas asignadas deben realizarse de forma correcta y estar en un plan de mantenimiento donde miremos cada cuanto se tiene que realizar y la persona encargada de que se realice.

13. Arranque del RCM:

Luego de realizar todos estos pasos tenemos listo nuestro RCM, y con la actualización de nuestro plan de mantenimiento debemos llevar un registro y realizar un seguimiento a cada una de las actividades del RCM de nuestro equipo.

4. MARCO CONCEPTUAL

EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

En los últimos años la evolución del mantenimiento se ha incrementado bastante, esto debido a que cada vez las empresas tienen más activos fijos en sus plantas. Con estos cambios a través de los años se han incorporado nuevas técnicas y metodologías que nos ayudan a mantener nuestros activos en una forma operacional adecuada.

Como lo dice Moubray “Buscan en cambio una estructura estratégica que sintetice los nuevos desarrollos en un modelo coherente, para luego evaluarlo y aplicar el que mejor satisfaga sus necesidades y la de las compañías”.⁶

Durante la década de los 30 se empezaron a implementar métodos para el mantenimiento y es donde aparecen las 4 generaciones.

Primera Generación:

La primera generación inicio en 1930 hasta la segunda guerra mundial y se destacó porque solo se reparaban averías, solo se hacía mantenimiento correctivo esto debido a que la industria no estaba altamente mecanizada y para los gerentes de las plantas no era una prioridad la prevención de fallas en los equipos.

Segunda Generación:

Después de la segunda guerra mundial la manera de hacer mantenimiento cambio de una manera drástica debido a que ya no contaban con muchos trabajadores como lo había en la primera generación y esto llevo a las empresas a mecanizar

⁶ MOUBRAY, John Reliability Centered Maintenance II Pág. 7.

sus procesos y se empezaron a realizar revisiones periódicas y fue donde empezó el mantenimiento preventivo.

Los objetivos principales de esta generación fueron tener mayor disponibilidad de planta, mayor vida de los equipos y un menor costo.

Tercera Generación:

En la década de los setenta la industria crecía cada vez más y más lo que llevo a las empresa a mejorar el tipo de mantenimiento que se estaba utilizando esto debido a que si un equipo tenía una avería y generaba pérdidas de producción no se le cumplía al cliente final con su entrega, por lo cual se empezaron a implementar nuevos métodos y técnicas de mantenimiento apuntándole a temas de mayor disponibilidad y confiabilidad en la planta, también en temas de seguridad de los trabajadores, mejor calidad en sus productos, no provocar daños al medio ambiente, mayor vida de los equipos.

Cuarta Generación:

Desde el año 2000 aparece la cuarta generación y con ella llegan las últimas técnicas y metodologías de mantenimiento con las cuales la mayoría de las empresas están trabajando.

Con esta nueva generación se empieza a trabajar en el monitoreo en condición, aparece el método AMEF que es el análisis de modos y causas de falla y también el mantenimiento predictivo el cual estudia la termografía, vibraciones, análisis de aceites para así poder prevenir futuras averías que puedan suceder.

5. METODOLOGIA

La metodología a implementar en el presente trabajo será la de RCM; con la cual se podrá describir actividades muy detalladas para nuestros sistemas o procesos de nuestros activos, para esto aplicaremos los 7 pasos básicos los cuales son:

Paso No 1: Recopilación de la información y selección del sistema.

Para dar inicio a nuestra metodología RCM, tenemos que empezar con la selección de nuestro equipo que vamos a estudiar y lo hacemos evaluando temas como numero de averías, ajustes, tiempos de mantenimientos, medio ambiente y seguridad.

Paso No 2: Definición de nuestras fronteras.

Este paso es muy importante ya que en el definiremos las funciones más importantes y también para mirar las entradas y salidas de nuestros sistemas.

Paso No 3: Diagrama Funcional.

Luego de tener claras cuáles van hacer nuestras fronteras vamos a construir nuestro diagrama funcional donde vamos a dividir nuestro conjunto en subsistemas.

Paso No 4: Funciones del sistema y fallas funcionales.

En este paso debemos definir cuáles son todas las funciones de nuestro sistema y luego cuáles son sus posibles fallas funcionales que le afecten para cumplir su función principal.

Paso No 5: Análisis de modos de falla.

Luego de tener nuestras fallas funcionales procedemos a analizar los modos de falla que son en si la causa raíz del problema por el cual puede ocurrir esa falla funcional.

Paso No 6: Selección de tareas.

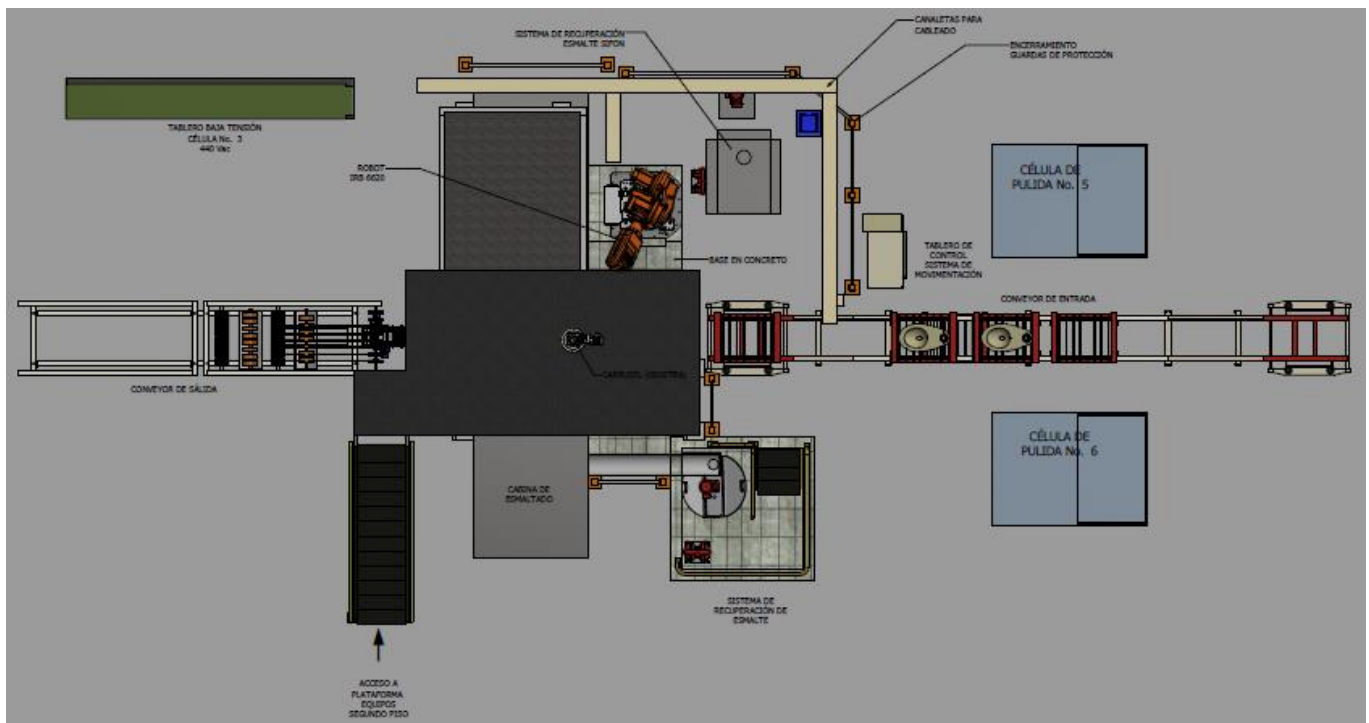
Teniendo nuestros modos de falla de todo nuestro sistema podemos realizar la lista de tareas que vamos a realizar en nuestro mantenimiento en el cual tendremos una lista de tareas con las cuales vamos a evitar esos posibles modos de falla.

6. SELECCIÓN DE FRONTERAS Y CARACTERISITCAS

La célula de esmaltado No 3 está compuesta principalmente por 2 cabinas de pulida, 1 sistema de conveyor de entrada, 1 sistema de esmaltado de sifón, 1 sistema de esmaltado de la pieza y 1 sistema de conveyor de salida.

PLANO FUNCIONAL CELULA DE ESMALTADO No 3:

Figura No. 1 Plano funcional Célula Esmaltado No 3.



Fuente: Corona Madrid.

En la figura No 1 podemos observar el proceso y equipos principales que conforman la célula de esmaltado, El proceso se inicia en las cabinas de pulida donde los operarios pulen las piezas y luego las envían a través del sistema de conveyor de entrada el cual transporta la pieza hacia el sistema de sifoneo en el cual un robot tiene la pieza y esmalta el sifón del sanitario en su parte interior,

Figura No 2. Vista General Célula Esmaltado No 3.



7. MATRIZ MODO FALLA COMPONENTE

Con la matriz modo falla componente vamos a saber cuál es nuestro sistema más crítico al cual le aplicaremos el RCM, esta matriz consiste en clasificar las averías según los sistemas en este caso: sistema de cargue, sistema de sifoneo, sistema de esmaltado y sistema de descargue, luego de tener nuestros sistemas se procede a clasificar las averías por fallas eléctricas o electrónicas (Potencia, control, programa) o fallas mecánicas (Hidráulica, neumática, lubricación, elementos mecánicos).

Registraremos cada avería que suceda en el sistema y tecnología con una línea hasta formar un cuadro cruzado.

CODIGO EQUIPO:	NOMBRE: CELULA DE ESMALTADO No 3	ZONA DE MAQUINA	COMPONENTE DEL SISTEMA	FALLAS ELECTRICAS Y ELECTRONICAS			FALLAS MECANICAS			
				POTENCIA (motores, variadores de velocidad, etc.)	CONTROL (sensores, contactos, bobinas, etc.)	PROGRAMA (PLC o controlador, computador, pantalla de operación)	HIDRÁULICA	NEUMÁTICA	LUBRICACIÓN	ELEMENTOS MECANICOS
	Sistema		SISTEMA CARGUE							
			SISTEMA DESCARGUE							
			SISTEMA ESMALTADO							
			SISTEMA SIFONEO							

Se clasifican las averías con 2 parámetros:

- ✓ Averías Leves: Menores a 60 minutos.
- ✓ Averías Graves: Mayores a 60 minutos.

Con respecto a las tecnologías que más afectan la célula de esmaltado son las averías que suceden por fallas en elementos mecánicos con un total de 88 averías.

- ✓ Fallas por Potencia (Motores, Variadores de velocidad): 3 leves, 5 graves.
- ✓ Fallas por Control (Sensores, Contactos, Bobinas): 14 leves, 15 graves.
- ✓ Fallas por Programa (PLC, Computador): 6 leves, 5 graves.
- ✓ Fallas por Hidráulica: Sin Averías.
- ✓ Fallas por Neumática: 9 leves, 6 graves.
- ✓ Fallas por Lubricación: 3 leves, 0 graves.
- ✓ Fallas por Elementos Mecánicos: 55 leves, 33 graves.

CÓDIGO EQUIPO: NOMBRE:	ZONA DE MÁQUINA	COMPONENTE DEL SISTEMA	FALLAS ELÉCTRICAS Y ELECTRONICAS						FALLAS MECANICAS								
			POTENCIA (motores, variadores de velocidad, etc.)		CONTROL (releves, contactor, bobinas, etc.)		PROGRAMA (PLC o controlador, computador, pantalla de operación)		HIDRÁULICA		NEUMÁTICA		LUBRICACIÓN		ELEMENTOS MECANICOS		
FRECUCENCIA MODOS DE FALLA																	
	TOTAL MES			3	5	14	15	6	5	0	0	9	6	3	0	55	33
				LEVES	GRAVES	LEVES	GRAVES	LEVES	GRAVES	LEVES	GRAVES	LEVES	GRAVES	LEVES	GRAVES	LEVES	GRAVES
				8		29		11				15		3		88	
			154														

En los sistemas que componen la célula de esmaltado No 3 se tienen los siguientes datos:

- ✓ Sistema de cargue: 12 leves, 4 graves.
- ✓ Sistema de descargue: 21 leves, 19 graves.
- ✓ Sistema de esmaltado: 47 leves, 28 graves.
- ✓ Sistema de sifoneo: 10 leves, 13 graves.

NOMBRE: CELULA DE ESMALTADO No 3	CODIGO EQUIPO:	NOMBRE DE MAQUINA	COMPONENTE DEL SISTEMA	FRECUENCIA DE NÚMERO DE AVERIAS																												TOTAL MES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

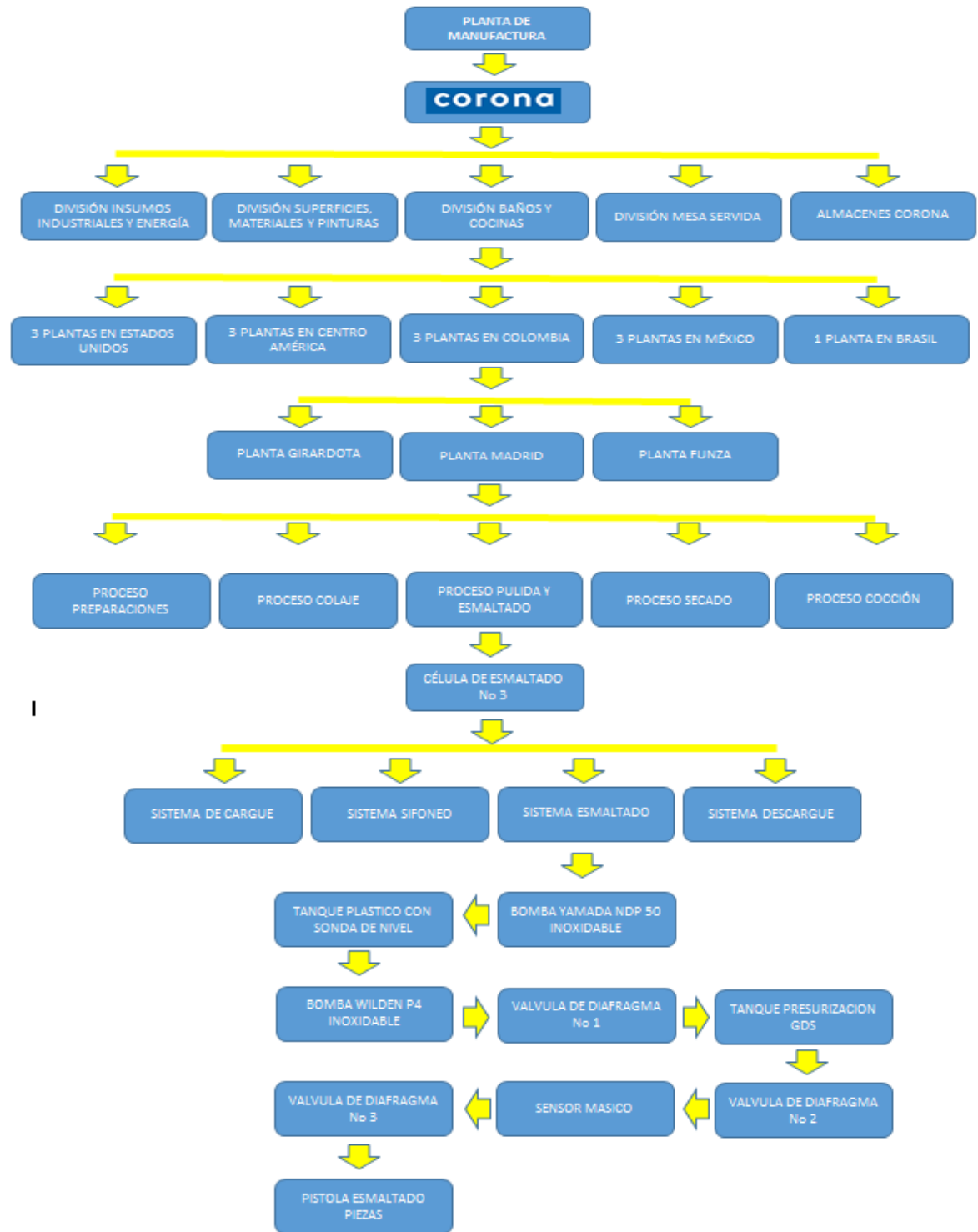
Como podemos observar nuestro sistema con más número de averías es el sistema de esmaltado que está compuesto por:

- ✓ Bomba Yamada NDP 50.
- ✓ Tanque Plástica.
- ✓ Bomba Wilden P4.
- ✓ Válvulas De Diafragma.
- ✓ Sensor Másico.
- ✓ Pistola Esmaltado Piezas.

8. JERARQUIA EQUIPOS NORMA 14224

A continuación podemos ver la jerarquía de la célula de esmaltado No 3, en la cual inicia con su tipo de industria que es manufactura, posteriormente sigue con la compañía (Corona), luego toda su estructura organizacional (División insumos industriales y energía, División superficies, materiales y pinturas, División baños y cocinas, División mesa servida, Almacenes corona), posteriormente sus plantas de fabricación de todos sus productos (Plantas en Estados Unidos, Centro América, Colombia, México, Brasil), después sus plantas donde fabrica sus sanitarios y lavamanos (Planta Madrid, Planta Girardota, Planta Funza), a continuación sus procesos de fabricación (Proceso de preparaciones, Colaje, Secado, Pulida y Esmaltado, Cocción), y finalmente dentro del proceso de pulida y esmaltado se encuentra nuestra Célula de esmaltado No 3 con sus sistemas, subsistemas y equipos que componen el sistema de esmaltado en el cual nos enfocaremos para el realizar nuestro RCM debido a que es el sistema que más averías nos ha presentado desde el 2017.

Figura No 3. Jerarquización Colceramica.



9. CODIFICACION DE EQUIPO Y MAQUINARIA

Para realizar un análisis de criticidad de equipos lo primero que debemos hacer es una lista con todos los equipos que componen el sistema de esmaltado de la Célula de esmaltado No 3, todo esto con el fin de tener la información técnica de nuestra máquina para así poder gestionar y manejar la información de una manera eficiente y poder llevarla en una base de datos.

Primero codificamos nuestros equipos semejantes en la planta como lo son las 5 Células de esmaltado:

Tabla No 8. Codificación Células De Esmaltado.

CÓDIGO	PULIDA Y ESMALTADO
CEL01	Célula De Esmaltado No 1
CEL02	Célula De Esmaltado No 2
CEL03	Célula De Esmaltado No 3
CEL04	Célula De Esmaltado No 4
CEL05	Célula De Esmaltado No 5

Luego codificamos los sistemas que componen a la Célula de esmaltado No 3:

Tabla No 9. Codificación Sistemas Célula No 3.

CÓDIGO	SISTEMAS CELULA No 3
CEL03-SC01	Sistema Cargue
CEL03-SS01	Sistema Sifoneo
CEL03-SE01	Sistema Esmaltado
CEL03-SD01	Sistema Descargue

Por ultimo codificamos todos los equipos que componen al sistema de esmaltado:

Tabla No 10. Codificación Equipos Sistema Esmaltado Célula No 3.

CÓDIGO	EQUIPO
CEL03-SE01-BO01	Bomba Yamada NDP 50 Inoxidable
CEL03-SE01-TQ01	Tanque Plastico Con Sonza De Nivel
CEL03-SE01-BO02	Bomba Wilden P4 Inoxidable
CEL03-SE01-VA01	Valvula De Diafragma No 1
CEL03-SE01-TQ02	Tanque Presurización GDS
CEL03-SE01-VA02	Valvula De Diafragma No 2
CEL03-SE01-SM01	Sensor Masico
CEL03-SE01-VA03	Valvula De Diafragma No 3
CEL03-SE01-PI01	Pistola Esmaltado Piezas

10. CRITICIDAD DE EQUIPOS

A continuación, realizaremos la criticidad de equipos la cual nos permite clasificar nuestros equipos según el impacto que estos generan en nuestro proceso, después de saber cuál es la criticidad de cada uno de nuestros equipos podremos tomar decisiones con respecto a presupuestos y recursos de mantenimiento.

Vamos a utilizar la estrategia de riesgo de manera cualitativa, clasificaremos nuestros equipos con los siguientes criterios: seguridad, ambiental, mantenimiento, producción, habilidad y calidad.

Asignaremos un valor dependiendo su frecuencia, efecto e importancia que puede generar una avería según el criterio.

Calcularemos la criticidad de nuestro ítem evaluado multiplicando los siguientes valores:

$$C = F * I * E$$

Donde:

C: Criticidad de nuestro equipo en el proceso.

F: Frecuencia que genera el evento.

I: Importancia que genera el evento.

E: Efecto que genera en nuestro proceso.

Para poder determinar nuestro número de prioridad de riesgo (NPR) debemos sumar los valores de criticidad para cada uno de nuestros criterios evaluados.

$$NPR: SUMA (Cs + Ca + Cp + Cm + Cc + Ch)$$

Donde:

✓Cs: Criticidad seguridad.

✓Ca: Criticidad ambiental.

✓Cp: Criticidad producción.

✓Cm: Criticidad mantenimiento.

✓ Ch: Criticidad habilidad requerida.

Clasificaremos nuestros equipos de mayor a menor según la calificación NPR:

Tipo A: Equipos críticos (30% de los equipos de mayor NPR)

Tipo B: Importantes (40% de los equipos de mayor NPR)

Tipo C: Normales (Siguiendo equipos de la lista)

Valores según el riesgo:

SEGURIDAD:

FRECUENCIA: Frecuencia con la que se presenta la exposición al riesgo.

1. Remotamente posible o una vez al mes.
2. Ocasionalmente o una vez por semana.
4. Frecuentemente o una vez al día.
5. La situación ocurre muchas veces al día.

IMPORTANCIA: Posibilidad de que una vez presentada la situación de riesgo origine un accidente.

1. Nunca ha sucedido, pero es posible.
2. Sería una coincidencia rara.
4. Es completamente posible.
5. Es el resultado más probable si la situación tiene lugar.

EFFECTO: Daño ocasionado.

1. Heridas leves o contundentes.
2. Lesiones con incapacidad menor o igual a 5 días.
4. Lesiones con incapacidad mayor a 5 días.
5. Muerte, lesiones con incapacidad permanente.

AMBIENTAL:

FRECUENCIA: Frecuencia con la que se presenta la exposición al riesgo.

1. Remotamente posible o una vez al mes.
2. Ocasionalmente o una vez por semana.
4. Frecuentemente o una vez al día.
5. La situación ocurre muchas veces al día.

IMPORTANCIA: Posibilidad de que una vez presentada la situación de riesgo origine un daño ambiental.

1. Nunca ha sucedido, pero es posible.
2. Sería una coincidencia rara.
4. Es completamente posible.
5. Es el resultado más probable si la situación tiene lugar.

EFEECTO: Daño ocasionado.

1. Derrames, emisiones y fugas pequeñas.
2. Daños ambientales con menos o iguales a 3 meses para recuperación.
4. Daños ambientales con más de 3 meses de recuperación.
5. Contaminación ambiental irreversible o con más de un año para recuperar el daño ambiental.

PRODUCCIÓN:

FRECUENCIA: Promedio de paros no programados por proceso.

1. Anual.
2. Mensual.
3. Quincenal.
4. Semanal.

5. Diario.

IMPORTANCIA: Tiempo promedio del paro por proceso.

1. Menos a 5 minutos.
3. Entre 15 a 30 minutos.
5. Mayor a 30 minutos.

EFFECTO: ¿Es un equipo cuello de botella?

1. Entrega productos del equipo.
3. Entrega productos en línea
5. Entrega productos de planta.

MANTENIMIENTO:

FRECUENCIA: Promedio de paros del equipo por avería.

1. Anual.
2. Mensual.
3. Quincenal.
4. Semanal.
5. Diario.

IMPORTANCIA: Tiempo promedio del paro por avería.

1. Menos a 5 minutos.
3. Entre 15 a 30 minutos.
5. Mayor a 30 minutos.

EFFECTO: ¿Es un equipo cuello de botella?

1. Entrega productos del equipo.
3. Entrega productos en línea
5. Entrega productos de planta.

CALIDAD:

FRECUENCIA: Porcentaje de producto defectuoso generado.

1. Menor al 0,5%.
2. Entre el 0,5 y 1%.
3. Entre el 1 y 2%.
4. Entre 2 y 4%.
5. Mayor al 4%.

IMPORTANCIA: Regulación y calibración requeridas.

1. Asistencia autónoma.
3. Asistencia del jefe.
5. Asistencia técnica.

EFFECTO: Es la probabilidad de detectar el defecto.

1. Baja.
3. Media.
5. Alta.

HABILIDAD: Se requiere la operación y/o mantenimiento del equipo personal con habilidad y experiencia.

1. Baja.
3. Media.
5. Alta.

De esta manera realizamos en el análisis de criticidad para los 9 equipos que conforman el sistema de esmaltado de la célula de esmaltado No 3 obteniendo los siguientes resultados:

Bomba Yamada NDP 50 Inoxidable:

Tabla No 11. Criticidad Bomba Yamada NDP 50 Inoxidable.

<i>Criterios</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Importancia</i>	<i>Efecto</i>	<i>Criticidad</i>	<i>NPR</i>
<i>Seguridad</i>	1	2	1	3	98
<i>Ambiental</i>	1	1	1	1	
<i>Producción</i>	3	3	1	9	
<i>Mtto</i>	2	3	1	6	
<i>Calidad</i>	3	5	5	75	
<i>Habilidad</i>		3		3	

Tanque Plástico Con Sonda De Nivel:

Tabla No 12. Criticidad Tanque Plástico Con Sonda De Nivel.

<i>Criterios</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Importancia</i>	<i>Efecto</i>	<i>Criticidad</i>	<i>NPR</i>
<i>Seguridad</i>	2	2	1	4	60
<i>Ambiental</i>	1	1	1	1	
<i>Producción</i>	2	3	1	6	
<i>Mtto</i>	1	1	1	1	
<i>Calidad</i>	3	5	3	45	
<i>Habilidad</i>		3		3	

Bomba Wilden P4 Inoxidable:

Tabla No 13. Criticidad Bomba Wilden P4 Inoxidable.

<i>Criterios</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Importancia</i>	<i>Efecto</i>	<i>Criticidad</i>	<i>NPR</i>
<i>Seguridad</i>	1	2	1	3	98
<i>Ambiental</i>	1	1	1	1	
<i>Producción</i>	3	3	1	9	
<i>Mtto</i>	2	3	1	6	
<i>Calidad</i>	3	5	5	75	
<i>Habilidad</i>		3		3	

Válvula De Diafragma No 1:

Tabla No 14. Criticidad Válvula De Diafragma No 1.

<i>Criterios</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Importancia</i>	<i>Efecto</i>	<i>Criticidad</i>	<i>NPR</i>
<i>Seguridad</i>	1	1	1	1	59
<i>Ambiental</i>	1	1	1	1	
<i>Producción</i>	2	3	1	6	
<i>Mtto</i>	1	3	1	3	
<i>Calidad</i>	3	5	3	45	
<i>Habilidad</i>		3		3	

Tanque Presurización GDS:

Tabla No 15. Criticidad Tanque Presurización GDS.

<i>Criterios</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Importancia</i>	<i>Efecto</i>	<i>Criticidad</i>	<i>NPR</i>
<i>Seguridad</i>	1	3	3	9	124
<i>Ambiental</i>	1	1	1	1	
<i>Producción</i>	2	3	3	18	
<i>Mtto</i>	2	3	3	18	
<i>Calidad</i>	3	5	5	75	
<i>Habilidad</i>		3		3	

Válvula De Diafragma No 2:

Tabla No 16. Criticidad Válvula De Diafragma No 2.

<i>Criterios</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Importancia</i>	<i>Efecto</i>	<i>Criticidad</i>	<i>NPR</i>
<i>Seguridad</i>	1	1	1	1	59
<i>Ambiental</i>	1	1	1	1	
<i>Producción</i>	2	3	1	6	
<i>Mtto</i>	1	3	1	3	
<i>Calidad</i>	3	5	3	45	
<i>Habilidad</i>		3		3	

Sensor Másico:

Tabla No 17. Criticidad Sensor Másico.

<i>Criterios</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Importancia</i>	<i>Efecto</i>	<i>Criticidad</i>	<i>NPR</i>
<i>Seguridad</i>	1	3	3	9	126
<i>Ambiental</i>	1	1	1	1	
<i>Producción</i>	2	3	3	18	
<i>Mtto</i>	2	3	3	18	
<i>Calidad</i>	3	5	5	75	
<i>Habilidad</i>		5		5	

Válvula De Diafragma No 3:

Tabla No 18. Criticidad Válvula De Diafragma No 3.

<i>Criterios</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Importancia</i>	<i>Efecto</i>	<i>Criticidad</i>	<i>NPR</i>
<i>Seguridad</i>	1	1	1	1	59
<i>Ambiental</i>	1	1	1	1	
<i>Producción</i>	2	3	1	6	
<i>Mtto</i>	1	3	1	3	
<i>Calidad</i>	3	5	3	45	
<i>Habilidad</i>		3		3	

Pistola Esmaltado Piezas:

Tabla No 19. Criticidad Pistola Esmaltado Piezas.

<i>Criterios</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Importancia</i>	<i>Efecto</i>	<i>Criticidad</i>	<i>NPR</i>
<i>Seguridad</i>	2	2	3	12	200
<i>Ambiental</i>	2	2	1	4	
<i>Producción</i>	2	3	3	18	
<i>Mtto</i>	4	3	3	36	
<i>Calidad</i>	5	5	5	125	
<i>Habilidad</i>		5		5	

Con los anteriores resultados podemos concluir que para el sistema de esmaltado de la Célula No 3 tiene unos equipos críticos para nuestro proceso y que tienen un valor de mayor impacto en los parámetros de criticidad como los son la seguridad, ambiental, producción, mantenimiento, calidad y habilidad.

Tabla No 20. Criticidad Equipos Sistema Esmaltado Célula No 3.

CÓDIGO	EQUIPO	NPR	CRITICIDAD
CEL03-SE01-BO01	Bomba Yamada NDP 50	98	IMPORTANTE
CEL03-SE01-TQ01	Tanque Plástico Sonda N.	60	IMPORTANTE
CEL03-SE01-BO02	Bomba Wilden P4	98	IMPORTANTE
CEL03-SE01-VA01	Válvula De Diafragma No 1	59	IMPORTANTE
CEL03-SE01-TQ02	Tanque Presurización GDS	124	CRITICO
CEL03-SE01-VA02	Válvula De Diafragma No 2	59	IMPORTANTE
CEL03-SE01-SM01	Sensor Másico	126	CRITICO
CEL03-SE01-VA03	Válvula De Diafragma No 3	59	IMPORTANTE
CEL03-SE01-PI01	Pistola Esmaltado Piezas	200	CRITICO

Con la anterior tabla nuestro equipo con mayor criticidad para nuestro proceso productivo es la pistola de esmaltado de piezas con un valor NPR de 200 debido al impacto que tiene en temas de seguridad, ambiental, producción, calidad y habilidad en el proceso.

11. ESTÁNDARES DE OPERACIÓN

Tabla No 21. Estándares operación Célula No 3.

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	IMAGEN DEL ELEMENTO	INTERFACES (ENTRADAS/SALIDAS)
Bomba Yamada NDP 50 Inoxidable.	Marca: Yamada NDP50. Material: Acero Inox de 2" rosca hembra NPT. Entrada Aire: ¾" Rosca Hembra NPT. Escape Aire: 1" Rosca Hembra NPT. Presión suministro aire: 20 a 100 PSI. Temperatura máxima del fluido: 82° C.		Entradas: - Aire Comprimido. - Esmalte. Salidas: Esmalte a presión.

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERISTICAS TÉCNICAS	IMAGEN DEL ELEMENTO	INTERFACES (ENTRADAS/SALIDAS)
Tanque Plástico Con Sonda De Nivel.	Material: Plástico.		Entradas: Esmalte. Salidas: Esmalte.
ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERISTICAS TÉCNICAS	IMAGEN DEL ELEMENTO	INTERFACES (ENTRADAS/SALIDAS)
Bomba Wilden P4 Inoxidable.	Material: Acero Inoxidable 316. Máxima Presión: 8,6 Bar. Tasa De Flujo: 306,5 LPM.		Entradas: Esmalte. Aire Comprimido. Salidas: Esmalte a presión.

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERISTICAS TÉCNICAS	IMAGEN DEL ELEMENTO	INTERFACES (ENTRADAS/SALIDAS)
Válvula De Diafragma No 1.	Material: Válvula de diafragma tipo DIASTAR de ABS Serie 025, DA (doble efecto) Con bridas fijas de ABS ISO/DIN. Dimensiones de conexión: ISO 7005 / EN 1092 / DIN 2501 PN10 / BS4504.		Entradas: Esmalte. Salidas: Esmalte.
ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERISTICAS TÉCNICAS	IMAGEN DEL ELEMENTO	INTERFACES (ENTRADAS/SALIDAS)
Tanque Presurización GDS.	Material: Acero Inoxidable.		Entradas: Esmalte. Aire Comprimido. Salidas: Esmalte.

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERISTICAS TÉCNICAS	IMAGEN DEL ELEMENTO	INTERFACES (ENTRADAS/SALIDAS)
Válvula De Diafragma No 2.	Material: Válvula de diafragma tipo DIASTAR de ABS Serie 025, DA (doble efecto) Con bridas fijas de ABS ISO/DIN. Dimensiones de conexión: ISO 7005 / EN 1092 / DIN 2501 PN10 / BS4504.		Entradas: Esmalte. Salidas: Esmalte.
ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERISTICAS TÉCNICAS	IMAGEN DEL ELEMENTO	INTERFACES (ENTRADAS/SALIDAS)
Sensor Másico.	Material: Acero Inoxidable. Marca: Masflo Danfoss. Tipo: Mass 2100.		Entradas: Esmalte. Aire Comprimido. Salidas: Esmalte.

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERISTICAS TÉCNICAS	IMAGEN DEL ELEMENTO	INTERFACES (ENTRADAS/SALIDAS)
Válvula De Diafragma No 3.	Material: Válvula de diafragma tipo DIASTAR de ABS Serie 025, DA (doble efecto) Con bridas fijas de ABS ISO/DIN. Dimensiones de conexión: ISO 7005 / EN 1092 / DIN 2501 PN10 / BS4504.		Entradas: Esmalte. Salidas: Esmalte.
ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERISTICAS TÉCNICAS	IMAGEN DEL ELEMENTO	INTERFACES (ENTRADAS/SALIDAS)
Pistola Esmaltado Piezas.	Marca: Devilbiss. Peso: 668 g. Tamaño; 140x67. Presión Entrada Max: 7 Bar. Temp. Max: 40° C.		Entradas: Esmalte. Aire Comprimido. Salidas: Esmalte a presión.

12. ANALISIS, MODOS Y EFECTOS DE FALLA

Se usara la herramienta AMEF para analizar la confiabilidad en nuestros 9 equipos del sistema de esmaltado de nuestra Célula de esmaltado No 3, con los cuales les realizaremos su plan de mantenimiento y nos responderemos las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las funciones de nuestro equipo?
2. ¿En qué falla nuestro equipo con respecto a su función?
3. ¿Qué causa la falla del equipo?
4. ¿Qué efectos causa cuando el equipo presenta la falla?
5. ¿Qué ocurre si falla nuestro equipo?
6. ¿Qué estrategias se pueden generar para evitar la falla del equipo?
7. ¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea para evitar la falla?

Manejaremos el siguiente formato para el análisis AMEF de cada uno de nuestros equipos:

Tabla No 22. Formato AMEF.

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
PROCESO			AMEF NÚMERO		
EQUIPO			VERSIÓN AMEF		
FUNCIÓN	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	MODOS DE FALLA	EFECTOS DE FALLA	FALLA OCULTA?

A continuación, realizaremos el AMEF a los 9 equipos de nuestro proceso en donde determinaremos la función del equipo, sus modos de falla, sus efectos de falla y si la falla presentada es oculta o no.

Tabla No 23. AMEF Bomba Yamada NDP 50.

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
PROCESO	CELULA ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	1	
EQUIPO	BOMBA NDP 50		VERSIÓN AMEF	1	
FUNCIÓN	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	MODULO DE FALLA	EFECTOS DE FALLA	FALLA OCULTA?
Envío de esmalte al tanque de almacenamiento de esmalte.	1.1	No envío de esmalte.	Asientos de las camaras desgastadas.	Cambió del asiento de la camara para obtener su funcionamiento normal.	Si
	1.2		Bolas cheque desgastadas.	Cambió de las bolas para obtener su funcionamiento normal.	Si
	1.3		Cuerpo extraño entre la bola y el aciento.	Revisar los alojamientos de la bola y el cheque para observar si hay cuerpos extraños en dichos elementos.	Si
	1.4		Sedimentación en el manifold superior o manifold base.	Revisar la salida del esmalte para verificar si hay alguna sedimentación o esta fluyendo el esmalte correctamente.	Si
	1.5		Ruptura del diafragma.	Cambió de la bomba colocando la bomba de repuesto ya que el cambio del diafragma nos demoraria mucho tiempo.	Si
	1.6		Tuberia de descarga sedimentada.	Revisar si el esmalte esta saliendo con los caudales adecuados por la tuberia.	Si
	1.7		Falta de presión de aire en la bomba.	Revisar la lectura del manometro verificando que esten las condicioens operativas de la bomba.	No
	1.8		Falla en la válvula de aire de la bomba por desgaste de elementos.	Revisar la camisa y el spool de la válvula de aire observando sus posibles desgastes, si esto sucede realizar cambio de la valvula de aire.	Si
	1.9		Desgaste o fatiga de los elementos internos del bloque como son oring, valvula piloto, buje, eje.	Cambió de la bomba colocando la bomba de repuesto ya que el cambio de sus elementos nos demoraria mucho tiempo.	Si
	1.10		Desgaste en parte interna de la camara humeda.	Cambió de la bomba colocando la bomba de repuesto ya que el cambio de la camara nos demoraria mucho tiempo.	Si

Tabla No 24. AMEF Tanque Plastico Con Sensor De Nivel.

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	2	
EQUIPO	TANQUE PLASTICO CON Sonda DE NIVEL		VERSIÓN AMEF	1	
FUNCIÓN	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA	FALLA OCULTA?
Almacenamiento del esmalte para mantener una condición de viscosidad para la aplicación y suministrar el esmalte a las celulas.	2.1	No apertura de la válvula de envío.	El vástago de apertura se rompe.	Cambió de válvula si se llega a romper el vástago.	Si
	2.2		Actuador de la válvula sin apertura.	Cambió de actuador por paso de aire en las camaras.	No
	2.3		No hay suministro de aire.	Cambió de unidad de mantenimiento o válvula de cierre.	No
	2.4		Electrovalvula con falla sin corriente.	Cambió de electrovalvula porque la bobina no funciona correctamente.	No
	2.5		Paso del esmalte sin control.	Cambió de la lentejuela o diafragma de la válvula.	Si
	2.6	Agitador no funciona.	Reductor sin giro.	Cambió de acople de cadena o neumático por desgaste.	No
	2.7		Motor desfasado.	Cambió de motor o cambió de contactor por que no le llega la corriente desfasado.	No
	2.8		Aletas sueltas.	Cambió de tornilleria de las aletas.	No
	2.9	Tuberia fisurada.	Tramos de tuberia con fuga debido al rozamiento.	Cambió de tuberia por fisuras y fugas de esmalte.	No
	2.10		Sedimentación de la tuberia por no utilización.	Cambió o lavado de tramos de tuberia por donde se encuentra sedimentada.	Si

Tabla No 25. AMEF Bomba Wilden P4.

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	3	
EQUIPO	BOMBA WILDIN P4		VERSIÓN AMEF	1	
FUNCIÓN	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	MODULO DE FALLA	EFECTOS DE FALLA	FALLA OCULTA?
Envío esmalte al tanque de presurización GDS.	3.1	No envío de esmalte.	Asientos de las camaras desgastas.	Cambió del asiento de la camara para obtener su funcionamiento normal.	Si
	3.2		Bolas cheque desgastadas.	Cambió de las bolas para obtener su funcionamiento normal.	Si
	3.3		Cuerpo extraño entre la bola y el aciento.	Revisar los alojamientos de la bola y el cheque para observar si hay cuerpos extraños en dichos elementos.	Si
	3.4		Sedimentación en el manifold superior o manifold base.	Revisar la salida del esmalte para verificar si hay alguna sedimentación o esta fluyendo el esmalte correctamente.	Si
	3.5		Ruptura del diafragma.	Cambió de la bomba colocando la bomba de repuesto ya que el cambio del diafragma nos demoraria mucho tiempo.	Si
	3.6		Tuberia de descarga sedimentada.	Revisar si el esmalte esta saliendo con los caudales adecuados por la tuberia.	Si
	3.7		Falta de presión de aire en la bomba.	Revisar la lectura del manometro verificando que esten las condicioens operativas de la bomba.	No
	3.8		Falla en la valvula de aire de la bomba por desgaste de elementos.	Revisar la camisa y el spool de la valvula de aire observando sus posibles desgastes, si esto sucede realizar cambio de la valvula de aire.	Si
	3.9		Desgaste o fatiga de los elementos internos del bloque como son oring, valvula piloto, buje, eje.	Cambió de la bomba colocando la bomba de repuesto ya que el cambio de sus elementos nos demoraria mucho tiempo.	Si
	3.10		Desgaste en parte interna de la camara humeda.	Cambió de la bomba colocando la bomba de repuesto ya que el cambio de la camara nos demoraria mucho tiempo.	Si

Tabla No 26. AMEF Valvula De Diafragma No 1.

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	4	
EQUIPO	VÁLVULA DE DIAFRAGMA No 1		VERSIÓN AMEF	1	
FUNCIÓN	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA	FALLA OCULTA?
Suministrar el esmalte al tanque de presurización gds.	4.1	No hay paso de esmalte.	Diafragma roto.	Cambió de diafragma roto.	Si
	4.2		Resortes rotos.	Cambió de válvula completa.	Si
	4.3		Paso entre la cámara de aire y diafragma por el vástago.	Cambio de válvula completa.	Si
	4.4	No hay suministro de aire.	Electrovalvula sin paso de aire para la apertura de aire.	Bobina no energiza y hay que cambiarla.	No

Tabla No 27. AMEF Tanque Presurización GDS.

HOJA ANALISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	5	
EQUIPO	TANQUE PRESURIZACIÓN GDS		VERSIÓN AMEF	1	
FUNCIÓN	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA	FALLA OCULTA?
Mantener cierta cantidad de esmalte para la aplicación de esmalte a la pistola.	5.1	No hay suministro de esmalte.	Sensores no dan señal para suministro del esmalte.	Sensores empastados, limpieza de sensores.	No
	5.2		La bomba que suministra esmalte no envía esmalte.	Por falta de apertura de aire por bomba con falla.	No
	5.3		Válvula de diafragma no abre.	Por falta de apertura de aire o fallas internas de la válvula.	Si
	5.4		Falso contacto de señal de sensores.	Cables sulfatados o con falso contacto, revisión y ajuste de sensores.	No
	5.5	No hay suministro de aire.	Válvula proporcional no regula y no hay paso de aire.	Válvula tapada o sedimentada, cambió de válvula proporcional.	Si

Tabla No 28. AMEF Valvula De Diafragma No 2.

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	6	
EQUIPO	VÁLVULA DE DIAFRAGMA No 2		VERSIÓN AMEF	1	
FUNCIÓN	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA	FALLA OCULTA?
Suministrar el esmalte al sensor másico.	6.1	No hay paso de esmalte.	Diafragma roto.	Cambió de diafragma roto.	Si
	6.2		Resortes rotos.	Cambió de válvula completa.	Si
	6.3		Paso entre la camara de aire y diafragma por el vástago.	Cambió de válvula completa.	Si
	6.4	No hay suministro de aire.	Electrovalvula sin paso de aire para la apertura de aire.	Bobina no energiza y hay que cambiarla.	No

Tabla No 29. AMEF Sensor Masico.

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	7	
EQUIPO	SENSOR MASICO		VERSIÓN AMEF	1	
FUNCIÓN	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA	FALLA OCULTA?
Suministrar el caudal necesario para la aplicación del esmalte con una grafica determinada según sus condiciones.	7.1	Sedimentación de esmalte.	No suministra esmalte a la pistola para la aplicación.	Por falta del lavado del sistema del sensor, lavado del sistema.	Si
	7.2	Cables en la conexión sulfatados.	Conector sulfatado.	Por caída de agua o elevación de temperaturas, cambio de conectores.	No
	7.3		Pines de conexión sueltos o rotos.	Por mala conexión o instalacion, cambio de pines.	No

Tabla No 30. AMEF Valvula De Diafragma No 3.

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	8	
EQUIPO	VÁLVULA DE DIAFRAGMA No 3		VERSIÓN AMEF	1	
FUNCIÓN	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA	FALLA OCULTA?
Suministrar el esmalte a la pistola para su aplicación.	8.1	No hay paso de esmalte.	Diafragma roto.	Cambió de diafragma roto.	Si
	8.2		Resortes rotos.	Cambió de válvula completa.	Si
	8.3		Paso entre la camara de aire y diafragma por el vastago.	Cambió de válvula completa.	Si
	8.4	No hay suministro de aire.	Electrovalvula sin paso de aire para la apertura de aire.	Bobina no energiza y hay que cambiarla.	No

Tabla No 31. AMEF Pistola Esmaltado Piezas.

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	9	
EQUIPO	PISTOL ESMALTADO PIEZAS AG 361		VERSIÓN AMEF	1	
FUNCIÓN	COD. FF	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA	FALLA OCULTA?
Esmaltado de piezas pistola.	9.1	No hay suministro de esmalte para la aplicación.	Apertura de aguja.	No hay suministro de aire, verificación de entrada de aire.	No
	9.2		Electrovalvula no energiza.	No hay apertura de aguja, revisión de electrovalvula.	Si
	9.3		Piston Roto.	Daño de oring del piston, cambió de elementos.	Si
	9.4		Taponamiento de pico.	No suministro de esmalte, bajar pico o cambió por rotura.	Si
	9.5		Rotura de aguja.	No hace apertura, cambió de aguja.	Si
	9.6		Taponamiento de manguera.	No suministra esmalte, limpieza de manguera o cambio.	No
	9.7		Racor roto.	No hay suministro de esmalte, cambió de racor.	No
	9.8	Manguera de apertura de aguja.	Manguera rota o dablada.	No suministra aire, cambio de manguera y verificar manguera.	No
Aplicación de esmalte a las piezas.	9.9	No hay suministro de aire.	Válvulas proporcionales no abren y regulan la cantidad de aire a la pistola.	Taponamiento diafragma roto o resortes rotos o comando de apertura sin corriente.	Si
	9.10		No hay alimentación de aire.	Verificación de la unidad de suministro de aire al gds, revisión manómetros.	No
	9.11		Válvulas proporcionales no energizadas.	Verificación de entradas de alimentación de energía. Verificar voltajes.	Si
	9.12		Válvulas conectores sulfatados.	Verificar y soltar conectores, limpieza o cambió.	No
	9.13		Cables rotos.	Verificar estado de cableado o cambió.	No
	9.14		Pines rotos.	Verificación o cambió de válvula proporcional.	No

Luego de tener listos nuestros Análisis, modos y efectos de falla de nuestros 9 equipos procedemos a realizar el análisis de los efectos de las fallas para poder observar la criticidad de cada falla, evaluar sus consecuencias y su impacto si llegaran a ocurrir.

Tabla No 32. Tabla Análisis De Efectos y Criticidad.

HOJA DE ANÁLISIS DE EFECTOS, CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO				AMEF NÚMERO				
EQUIPO				VERSIÓN AMEF				
COD. FF	FALLA OCULTA	RIESGO IMPACTO AMBIENTAL	RIESGO IMPACTO SEGURIDAD	RIESGO QUE IMPACTA LA ECONOMÍA DE LA EMPRESA	RIESGO IMPACTO IMAGEN CORPORATIVA	NPR	TIPO DE DECISIÓN	CÓDIGO DE TAREA

Para poder registrar los datos en nuestra tabla de análisis de efectos y criticidad debemos tener en cuenta la matriz cuantitativa la cual evalúa la frecuencia y consecuencia para así obtener el valor riesgo asociado a cada falla de nuestro equipo.

13. CRITERIOS DE VALORACIÓN DE RIESGO

Luego de tener los modos y efectos de falla los evaluaremos según la matriz de los criterios de valoración de riesgo donde están clasificados de la siguiente manera:

RIESGO SEGURIDAD PERSONAL:

En este modo de riesgo se evalúa la seguridad de las personas en temas de lesiones.

Tabla No 33. Tablas Seguridad Personal.

MATRIZ DE FRECUENCIA			CONSECUENCIA DE SEGURIDAD		
VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO	VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO
1	Improbable	Menos de 1 caso cada 50 años	1	Insignificante	Sin Lesiones
2	Remoto	1 caso entre 20 y 50 años	2	Marginal	Lesión Leve Sin Incapacidad
3	Ocasional	1 caso entre 5 y 20 años	5	Grave	Leves Incapacitantes
4	Moderado	1 caso entre 1 y 5 años	10	Critico	Incapacidad - Hospitalización
5	Frecuente	Entre 1 y 10 casos al año	20	Desastroso	Varios Grave - 1 Muerte
6	Constante	Mas de 10 casos al año	50	Catastrofico	Varias Muertes

CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD	
CRITERIO	ACEPTABILIDAD
Aceptable	Hasta 3%
Tolerable	De 3,1% al 5%
Inaceptable	Del 5,1% al 30%
Inadmisible	Mas del 30%

MATRIZ DE ACEPTABILIDAD							
F R E C U E N C I A	Constante	2	4	10	20	40	100
	Frecuente	2	3,3	8,3	17	33	83
	Moderado	1	2,6	6,6	13	26	66
	Ocasional	1	2	5	10	20	50
	Remoto	1	1,3	3,3	6,6	13	33
	Improbable	0	0,6	1,6	3,3	6,6	16,5
		Insignificante	Marginal	Grave	Critico	Desastroso	Catastrofico
		CONCECUENCIA					

RIESGO CONSECUENCIAS AMBIENTALES:

En el riesgo ambiental evaluamos con respecto a qué efectos puede causar ese modo de falla en el medio ambiente y se gravedad.

Tabla No 34. Tablas Consecuencias Ambientales.

MATRIZ DE FRECUENCIA			CONSECUENCIAS AMBIENTALES		
VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO	VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO
1	Improbable	Menos de 1 caso cada 50 años	1	Insignificante	Sin Daño Ambiental
2	Remoto	1 caso entre 20 y 50 años	2	Marginal	Leve Recuperable
3	Ocasional	1 caso entre 5 y 20 años	5	Grave	Leve No Recuperable
4	Moderado	1 caso entre 1 y 5 años	10	Critico	Grave Recuperable
5	Frecuente	Entre 1 y 10 casos al año	20	Desastroso	Grave Regulable
6	Constante	Mas de 10 casos al año	50	Catastrofico	Grave No Recuperable

CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD	
CRITERIO	ACEPTABILIDAD
Aceptable	Hasta 3%
Tolerable	De 3,1% al 5%
Inaceptable	Del 5,1% al 30%
Inadmisible	Mas del 30%

MATRIZ DE ACEPTABILIDAD							
F R E C U E N C I A	Constante	2	4	10	20	40	100
	Frecuente	2	3,3	8,3	17	33	83
	Moderado	1	2,6	6,6	13	26	66
	Ocasional	1	2	5	10	20	50
	Remoto	1	1,3	3,3	6,6	13	33
	Improbable	0	0,6	1,6	3,3	6,6	16,5
		Insignificante	Marginal	Grave	Critico	Desastroso	Catastrofico
		CONCECUENCIA					

RIESGO CONSECUENCIAS ECONOMICAS PARA LA EMPRESA:

En el riesgo de consecuencias económicas se puede observar ese modo de falla como afecta económicamente a la empresa.

Tabla No 35. Tablas Consecuencias Económicas.

MATRIZ DE FRECUENCIA			CONSECUENCIAS ECONOMICAS		
VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO	VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO
1	Improbable	Menos de 1 caso cada 50 años	1	Insignificante	Menos de \$100.000
2	Remoto	1 caso entre 20 y 50 años	2	Marginal	Entre \$100.000 y \$1'000.000
3	Ocasional	1 caso entre 5 y 20 años	5	Grave	Entre \$1'000.000 y \$10'000.000
4	Moderado	1 caso entre 1 y 5 años	10	Critico	Entre \$10'000.000 y \$100'000.000
5	Frecuente	Entre 1 y 10 casos al año	20	Desastroso	Entre \$100'000.000 y \$200'000.000
6	Constante	Mas de 10 casos al año	50	Catastrofico	Mayor a \$200'000.000

CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD	
CRITERIO	ACEPTABILIDAD
Aceptable	Hasta 3%
Tolerable	De 3,1% al 5%
Inaceptable	Del 5,1% al 30%
Inadmisible	Mas del 30%

	MATRIZ DE ACEPTABILIDAD						
F R E C U E N C I A	Constante	2	4	10	20	40	100
	Frecuente	2	3,3	8,3	17	33	83
	Moderado	1	2,6	6,6	13	26	66
	Ocasional	1	2	5	10	20	50
	Remoto	1	1,3	3,3	6,6	13	33
	Improbable	0	0,6	1,6	3,3	6,6	16,5
		Insignificante	Marginal	Grave	Critico	Desastroso	Catastrofico
		CONSECUENCIA					

RIESGO CONSECUENCIAS IMAGEN CORPORATIVA:

Por ultimo están las consecuencias de imagen corporativa con las cuales de puede ver como una falla puede afectar la imagen de la empresa ante los clientes.

Tabla No 36. Tablas Consecuencias Imagen Corporativa.

MATRIZ DE FRECUENCIA		
VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO
1	Improbable	Menos de 1 caso cada 50 años
2	Remoto	1 caso entre 20 y 50 años
3	Ocasional	1 caso entre 5 y 20 años
4	Moderado	1 caso entre 1 y 5 años
5	Frecuente	Entre 1 y 10 casos al año
6	Constante	Mas de 10 casos al año

CONSECUENCIAS IMAGEN CORPORATIVA		
VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO
1	Insignificante	Solo En La Instalación
2	Marginal	Solo En La Empresa
5	Grave	Externa A Nivel Local
10	Critico	Externa A Nivel Regional
20	Desastroso	Externa A Nivel Nacional
50	Catastrofico	Externa A Nivel Internacional

CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD	
CRITERIO	ACEPTABILIDAD
Aceptable	Hasta 3%
Tolerable	De 3,1% al 5%
Inaceptable	Del 5,1% al 30%
Inadmisible	Mas del 30%

MATRIZ DE ACEPTABILIDAD							
F R E C U E N C I A	Constante	2	4	10	20	40	100
	Frecuente	2	3,3	8,3	17	33	83
	Moderado	1	2,6	6,6	13	26	66
	Ocasional	1	2	5	10	20	50
	Remoto	1	1,3	3,3	6,6	13	33
	Improbable	0	0,6	1,6	3,3	6,6	16,5
		Insignificante	Marginal	Grave	Critico	Desastroso	Catastrofico
		CONCECUENCIA					

14. MODELO DIAGRAMA TOMA DE DECISIONES RCM

Para poder tomar nuestras decisiones de en cuanto tiempo, trabajos y responsables deben hacer la actividad del plan de mantenimiento nos basamos en el diagrama de decisiones SAE, JA 1012,2002 con el cual podemos seguir un proceso ordenado y lógico para así poder analizar cada modos de falla de nuestro equipo y así poder elegir el tipo de mantenimiento adecuado que se requiere para cada actividad con su respectivo responsable.

Figura No 4. Diagrama Decisiones RCM.

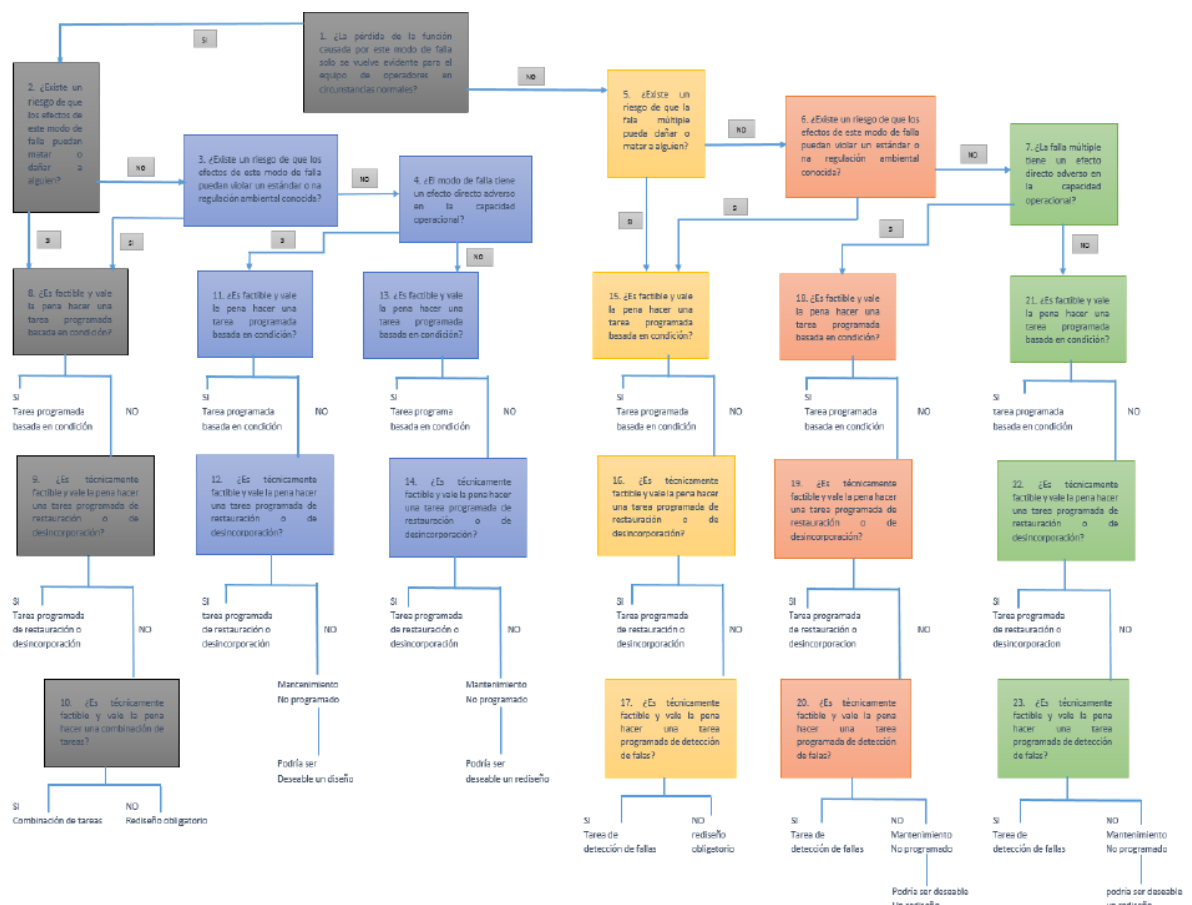


Tabla No 37. Análisis De Efectos y Criticidad Bomba Yamada NDP 50.

HOJA DE ANÁLISIS DE EFECTOS, CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3			AMEF NÚMERO	1			
EQUIPO	BOMBA YAMADA NDP 50			VERSIÓN AMEF	1			
COD. FF	FALLA OCULTA	RIESGO IMPACTO AMBIENTAL	RIESGO IMPACTO SEGURIDAD	RIESGO QUE IMPACTA LA ECONOMÍA DE LA EMPRESA	RIESGO IMPACTO IMAGEN CORPORATIVA	NPR	TIPO DE DECISIÓN	CÓDIGO DE TAREA
1.1	Si	1	5	1	1	8	Preventivo	T1
1.2	Si	1	5	1	1	8	Preventivo	T1
1.3	Si	2	5	1	2	10	Preventivo	T1
1.4	Si	2	13	1	2	18	Preventivo	T1
1.5	Si	1	5	2,6	1	9,6	Preventivo	T1
1.6	Si	2	13	1	2	18	Inspección	T1.2
1.7	No	2	13	1	2	18	Inspección Por Condición	T1.3
1.8	Si	2	5	6,6	2	15,6	Preventivo	T1
1.9	Si	2	5	8,3	2	17,3	Preventivo	T1
1.10	Si	1	5	2,6	1	9,6	Preventivo	T1

Tabla No 38. Análisis De Efectos y Criticidad Tanque Plástico.

HOJA DE ANÁLISIS DE EFECTOS, CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3			AMEF NÚMERO	2			
EQUIPO	TANQUE PLASTICO			VERSIÓN AMEF	1			
COD. FF	FALLA OCULTA	RIESGO IMPACTO AMBIENTAL	RIESGO IMPACTO SEGURIDAD	RIESGO QUE IMPACTA LA ECONOMÍA DE LA EMPRESA	RIESGO IMPACTO IMAGEN CORPORATIVA	NPR	TIPO DE DECISIÓN	CÓDIGO DE TAREA
2.1	Si	6,6	1	2,6	6,6	16,8	Inspección	T2
2.2	No	6,6	1	2,6	6,6	16,8	Preventivo	T2.2
2.3	No	6,6	1	2,6	6,6	16,8	Preventivo	T2.2
2.4	No	6,6	1	2,6	6,6	16,8	Preventivo	T2.2
2.5	Si	6,6	1	1	6,6	15,2	Inspección	T2
2.6	No	1	1	6,6	1	9,6	Inspección	T2
2.7	No	1	1	6,6	1	9,6	Inspección	T2
2.8	No	1	1	1	1	4	Inspección	T2
2.9	No	6,6	1	1	6,6	15,2	Correctivo	T2.3
2.10	Si	6,6	1	1	6,6	15,2	Correctivo	T2.3

Tabla No 39. Análisis De Efectos y Criticidad Bomba Wilden P4.

HOJA DE ANÁLISIS DE EFECTOS, CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3			AMEF NÚMERO	3			
EQUIPO	BOMBA WILDEN P4			VERSIÓN AMEF	1			
COD. FF	FALLA OCULTA	RIESGO IMPACTO AMBIENTAL	RIESGO IMPACTO SEGURIDAD	RIESGO QUE IMPACTA LA ECONOMÍA DE LA EMPRESA	RIESGO IMPACTO IMAGEN CORPORATIVA	NPR	TIPO DE DECISIÓN	CÓDIGO DE TAREA
3.1	Si	1	5	3,3	1	10,3	Preventivo	T3
3.2	Si	1	5	3,3	1	10,3	Preventivo	T3
3.3	Si	2	5	1	2	10	Preventivo	T3
3.4	Si	2	13	1	2	18	Preventivo	T3
3.5	Si	1	5	3,3	1	10,3	Preventivo	T3
3.6	Si	2	13	1	2	18	Inspección	T3.2
3.7	No	2	13	1	2	18	Inspección Por Condición	T3.3
3.8	Si	2	5	3,3	2	12,3	Preventivo	T3
3.9	Si	2	5	8,3	2	17,3	Preventivo	T3
3.10	Si	1	5	3,3	1	10,3	Preventivo	T3

Tabla No 40. Análisis De Efectos y Criticidad Válvula Diafragma No 1.

HOJA DE ANÁLISIS DE EFECTOS, CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3			AMEF NÚMERO	4			
EQUIPO	VALVULA DIAFRAGMA 1			VERSIÓN AMEF	1			
COD. FF	FALLA OCULTA	RIESGO IMPACTO AMBIENTAL	RIESGO IMPACTO SEGURIDAD	RIESGO QUE IMPACTA LA ECONOMÍA DE LA EMPRESA	RIESGO IMPACTO IMAGEN CORPORATIVA	NPR	TIPO DE DECISIÓN	CÓDIGO DE TAREA
4.1	Si	1	1	2,6	1	5,6	Inspección	T4
4.2	Si	1	1	2,6	1	5,6	Inspección	T4
4.3	Si	1	1	2,6	1	5,6	Inspección	T4
4.4	No	1	1	2,6	1	5,6	Inspección	T4

Tabla No 41. Análisis De Efectos y Criticidad Tanque Presurización GDS.

HOJA DE ANÁLISIS DE EFECTOS, CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3			AMEF NÚMERO	5			
EQUIPO	TANQUE PRESURIZACIÓN GDS			VERSIÓN AMEF	1			
COD. FF	FALLA OCULTA	RIESGO IMPACTO AMBIENTAL	RIESGO IMPACTO SEGURIDAD	RIESGO QUE IMPACTA LA ECONOMÍA DE LA EMPRESA	RIESGO IMPACTO IMAGEN CORPORATIVA	NPR	TIPO DE DECISIÓN	CÓDIGO DE TAREA
5.1	No	1	1	3,3	1	6,3	Inspección	T5
5.2	No	1	1	10	1	13	Inspección	T5
5.3	Si	1	1	3,3	1	6,3	Inspección	T5
5.4	No	1	1	3,3	1	6,3	Inspección	T5
5.5	Si	1	1	6,6	1	9,6	Inspección	T5

Tabla No 42. Análisis De Efectos y Criticidad Válvula Diafragma No 2.

HOJA DE ANÁLISIS DE EFECTOS, CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3			AMEF NÚMERO	6			
EQUIPO	VALVULA DIAFRAGMA 2			VERSIÓN AMEF	1			
COD. FF	FALLA OCULTA	RIESGO IMPACTO AMBIENTAL	RIESGO IMPACTO SEGURIDAD	RIESGO QUE IMPACTA LA ECONOMÍA DE LA EMPRESA	RIESGO IMPACTO IMAGEN CORPORATIVA	NPR	TIPO DE DECISIÓN	CÓDIGO DE TAREA
6.1	Si	1	1	2,6	1	5,6	Inspección	T6
6.2	Si	1	1	2,6	1	5,6	Inspección	T6
6.3	Si	1	1	2,6	1	5,6	Inspección	T6
6.4	No	1	1	2,6	1	5,6	Inspección	T6

Tabla No 43. Análisis De Efectos y Criticidad Sensor Másico.

HOJA DE ANÁLISIS DE EFECTOS, CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3			AMEF NÚMERO	7			
EQUIPO	SENSOR MÁSIKO			VERSIÓN AMEF	1			
COD. FF	FALLA OCULTA	RIESGO IMPACTO AMBIENTAL	RIESGO IMPACTO SEGURIDAD	RIESGO QUE IMPACTA LA ECONOMÍA DE LA EMPRESA	RIESGO IMPACTO IMAGEN CORPORATIVA	NPR	TIPO DE DECISIÓN	CÓDIGO DE TAREA
7.1	Si	1	1	10	1	13	Inspección	T7
7.2	No	1	1	2	1	5	Inspección	T7
7.3	No	1	1	2	1	5	Inspección	T7

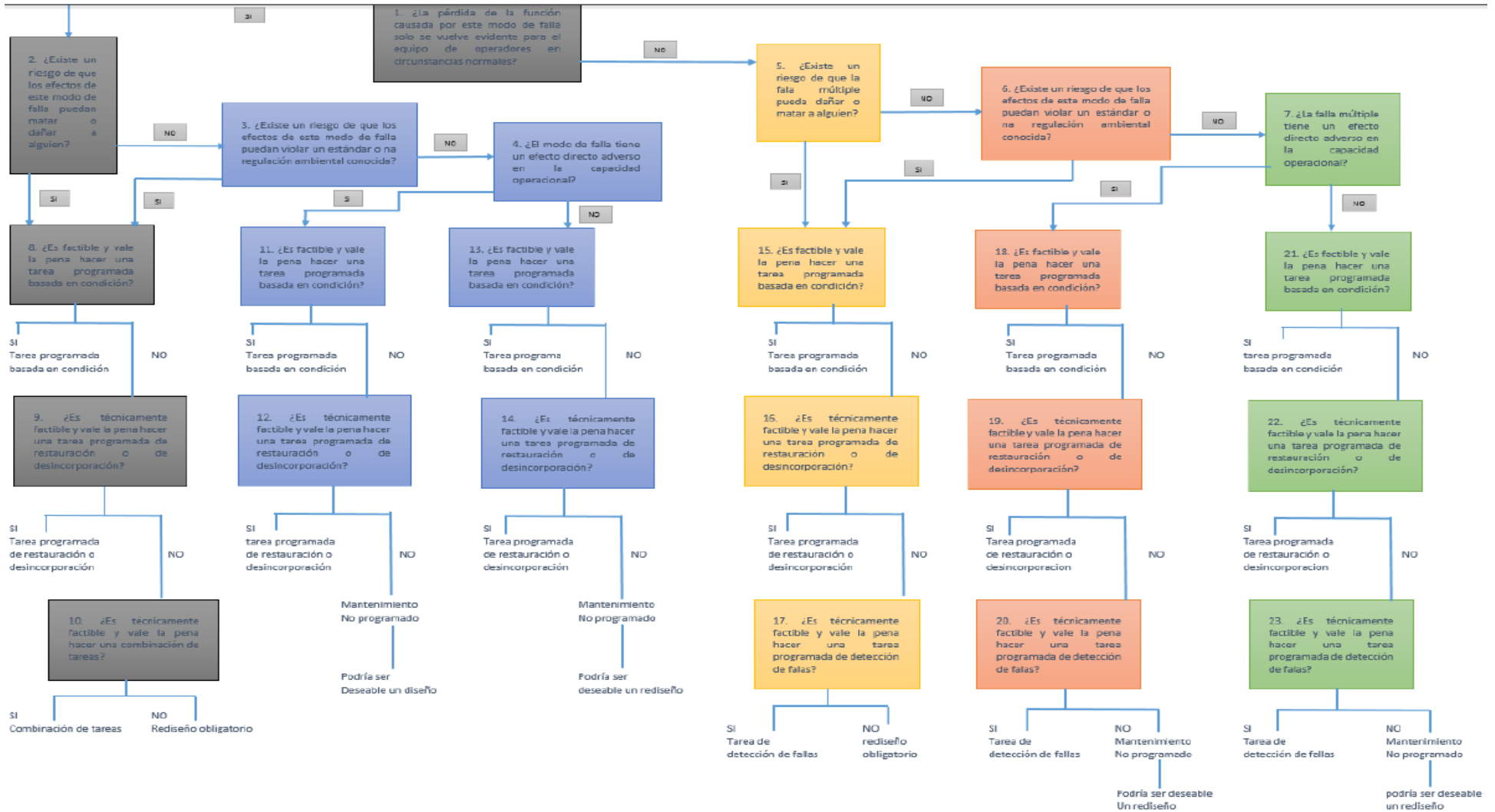
Tabla No 44. Análisis De Efectos y Criticidad Válvula Diafragma No 3.

HOJA DE ANÁLISIS DE EFECTOS, CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3			AMEF NÚMERO	8			
EQUIPO	VALVULA DIAFRAGMA 3			VERSIÓN AMEF	1			
COD. FF	FALLA OCULTA	RIESGO IMPACTO AMBIENTAL	RIESGO IMPACTO SEGURIDAD	RIESGO QUE IMPACTA LA ECONOMÍA DE LA EMPRESA	RIESGO IMPACTO IMAGEN CORPORATIVA	NPR	TIPO DE DECISIÓN	CÓDIGO DE TAREA
8.1	Si	1	1	2,6	1	5,6	Inspección	T8
8.2	Si	1	1	2,6	1	5,6	Inspección	T8
8.3	Si	1	1	2,6	1	5,6	Inspección	T8
8.4	No	1	1	2,6	1	5,6	Inspección	T8

Tabla No 45. Análisis De Efectos y Criticidad Pistola Esmaltado Piezas.

HOJA DE ANÁLISIS DE EFECTOS, CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3			AMEF NÚMERO	9			
EQUIPO	PISTOLA ESMALTADO PIEZAS			VERSIÓN AMEF	1			
COD. FF	FALLA OCULTA	RIESGO IMPACTO AMBIENTAL	RIESGO IMPACTO SEGURIDAD	RIESGO QUE IMPACTA LA ECONOMÍA DE LA EMPRESA	RIESGO IMPACTO IMAGEN CORPORATIVA	NPR	TIPO DE DECISIÓN	CÓDIGO DE TAREA
9.1	No	2	1	4	2	9	Inspección	T9
9.2	Si	2	1	4	2	9	Inspección	T9
9.3	Si	2	1	4	2	9	Inspección	T9
9.4	Si	2	1	4	2	9	Inspección	T9
9.5	Si	2	1	4	2	9	Inspección	T9
9.6	No	2	1	2	2	7	Inspección	T9
9.7	No	2	1	2	2	7	Inspección	T9
9.8	No	2	1	2	2	7	Inspección	T9
9.9	Si	2	1	10	2	15	Inspección	T9
9.10	No	2	1	4	2	9	Inspección	T9
9.11	Si	2	1	4	2	9	Inspección	T9
9.12	No	2	1	4	2	9	Inspección	T9
9.13	No	2	1	4	2	9	Inspección	T9
9.14	No	2	1	4	2	9	Inspección	T9

Diagrama Decisiones RCM:



15. TAREAS DE MANTENIMIENTO

Como resultado de todos los análisis realizados anteriormente se propone la siguiente programación y ejecución de actividades para el proceso de esmaltado de la Célula de esmaltado No 3:

Tabla No 46. Inspecciones Bomba Yamada NDP 50.

ROUTINA DE INSPECCIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	1
EQUIPO	BOMBA YAMADA NDP 50		NÚMERO DE TAREA	T1
CONJUNTO	FRECUENCIA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN INSPECCIÓN	RESPONSABLE
Asientos de las camaras.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, revisando el desgaste del sello de la bola con el asiento. Código: 30000048839 - 772004 ASIENTO SANTOPRENO BOMBA 2P 50BAC Valor: \$ 59.861 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Induherzig S.A.	Técnico Mantenimiento.
Bolas cheque.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, revisando el desgaste de la bola y el estado en que se encuentra. Código: 30000047704 - 770627 BOLA 50 BAC Valor: \$ 121.000 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Colflo Equipos S.A.S.	Técnico Mantenimiento.
Cuerpo extraño entre la bola y el asiento.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, revisando que no hallan cuerpos extraños entre la bola y el asiento. Cambiar si alguno de los elementos se daña. Código: 30000047704 - 770627 BOLA 50 BAC Código: 30000048839 - 772004 ASIENTO SANTOPRENO BOMBA 2P 50BAC Proveedor: Induherzig S.A. y Colflo Equipos S.A.S.	Técnico Mantenimiento.

Sedimentación manifold superior o manifold base.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, revisando que no halla sedimentación del esmalte en la parte interna del manifold. Limpiar Manifold superior o inferior, retirar sedimentación acumulada.	Técnico Mantenimiento.
Ruptura del diafragma.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, revisando el estado en el que se encuentran los diafragmas de la bomba. Código: 30000049533 - 771855 DIAFRAGMA BOMBA YAMADA NDP50BV Valor: \$ 281.474 C/U Stock Seguridad: 3 Repisa: CK0107A Proveedor: Induherzig S.A.	Técnico Mantenimiento.
Tubería de descarga sedimentada.	Mensual		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la Célula de esmaltado No 3, verificando sus condiciones internas de la tubería. Código: 60000025285 - TUBO PVC 2P RDE21 Valor: \$ 9.600 M Stock Seguridad: 12 Repisa: BA0103A Proveedor: Comercializadora Ferreunida.	Técnico Mantenimiento.
Falta de presión de aire en la bomba.	Semanalmente		Realizar la inspección en el manometro de presión semanalmente verificando las condiciones basicas en las cuales debe operar el regulador de presión de la bomba, debe estar entre 50 y 60 PSI. Código: 30000044769 - UNIDAD MTO NEU CONEX 1/2 NPT Valor: \$ 534.267 C/U Stock Seguridad: 1 Repisa: CE0304E Proveedor: Aignep Latam S.A.	Técnico Mantenimiento.

Falla en la válvula de aire de la bomba por desgaste de elementos.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, verificando el ajuste que debe haber entre la camisa y el spool de la válvula de aire. Código: 30000024956 - 802971 VALVULA DE AIRE BOMBA YAMADA 80 - Valor: \$ 1'395.135 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Induherzig S.A.	Técnico Mantenimiento.
Desgaste o fatiga de los elementos internos del bloque como son oring, valvula piloto, buje, eje.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, verificando el desgaste que se presenta en la empaquetadura interna de la bomba. Código: 30000024560 - KIT DE AIRE BOMBA YAMADA NDP-80 Valor: \$ 1'542.621 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Induherzig S.A.	Técnico Mantenimiento.
Desgaste en parte interna de la camara humeda.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, verificando las condiciones en las que se encuentra el alojamiento de la camara humeda. Código: 30000031222 - 713157 CAMARA HUMEDA BOMBA YAMADA NDP50 Valor: \$ 1'414.296 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Induherzig S.A.	Técnico Mantenimiento.

Tabla No 47. Inspecciones Tanque Plástico.

RUTINA DE INSPECCIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	2
EQUIPO	TANQUE PLASTICO		NÚMERO DE TAREA	T2
CONJUNTO	FRECUENCIA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN INSPECCIÓN	RESPONSABLE
El vástago de apertura se rompe.	Bimensual		Revisión o inspección del vástago para verificar si no se ve fisurado, oxidado, golpeado, si no se cambia por un nuevo vástago. Código: 60000026773 - VALVULA MARIPOSA 2P BRAY Valor: \$ 155.000 C/U Stock Seguridad: 2 Proveedor: Casa De La Valvula S.A.	Técnico Mecánico
Actuador de la válvula sin apertura.	Bimensual		Revisar que el actuador este funcionando correctamente en su apertura, cierre y que no tenga fugas de aire, si no se cambia actuador. Código: 30000024837 - ACTUADOR NEU PARA VALVULA BRAY 2P Valor: \$ 250.307 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Casa De La Valvula S.A.	Técnico Mecánico
No hay suministro de aire.	Bimensual		Revisión de la red de aire, si no cambiar componentes de la red de suministro de aire. Código: 30000044769 - UNIDAD MTO NEU CONEX 1/2 NPT Valor: \$ 534.267 C/U Stock Seguridad: 1 Repisa: CE0304E Proveedor: Aignep Latam S.A.	Técnico Mecánico

Electrovalvula con falla sin corriente.	Bimensual		Revisión e inspección de la electrovalvula que se encuentre bien energizada. Si no cambio de la electrovalvula. Código: 30000026357- ELECTROVALVULA NVF3-MOH-5/2-K-1/4-EK FES Valor: \$ 197.051 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Festo S.A.S.	Técnico Eléctrico
Paso del esmalte sin control.	Bimensual		Revisar válvulas que no tengan fuga o que no esten dando paso de esmalte, si no cambió de válvula o elementos. Código: 30000024837 - ACTUADOR NEU PARA VALVULA BRAY 2P Código: 60000026773 - VALVULA MARIPOSA 2P BRAY Proveedor: Casa De La Valvula S.A.	Técnico Mecánico
Reductor sin giro.	Bimensual		Revisión e inspección del reductor para verificar su correcto funcionamiento y si no gira procedero con el cambio. Código: 30000029943 - MOTOR 6HP 1700RPM 112M 460VAC SIEMENS Valor: \$ 756.320 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Electricos Importados EIMPSA.	Técnico Mecánico
Motor desfasado.	Bimensual		Revisión e inspección del motor en su correcto funcionamiento, si presenta fallas realizar el cambio de motor. Código: 30000029943 - MOTOR 6HP 1700RPM 112M 460VAC SIEMENS Valor: \$ 756.320 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Electricos Importados EIMPSA.	Técnico Eléctrico

Aletas sueltas.	Bimensual		Revisión, inspección y ajuste de aletas ajustando o cambiando sus tornillos. Código: 30000029943 - MOTOR 6HP 1700RPM 112M 460VAC SIEMENS Valor: \$ 756.320 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Electricos Importados EIMPSA.	Técnico Mecánico
Tramos de tubería con fuga debido al rozamiento.	Semestral		Revisión o cambio de tramos de tuberías dañados. Código: 60000025285 - TUBO PVC 2P RDE21 Valor: \$ 9.600 M Stock Seguridad: 12 Repisa: BA0103A Proveedor: Comercializadora Ferreunida.	Técnico Mecánico
Sedimentación de la tubería por no utilización.	Semestral		Revisión, inspección o lavado de tramos de tubería para quitar la sedimentación de esmalte. Código: 60000025285 - TUBO PVC 2P RDE21 Valor: \$ 9.600 M Stock Seguridad: 12 Repisa: BA0103A Proveedor: Comercializadora Ferreunida.	Técnico Mecánico

Tabla No 48. Inspecciones Bomba Wilden P4.

RUTINA DE INSPECCIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	3
EQUIPO	BOMBA WILDEN P4		NÚMERO DE TAREA	T3
CONJUNTO	FRECUENCIA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN INSPECCIÓN	RESPONSABLE
Asientos de las camaras.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, revisando el desgaste del sello de la bola con el asiento. Código: 30000044972 - 4 1120 51 Asiento Valor: \$ 54.638 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Trasegar S.A.	Técnico Mecánico.
Bolas cheque.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, revisando el desgaste de la bola y el estado en que se encuentra. Código: 30000024874 - Bola Para Bomba M4 Wilden Valor: \$ 38.018 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Trasegar S.A.	Técnico Mecánico.
Cuerpo extraño entre la bola y el asiento.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, revisando que no hallan cuerpos extraños entre la bola y el asiento. Cambiar si alguno de los elementos se daña. Código: 30000024874 - Bola Para Bomba M4 Wilden Código: 30000044972 - 4 1120 51 Asiento Proveedor: Trasegar S.A.	Técnico Mecánico.

Sedimentación manifold superior o manifold base.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, revisando que no halla sedimentación del esmalte en la parte interna del manifold. Limpiar Manifold superior o inferior, retirar sedimentación acumulada.	Técnico Mecánico.
Ruptura del diafragma.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, revisando el estado en el que se encuentran los diafragmas de la bomba. Código: 30000040682 - 4 1010 51 DIAFRAGMA ANIV Valor: \$ 86.855 C/U Stock Seguridad: 10 Repisa: EF0703A Proveedor: Trasegar S.A.	Técnico Mecánico.
Tubería de descarga sedimentada.	Mensual		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la Célula de esmaltado No 3, verificando sus condiciones internas de la tubería. Código: 60000025285 - TUBO PVC 2P RDE21 Valor: \$ 9.600 M Stock Seguridad: 12 Repisa: BA0103A Proveedor: Comercializadora Ferreunida.	Técnico Mecánico.
Falta de presión de aire en la bomba.	Semanalmente		Realizar la inspección en el manometro de presión semanalmente verificando las condiciones basicas en las cuales debe operar el regulador de presión de la bomba, debe estar entre 50 y 60 PSI. Código: 30000044769 - UNIDAD MTO NEU CONEX 1/2 NPT Valor: \$ 534.267 C/U Stock Seguridad: 1 Repisa: CE0304E Proveedor: Aignep Latam S.A.	Técnico Mecánico.

Falla en la válvula de aire de la bomba por desgaste de elementos.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, verificando el ajuste que debe haber entre la camisa y el spool de la válvula de aire. Código: 30000048091 - VALVULA PRO-FLO WILDEN 04-2000-20-700 Valor: \$ 866.703 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Trasegar S.A.	Técnico Mecánico.
Desgaste o fatiga de los elementos internos del bloque como son oring, valvula piloto, buje, eje.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, verificando el desgaste que se presenta en la empaquetadura interna de la bomba. Código: 30000045029 - 08321055 225 O-RING Valor: \$ 39.274 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Trasegar S.A.	Técnico Mecánico.
Desgaste en parte interna de la camara humeda.	Trimestralmente		Realizar la inspección en el mantenimiento preventivo de la bomba, verificando las condiciones en las que se encuentra el alojamiento de la camara humeda. Código: 30000046353 - 04-5000-01 BWIL M4 CAMARA HUMEDA Valor: \$ 794.431 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Trasegar S.A.	Técnico Mecánico.

Tabla No 49. Inspecciones Válvula Diafragma No 1.

RUTINA DE INSPECCIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	4
EQUIPO	VALVULA DE DIAFRAGMA No 1		NÚMERO DE TAREA	T4
CONJUNTO	FRECUENCIA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN INSPECCIÓN	RESPONSABLE
Diafragma roto.	Mensual		Revisión, inspección del diafragma o cambio de diafragma. Código: 30000035975 - DIAFRAGMA 748500013 VALV DN20 3/4P GF Valor: \$ 102.819 C/U Stock Seguridad: 2 Repisa: CD0913C Proveedor: Ferremontajes.	Técnico Mecánico
Resortes rotos.	Mensual		Revisión, inspección o cambio de resortes en general. Código: 30000035976 - BASE 161492063 VALVULA DN20 3/4P GF Valor: \$ 110.500 C/U Stock Seguridad: 2 Repisa: CD0913E Proveedor: Ferremontajes.	Técnico Mecánico
Paso entre la camara de aire y diafragma por el vastago.	Mensual		Revisión, inspección de la camara de aire y diafragma para que no halla paso de aire. Código: 30000030918 - VALVULA DIAFRAGMA 3/4 GF DN20 Valor: \$ 1'981.000 C/U Stock Seguridad: 2 Repisa: CE0302B Proveedor: Setefer LTDA.	Técnico Mecánico
Electrovalvula sin paso de aire para la apertura de aire.	Mensual		Revisión, inspección de la electrovalvula mirando que no halla paso de aire. Código: 30000026357- ELECTROVALVULA NVF3-MOH-5/2-K-1/4-EK FES Valor: \$ 197.051 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Festo S.A.S.	Técnico Mecánico

Tabla No 50. Inspecciones Tanque Presurización GDS.

RUTINA DE INSPECCIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	5
EQUIPO	TANQUE PRESURIZACION GDS		NÚMERO DE TAREA	T5
CONJUNTO	FRECUENCIA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN INSPECCIÓN	RESPONSABLE
Sensores no dan señal para suministro del esmalte.	Bimensual		Revisión, inspección de los sensores mirando que estén dando la señal correcta para permitir el paso del esmalte. Fabricación Sensor De Control De Nivel. Fabricación Sensor De Seguridad. Proveedor: Insoin.	Técnico Eléctrico
La bomba que suministra esmalte no envía esmalte.	Bimensual		Revisión, inspección o cambio de la bomba completa ya que nos demoraríamos mucho tiempo reparándola. Código: 30000037346 - BOMBA WILDEN P4 INOX Valor: \$ 9'453.285 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Trasegar S.A.	Técnico Mecánico
Válvula de diafragma no abre.	Bimensual		Revisión, inspección de la válvula de diafragma, si no funciona realizar el cambio de válvula. Código: 30000030918 - VALVULA DIAFRAGMA 3/4 GF DN20 Valor: \$ 1'981.000 C/U Stock Seguridad: 2 Repisa: CE0302B Proveedor: Setefer LTDA.	Técnico Mecánico

Falso contacto de señal de sensores.	Bimensual		Revisión, inspección y limpieza de los contactos de los sensores. Fabricación Sensor De Control De Nivel. Fabricación Sensor De Seguridad. Proveedor: Insoin.	Técnico Eléctrico
Válvula proporcional no regula y no hay paso de aire.	Bimensual		Revisión, inspección y limpieza de la válvula proporcional. Código: 30000026357- ELECTROVALVULA NVF3-MOH-5/2-K-1/4-EK FES Valor: \$ 197.051 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Festo S.A.S.	Técnico Mecánico

Tabla No 51. Inspecciones Válvula Diafragma No 2.

RUTINA DE INSPECCIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	6
EQUIPO	VALVULA DE DIAFRAGMA No 2		NÚMERO DE TAREA	T6
CONJUNTO	FRECUENCIA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN INSPECCIÓN	RESPONSABLE
Diafragma roto.	Mensual		Revisión, inspección del diafragma o cambio de diafragma. Código: 30000035975 - DIAFRAGMA 748500013 VALV DN20 3/4P GF Valor: \$ 102.819 C/U Stock Seguridad: 2 Repisa: CD0913C Proveedor: Ferremontajes.	Técnico Mecánico
Resortes rotos.	Mensual		Revisión, inspección o cambio de resortes en general. Código: 30000035976 - BASE 161492063 VALVULA DN20 3/4P GF Valor: \$ 110.500 C/U Stock Seguridad: 2 Repisa: CD0913E Proveedor: Ferremontajes.	Técnico Mecánico
Paso entre la camara de aire y diafragma por el vástago.	Mensual		Revisión, inspección de la camara de aire y diafragma para que no halla paso de aire. Código: 30000030918 - VALVULA DIAFRAGMA 3/4 GF DN20 Valor: \$ 1'981.000 C/U Stock Seguridad: 2 Repisa: CE0302B Proveedor: Setefer LTDA.	Técnico Mecánico
Electrovalvula sin paso de aire para la apertura de aire.	Mensual		Revisión, inspección de la electrovalvula mirando que no halla paso de aire. Código: 30000026357- ELECTROVALVULA NVF3-MOH-5/2-K-1/4-EK FES Valor: \$ 197.051 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Festo S.A.S.	Técnico Mecánico

Tabla No 51. Inspecciones Sensor Másico.

RUTINA DE INSPECCIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	7
EQUIPO	SENSOR MASICO		NÚMERO DE TAREA	T7
CONJUNTO	FRECUENCIA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN INSPECCIÓN	RESPONSABLE
No suministra esmalte a la pistola para la aplicación.	Semanalmente		Revision, inspección y limpieza del sensor masico verificando su correcto funcionamiento. Siemens Sensor Mass Flow Meter 2100 No tiene código. Stock Seguridad: 0 Valor \$ 20'000.000 Proveedor: Siemens	Operario / Técnico Mecánico
Conector sulfatado.	Bimensual		Revisión, inspección o cambio de conectores sulfatados. Siemens Sensor Mass Flow Meter 2100 No tiene código. Stock Seguridad: 0 Valor \$ 20'000.000 Proveedor: Siemens	Técnico Eléctrico
Pines de conexión sueltos o rotos.	Bimensual		Revisión, inspección o cambio de pines rotos. Siemens Sensor Mass Flow Meter 2100 No tiene código. Stock Seguridad: 0 Valor \$ 20'000.000 Proveedor: Siemens	Técnico Eléctrico

Tabla No 52. Inspecciones Válvula Diafragma No 3.

ROUTINA DE INSPECCION OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	8
EQUIPO	VALVULA DE DIAFRAGMA No 3		NÚMERO DE TAREA	T8
CONJUNTO	FRECUENCIA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN INSPECCIÓN	RESPONSABLE
Diafragma roto.	Mensual		Revisión, inspección del diafragma o cambio de diafragma. Código: 30000035975 - DIAFRAGMA 748500013 VALV DN20 3/4P GF Valor: \$ 102.819 C/U Stock Seguridad: 2 Repisa: CD0913C Proveedor: Ferremontajes.	Técnico Mecánico
Resortes rotos.	Mensual		Revisión, inspección o cambio de resortes en general. Código: 30000035976 - BASE 161492063 VALVULA DN20 3/4P GF Valor: \$ 110.500 C/U Stock Seguridad: 2 Repisa: CD0913E Proveedor: Ferremontajes.	Técnico Mecánico
Paso entre la camara de aire y diafragma por el vástago.	Mensual		Revisión, inspección de la camara de aire y diafragma para que no halla paso de aire. Código: 30000030918 - VALVULA DIAFRAGMA 3/4 GF DN20 Valor: \$ 1'981.000 C/U Stock Seguridad: 2 Repisa: CE0302B Proveedor: Setefer LTDA.	Técnico Mecánico
Electrovalvula sin paso de aire para la apertura de aire.	Mensual		Revisión, inspección de la electrovalvula mirando que no halla paso de aire. Código: 30000026357- ELECTROVALVULA NVF3-MOH-5/2-K-1/4-EK FES Valor: \$ 197.051 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Festo S.A.S.	Técnico Mecánico

Tabla No 53. Inspecciones Pistola Esmaltado Piezas

RUTINA DE INSPECCIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
PROCESO	CÉLULA DE ESMALTADO No 3		AMEF NÚMERO	9
EQUIPO	PISTOLA DE ESMALTADO		NÚMERO DE TAREA	T9
CONJUNTO	FRECUENCIA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN INSPECCIÓN	RESPONSABLE
Apertura de aguja.	Mensual		Revisión, inspección de la aguja o cambio del elemento. Código: 30000021294 - AGUJA FLUIDO SPA-360C-28 AG3161E BINKS Valor: \$ 937.804 C/U Stock Seguridad: 4 Repisa: CL0103B Proveedor: Americantools.	Técnico Mecánico
Electrovalvula no energiza.	Mensual		Revisión, inspección de la electrovalvula o cambio del elemento. Código: 30000026357- ELECTROVALVULA NVF3-MOH-5/2-K-1/4-EK FES Valor: \$ 197.051 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Festo S.A.S.	Técnico Eléctrico
Piston Roto.	Mensual		Revisión, inspección del piston o cambio del elemento. Código: 30000021295 - KIT PISTON SPA-6X-K AG361E BINKS Valor: \$ 260.390 C/U Stock Seguridad: 2 Repisa: CL0106B Proveedor: Americantools.	Técnico Mecánico

Piston Roto.	Mensual		Revisión, inspección del piston o cambió del elemento. Código: 30000021295 - KIT PISTON SPA-6X-K AG361E BINKS Valor: \$ 260.390 C/U Stock Seguridad: 2 Repisa: CL0106B Proveedor: Americantools.	Técnico Mecánico
Taponamiento de pico.	Mensual		Revisión, inspección del pico o cambió del elemento. Código: 30000021287 - PICO FLUIDO PRO-250C-28 AG361E BINKS Valor: \$ 1'047.455 C/U Stock Seguridad: 4 Repisa: CH0511B Proveedor: Americantools.	Técnico Mecánico
Rotura de aguja.	Mensual		Revisión, inspección de la aguja o cambió del elemento. Código: 30000021294 - AGUJA FLUIDO SPA-360C-28 AG3161E BINKS Valor: \$ 937.804 C/U Stock Seguridad: 4 Repisa: CL0103B Proveedor: Americantools.	Técnico Mecánico
Taponamiento de manguera.	Mensual		Revisión, inspección de la manguera mirando que no se encuentre con partículas de esmalte o cambió del elemento. Código: 30000052733 - TUBO FLEXIBLE AIRE 10MM DIA Valor: \$ 9.567 M - Stock Seguridad: 50 Repisa: CL0107A - Proveedor: Festo. Código: 60000021727 - TUBO FLEXIBLE AIRE 8MM DIA NYLON Valor: \$ 7.151 C/U - Stock Seguridad: 150 Proveedor: Festo.	Técnico Mecánico

Racores rotos.	Mensual		Revisión, inspección del racor neumático mirando sus condiciones de sujeción de la manguera o cambió del elemento. Código: 60000026703 - RACOR RAP RECTO NEU CONEX 1/4 TUBO 10MM Valor: \$ 19.500 C/U - Stock Seguridad: 33 Repisa: CL0105C - Proveedor: Festo. Código: 60000030624 - RACOR RAP RECTO 8MMODX1/8 NPT Valor: \$ 14.800 C/U - Stock Seguridad: 0 Proveedor: Festo.	Técnico Mecánico
Manguera rota o doblada.	Mensual		Revisión, inspección de la manguera mirando que no se encuentre partida o doblada o cambió del elemento. Código: 30000052733 - TUBO FLEXIBLE AIRE 10MM DIA Valor: \$ 9.567 M - Stock Seguridad: 50 Repisa: CL0107A - Proveedor: Festo. Código: 60000021727 - TUBO FLEXIBLE AIRE 8MM DIA NYLON Valor: \$ 7.151 C/U - Stock Seguridad: 150 Proveedor: Festo.	Técnico Mecánico
Válvulas proporcionales no abren y regulan la cantidad de aire a la pistola.	Mensual		Revisión, inspección de las válvulas proporcionales mirando que estén cumpliendo correctamente su función o cambió del elemento. Código: 30000026357- ELECTROVALVULA NVF3-MOH-5/2-K-1/4-EK FES Valor: \$ 197.051 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Festo S.A.S.	Técnico Mecánico
No hay alimentación de aire.	Mensual		Revisión, inspección de la alimentación de la red de aire mirando que este entregando la cantidad correcta para el funcionamiento o cambio del elemento. Código: 30000044769 - UNIDAD MTO NEU CONEX 1/2 NPT Valor: \$ 534.267 C/U Stock Seguridad: 1 Repisa: CE0304E Proveedor: Aignep Latam S.A.	Técnico Mecánico

Válvulas proporcionales no energizadas.	Mensual		Revisión, inspección de las válvulas proporcionales mirando que se encuentren correctamente energizadas o cambió del elemento. Código: 30000026357- ELECTROVALVULA NVF3-MOH-5/2-K-1/4-EK FES Valor: \$ 197.051 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Festo S.A.S.	Técnico Eléctrico
Válvulas conectores sulfatados.	Mensual		Revisión, inspección de las válvulas proporcionales mirando que sus conectores se encuentren bien o cambió del elemento. Código: 30000026357- ELECTROVALVULA NVF3-MOH-5/2-K-1/4-EK FES Valor: \$ 197.051 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Festo S.A.S.	Técnico Eléctrico
Cables rotos.	Mensual		Revisión, inspección de los cables mirando que se encuentren bien conectados y sin anomalías o cambió del elemento. Código: 30000026357- ELECTROVALVULA NVF3-MOH-5/2-K-1/4-EK FES Valor: \$ 197.051 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Festo S.A.S.	Técnico Eléctrico
Pines rotos.	Mensual		Revisión, inspección de los pines de conexión mirando que se encuentren bien ubicados y conectados o cambió del elemento. Código: 30000026357- ELECTROVALVULA NVF3-MOH-5/2-K-1/4-EK FES Valor: \$ 197.051 C/U Stock Seguridad: 0 Proveedor: Festo S.A.S.	Técnico Eléctrico

16. RESULTADOS

Como resultado general sobre las pérdidas económicas que estaban generando las averías en la célula de esmaltado No 3 en la compañía en calidad, cargue al horno e incumplimiento en los planes de producción se lograron reducir de la siguiente manera luego de la implementación del RCM:

En cuanto al número de averías veníamos de 64 averías en el año 2018 y en el 2019 a corte de junio vamos 22 averías en la célula de esmaltado.

NUMERO DE AVERIAS CELULAS DE ESMALTADO				
	AÑO 2017 ENERO - DICIEMBRE	AÑO 2018 ENERO - DICIEMBRE	AÑO 2019 ENERO - JUNIO	TOTAL AVERIAS
CELULA ESMALTADO No 3	74	64	22	160

En tiempos de intervencion tambien se han disminuido de una manera muy importante ya que en el 2018 veniamos con un tiempo de interencion de 137,53 horas y en el 2019 a corte del mes de junio vamos 26,01 horas.

NUMERO DE HORAS AVERIAS				
	AÑO 2017 ENERO - DICIEMBRE	AÑO 2018 ENERO - DICIEMBRE	AÑO 2019 ENERO - JUNIO	TOTAL HORAS AVERIAS
CELULA ESMALTADO No 3	87,17	137,53	26,01	250,71

En terminos de produccion de piezas perdidas veniamos de 3.464 piezas perdidas por averias en el año 2018, en el año 2019 al es de junio vamos 720 piezas.

PERDIDAS DE PIEZAS POR AVERIAS EN CELULA DE ESMALTADO No 3											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	TOTAL GENERAL
AVERIAS	16	4	10	2	8	6	3	7	3	4	63
No HORAS AVERIAS	19,86	11,09	5,51	3	63,24	2,67	2,66	5,49	8,58	5,59	127,69
PIEZAS PERDIDAS	585	295	151	90	1747	101	85	152	120	138	3464
COSTO PIEZAS (\$)	\$ 8.765.055	\$ 4.419.985	\$ 2.262.433	\$ 1.348.470	\$ 26.175.301	\$ 1.513.283	\$ 1.273.555	\$ 2.277.416	\$ 1.797.960	\$ 2.067.654	\$ 51.901.112

También en términos económicos para la compañía se han disminuido los costos ya que veníamos en el año 2018 con \$51.901.112 y al mes de junio de 2019 vamos \$10'787.760.

PERDIDAS DE PIEZAS POR AVERIAS EN CELULA DE ESMALTADO No 3							
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL GENERAL
AVERIAS	10	3	4	3	1	1	22
No HORAS AVERIAS	12,91	4,67	4,59	1,09	0,25	2,5	26,01
PIEZAS PERDIDAS	396	105	107	34	8	70	720
COSTO PIEZAS (\$)	\$ 5.933.268	\$ 1.573.215	\$ 1.603.181	\$ 509.422	\$ 119.864	\$ 1.048.810	\$ 10.787.760

Como podemos observar luego de la implementación del RCM en la célula de esmaltado se han logrado grandes resultados tanto en números de averías, horas de paros no programados, número de piezas perdidas y disminución en costos para la empresa.

17. CONCLUSIONES

Con la identificación de los sistemas más críticos de la célula de esmaltado No 3 logramos ver que el foco principal de trabajo era el sistema de esmaltado ya que era el que más averías y horas de paro no programadas tenía y en el cual implementamos el RCM donde al final se vieron los buenos resultados.

Luego de la recopilar, clasificar y codificar todos los elementos que componen el sistema de esmaltado de la célula de esmaltado No 3 según la norma ISO 14224 logramos conocer cada uno de sus componentes y sus modos de operación.

La metodología de Análisis, Modos y efectos de falla nos permitió conocer el funcionamiento, fallos funcionales, modos de falla de la Célula de esmaltado No 3 para poder realizar unas actividades acertadas para evitar averías en nuestra máquina.

La implementación de la metodología RCM (Mantenimiento basado en confiabilidad) nos ayudó a optimizar en la reducción de números de averías al mes de junio en 22 averías, 26,01 horas.

Con cada una de las actividades que nos salieron de la implementación del RCM en el sistema de esmaltado de la célula No 3, cada técnico mecánico y eléctrico ya sabe que tareas debe realizar y que inspeccionar en la máquina lo que nos ayudó a disminuir el número de averías y horas de paro no programadas debido a la buena intervención en el mantenimiento preventivo.

BIBLIOGRAFIA

J1012, S. (2011). *A Guide To The Reliability Centered Maintenance Standard*.

M. SMITH, A. M. (2001). *Reability - Centered Maintenance*. MC Graw Hill Edition.

Moubray, J. (1991). *Reability Centered Maintenance II*. Lutterworth, England.

MOUBRAY, J. (2004). *Mantenimiento Central En Confiabilidad*. México: Aladon.

ORTIZ, D. (2010). *Memorias Clase De Mantenimiento Centrado En Confiabilidad RCM*. Bucaramanga: UIS.