

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA  
LA EXTRUSORA DE POLIETILENO NUMERO 1 DE LA FABRICA DE  
PLÁSTICOS DE C.I. BANACOL S.A.**

**CARLOS ANDRES F. JAIMES CAPACHO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2015**

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA  
LA EXTRUSORA DE POLIETILENO NUMERO 1 DE LA FABRICA DE  
PLÁSTICOS DE C.I. BANACOL S.A.**

**CARLOS ANDRES F. JAIMES CAPACHO**

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

**Director:  
JUAN CARLOS MONTOYA E.  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2015**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. EL PROBLEMA	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2 OBJETIVO GENERAL	17
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4 JUSTIFICACIÓN	18
2. MARCO REFERENCIAL	20
2.1 MARCO CONTEXTUAL	20
2.1.1 C.I. Banacol S.A..	20
2.1.2 Reseña histórica	20
2.1.3 Valores Corporativos.	21
2.1.4 Fábrica de plásticos de C.I. Banacol S.A	23
2.1.5 Ubicación Geográfica	24
2.1.6 Proceso Productivo.	25
2.1.6.1 <i>Deposito y Mezcla de Resina</i>	25
2.1.6.2 <i>Extrusión de Polipropileno.</i>	26
2.1.6.3 <i>Conversión de Polipropileno.</i>	27
2.1.6.4 <i>Extrusión de Polietileno</i>	28
2.1.6.5 <i>Conversión de Polietileno.</i>	29
2.1.7 Mantenimiento en la fábrica de plásticos.	30

2.1.7.1	Proceso de mantenimiento	32
2.1.8	Bolsa de campo	33
2.1.8.1	<i>Características</i>	33
2.1.8.2	<i>Proceso productivo bolsa de campo</i>	34
2.2	MARCO TEORICO	35
2.2.1	Extrusión de Película Plástica Soplada.	35
2.2.2	Descripción del proceso	36
2.2.2.1	<i>Extrusora.</i>	36
2.2.2.2	<i>Barril o cañón</i>	37
2.2.2.3	<i>Adaptador/matriz</i>	37
2.2.2.4	<i>Anillo de aire.</i>	37
2.2.2.5	<i>Estabilización y colapsado</i>	38
2.2.2.6	<i>Bobinado y fabricación de bolsas.</i>	38
2.2.3	Mantenimiento Basado en Confiabilidad (Rcm).	38
2.2.4	Análisis de Modos de Falla y Efectos “AMFFE	39
2.2.4.1	<i>Contexto operacional.</i>	39
2.2.4.2	<i>Funciones y niveles de desempeño</i>	40
2.2.4.3	<i>Fallas funcionales o estados de falla</i>	40
2.2.4.4	<i>Modo de falla.</i>	41
2.2.4.5	<i>Estudio de Modo de Fallas</i>	41
2.2.4.6	<i>Consecuencias de las Fallas</i>	41
2.2.4.7	<i>Diagrama de árbol lógico de decisión.</i>	42
2.2.5	Resultados de un Análisis de RCM.	43

2.2.5.1 Tarea a condición	43
2.2.5.2 Tarea de reacondicionamiento cíclico	44
2.2.5.3 Tarea de sustitución cíclica.	44
2.2.5.4 Ningún mantenimiento proactivo.	44
2.2.5.5 Rediseño obligatorio	44
2.2.6 Disponibilidad.	45
2.2.7 Confiabilidad.	45
2.2.7.1 Curva de confiabilidad.	45
2.2.8 Mantenibilidad	46
2.2.8.1 Curva de Mantenibilidad	46
3. EXTRUSORA DE POLIETILENO NO.1 FÁBRICA DE PLÁSTICOS BANACOL.	48
3.1 Equipos de la línea	49
3.1.1 Succionador de resina.	49
3.1.3 Carro Rotador	51
3.1.4 Cabezal	52
3.1.5 Refrigeración de a burbuja “blower”.	53
3.1.6 Estabilización y colapsado	55
3.1.7 Nip roll	56
4. INFORMACIÓN HISTÓRICA DE ESTADOS OPERACIONALES, NO OPERACIONALES Y FALLOS PARA LA EXTRUSORA 1	58
4.1 REGISTROS DE MANTENIMIENTO	59
4.2 REGISTROS DE PRODUCCIÓN	64
4.3 CALCULO DE DISPONIBILIDAD	69

4.4 DISPONIBILIDAD REQUERIDA	70
5. EQUIPO DE TRABAJO RCM	71
6. APLICACIÓN DEL RCM	73
6.1 PROPUESTA DE LISTADO DE EQUIPOS PARA LA EXTRUSORA 1	73
6.2 SEVERIDAD	79
6.3 PRN (probability/risk number)	81
6.4 APLICACIÓN DE RCM POR EQUIPO	82
6.5 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA EXTRUSORA 1	108
6. CONCLUSIONES	118
BIBLIOGRAFÍA	119
ANEXOS	120

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla1. Registros de mantenimiento Extrusora 1	58
Tabla 2. Consolidad de registros de mantenimiento Extrusora 1	62
Tabla 3. Registros de tiempos operativos y no operativos extrusora 1	63
Tabla 4. Consolidado de tiempos operativos y no operativos por semana de la Extrusora 1	67
Tabla 5. Totales de tiempo operativos y no operativos	68
Tabla 6. Equipo de trabajo RCM: cargo, formación y experiencia	70
Tabla 7. Propuesta de listado general de partes y equipos para la extrusora 1	72
Tabla 8. Fallos ocultos	78
Tabla 9. Seguridad física	78
Tabla 10. Medio Ambiente	79
Tabla 11. Imagen corporativa	79
Tabla 12. Efectos en cliente	79
Tabla 13. Costos de reparación	80
Tabla 14. Constantes para cálculo de severidad	80
Tabla 15. Detección	81
Tabla 16. Ocurrencia	81
Tabla 17. Succionador de resina: Fronteras, entradas, salidas, características técnicas y condiciones operativas	82
Tabla 18. Succionador de resina: Funciones, fallas , modos de falla y RPN	83

Tabla 19. Extruder : Fronteras, entradas, salidas, características técnicas y condiciones operativas	85
Tabla 20. Extruder: Funciones, fallas , modos de falla y RPN	86
Tabla 21. Carro rotador: Fronteras, entradas, salidas, características técnicas y condiciones operativas	91
Tabla 22. Carro rotador: Funciones, fallas , modos de falla y RPN	92
Tabla 23. Cabezal: Fronteras, entradas, salidas, características técnicas y condiciones operativas	95
Tabla 24. Cabezal: Funciones, fallas , modos de falla y RPN	96
Tabla 25. Blower: Fronteras, entradas, salidas, características técnicas y condiciones operativas	98
Tabla 26. Blower: Funciones, fallas , modos de falla y RPN	99
Tabla 27. Estabilización y colapsado: Fronteras, entradas, salidas, características técnicas y condiciones operativas	101
Tabla 28. Estabilización y colapsado: Funciones, fallas , modos de falla y RPN	102
Tabla 29. Nip roll: Fronteras, entradas, salidas, características técnicas y condiciones operativas	104
Tabla 30. Nip roll: Funciones, fallas , modos de falla y RPN	105
Tabla 31. Propuesta de programa de mantenimiento para la extrusora 1	107

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fábrica de plásticos C.I. Banacol S.A.	23
Figura 2. Ubicación geográfica	24
Figura 3. Mezclador de resina vertical	25
Figura 4. Zona para alimentación de las tolvas	25
Figura 5. Molde plano	26
Figura 6. Cortadora de cintas de polipropileno	26
Figura 7. Bobinadores de cinta de polipropileno	27
Figura 8. Área de conversión de polipropileno	27
Figura 9. Torcedora de polipropileno y producto terminado	28
Figura 10. Extrusora de polietileno No. 6	28
Figura 11. Rollos de película de polietileno	29
Figura 12. Área de conversión de polietileno	29
Figura 13. Bolsa para empaque de fruta	30
Figura 14. Organigrama departamento de mantenimiento Fábrica de plásticos	30
Figura 15. Tablero de gestión visual de mantenimiento, Fábrica de plásticos	31
Figura 16. Taller mecánico – Fábrica de plásticos Banacol	31
Figura 17. Cajón de herramientas	32
Figura 18. Bolsa de campo	33
Figura 19. Diagrama de proceso de bolsa de campo	34

Figura 20. Proceso de fabricación de la bolsa de campo	35
Figura 21. Extrusión de película soplada	36
Figura 22. Diagrama de decisión RCM	43
Figura 23. Curva de confiabilidad Weibull ++	46
Figura 24. Curva de mantenibilidad	47
Figura 25. Succionador de resina	49
Figura 26. Motor y caja reductora extrusora 1	50
Figura 27. Extruder No. 1	50
Figura 28. Tornillo de la extrusora No.1	51
Figura 29. Cambia mallas Extrusora 1	51
Figura 30. Carro rotador Extrusora 1	52
Figura 31 . Núcleo del cabezal	53
<i>Figura 32. Cabezal de Extrusora 1</i>	53
Figura 33. Anillo de aire	54
Figura 34. Sistema de refrigeración y control de flujo del anillo de aire	54
Figura 35. Canastilla	55
Figura 36. Tableros colapsadores	56
Figura 37. Motor y caja reductora del nip roll	57
Figura 38. Equipo de trabajo RCM	71

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. ENTREGABLES PARA LAS REUNIONES CON EL EQUIPO DE TRABAJO RCM	120

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA EXTRUSORA DE POLIETILENO NUMERO 1 DE LA FABRICA DE PLÁSTICOS DE C.I. BANACOL S.A. \*

**AUTOR:** JAIMES CAPACHO, Carlos\*\*

**PALABRAS CLAVES:** RCM, Mantenimiento, Indicadores, Disponibilidad, Extrusora, Fallas, AMEF.

### DESCRIPCIÓN:

Se a realizado una propuesta de programa de mantenimiento basado en RCM para la extrusora numero 1 de la fabrica de plásticos de C.I. Banacol S.A. ubicada en Nueva colonia Antioquia, teniendo como meta , aumentar la disponibilidad de la extrusora en forma efectiva y la reducción de problemas de calidad asociados a fallas funcionales.

La disponibilidad y calidad del producto de las extrusora numero 1 de la fabrica de plásticos es considerada de alta criticidad debido a la incidencia directa de la bolsa de campo extruida por esta maquina con la calidad de la fruta.

Para tal fin se extraen del software AM y costos totales de la compañía , los datos necesarios para calcular los indicadores de disponibilidad y confiabilidad necesarios como puntos de partida. Se forma y lidera el grupo de trabajo compuesto por cinco personas empleadas de la fabrica , proactivas y con conocimientos de mantenimiento y producción, con el cual se lleva a cabo el taller RCM con la herramienta de análisis de los modos y efectos de las fallas AMEF.

Como resultado se proponen procedimientos y rutinas que mitigan las consecuencias de los fallos, junto con la cuantificación de la criticidad de las fallas funcionales obtenidos del taller y se entrega al grupo de trabajo las herramientas necesarias para realizar predicciones basadas en la curva de confiabilidad de las maquinas , haciendo énfasis en la calidad de los datos y las reglas para su manipulación.

---

\* Monografía

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Juan Montoya, Ingeniero Mecánico.

## SUMMARY

**TITLE:** DESIGN OF A MAINTENANCE PROGRAM BASED ON RCM FOR POLYETHYLENE EXTRUDER NUMBER 1 PLASTICS FACTORY CI BANACOL SA \*

**AUTHOR:** JAIMES CAPACHO, Carlos \*\*

**KEYWORDS:** RCM, Maintenance, Indicators, Availability, Extruder, Fallas, FMEA.

### **CONTENT:**

They have performed a proposed maintenance program based on RCM for the number extruder 1 plastics factory CI Banacol SA New colony located in Antioquia, targeting, increase the availability of the extruder effectively and reducing quality problems associated with functional failures.

The availability and quality of the product of the number extruder 1 plastics factory is considered highly critical due to the direct impact of the bag field extruded by this machine with the quality of the fruit.

To this end are extracted from the AM software and total costs of the company, the data needed to calculate the indicators of availability and reliability required as starting points. Is formed and leads the working group composed of five persons employed in the factory, proactive and knowledgeable maintenance and production, with which performs the RCM workshop with analysis tool modes and effects of the FMEA failure .

As a result procedures and routines that mitigate the consequences of failures, along with the quantification of the criticality of the obtained functional failures of the workshop and delivered to the working group needed to make predictions based on the reliability curve tools proposed machines, emphasizing the quality of data and rules for handling.

---

\* Monograph

\*\* School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director: Juan Montoya, Mechanical Engineer.

## INTRODUCCIÓN

C.I. Banacol es una corporación internacional dedicada a la producción y comercialización de frutas e insumos agroindustriales, dentro de esos insumos se encuentran los plásticos para cosecha y empaque de fruta conformados a partir de polietileno o polipropileno y aditivos dependiendo de su aplicación.

La Fábrica de Plásticos de Banacol nace con el objetivo principal de cubrir todos estos requerimientos de insumos plásticos para la industria bananera con sus líneas productivas de extrusión y conversión de película plástica.

Como una estrategia para mitigar el impacto ambiental y cumplir con los protocolos de calidad exigidos por la comercializadora internacional, se implementa en los cultivos de banano la bolsa de campo tratada, que es uno de los principales productos de la fábrica de plásticos.

Debido a la incidencia directa de la bolsa tratada en la calidad de la fruta, los estrictos controles de calidad de la bolsa y los cortos tiempos de entrega hacen que sea crítica la disponibilidad de los equipos que conforman las etapas de producción de la bolsa de campo tratada.

Se propone un plan de mantenimiento basado en la filosofía RCM para la extrusora numero 1 de la fabrica , activo que es parte del proceso productivo de la bolsa de campo tratada, con el objetivo de aumentar la disponibilidad y reducir los problemas de calidad asociados a los fallos funcionales , sirviendo esta propuesta como una guía para adoptar la metodología en los demás equipos de la línea.

## **1.EL PROBLEMA**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El pico de demanda mensual de la bolsa de campo tratada es de aproximadamente de 80 toneladas para cubrir las 8.700 hectáreas cultivadas de banano para exportación. La incidencia directa de esta bolsa en la calidad del banano y la política de 0 inventarios hace que sea crítica la disponibilidad de la extrusora 1 en la fábrica de plásticos para cumplir con los tiempos de entrega y estrictos controles de calidad a los que debe ser sometida la película extruida.

Las paradas no programadas debido a fallos generan pérdidas en la producción asociadas al tiempo que tarda restablecer las funciones del equipo, lo que conlleva al riesgo de no cumplir con los tiempos estimados de entrega al cliente. También se generan pérdidas económicas debido a los desperdicios en los arranques y a defectos de calidad que son consecuencia de fallos funcionales.

La extrusora no 1 es la única que cumple con los requisitos técnicos para extruir los royos madre con los que se conforma la bolsa de campo tratada, en consecuencia las paradas no programadas de la extrusora 1 conlleva al riesgo de no cumplir con los objetivos productivos de la organización.

### **1.2 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un programa de Mantenimiento basado en (RCM) para la extrusora de polietileno número 1 de la fábrica de plásticos de C.I. Banacol S.A.

### **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Extraer información histórica de tiempos operacionales y no operacionales de la línea de extrusión número 1 de la fábrica de plásticos.
- Realizar cálculo inicial de Disponibilidad, como punto de partida.
- Proponer el procedimiento para el cálculo de indicadores confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad (CMD) y capacitar al equipo de trabajo.
- Capacitar al equipo de trabajo en la metodología RCM.
- Desarrollar taller RCM para la línea de extrusión número 1.
- Analizar resultados del taller y proponer tareas de mantenimiento acordes al algoritmo de decisión propuesto.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

RCM es ampliamente reconocido como la forma con mejor relación de costo – efectividad para desarrollar estrategias de mantenimiento de clase mundial, donde se proponen actividades de mantenimiento preventivo y predictivo, con las que está demostrado que se logra el aumento de la disponibilidad de los equipos.

Gracias a los indicadores y a la metodología que se propondrá para la medición de estos, se podrá predecir el comportamiento futuro de la extrusora de polietileno

en lo que respecta a la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad , siendo estas predicciones herramientas para optimizar las frecuencias del mantenimiento proactivo propuesto, una vez sea puesto en marcha el programa.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 MARCO CONTEXTUAL

**2.1.1 C.I. Banacol S.A..** Corporación internacional dedicada a la producción y comercialización de frutas e insumos agroindustriales entre las que se encuentran el banano, piña, plátano yuca, plásticos para cosecha y empaque de fruta, cajas de cartón y etiquetas para consumo interno y terceros.

Más de 7.000 personas, vinculadas directamente, conforman el gran equipo Banacol. Estos empleados constituyen un enorme grupo humano de más de 28.000 personas que derivan su sustento y desarrollo familiar de la Compañía.

**2.1.2 Reseña histórica.** Banacol Colombia nació en noviembre de 1980 como una empresa que hoy hace parte del grupo multinacional, que adoptó su mismo nombre, fuente de empleo para miles de personas que, desde las fábricas, plantaciones, oficinas y puertos en Colombia, Costa Rica, Estados Unidos y Europa, trabajan unidas para satisfacer los deseos y necesidades de los más exigentes consumidores, a lo largo y ancho del mundo.

Año tras año experimentó un crecimiento significativo, adquiriendo y ampliando sus plantaciones e iniciando desde 1984 su proceso de integración vertical, incluyendo la producción de plástico, cajas y fumigación aérea, pilares fundamentales y fortalezas, frente a otros competidores del mercado, que le permitieron ser autónoma dentro de toda la cadena productiva y comercializadora.

La constitución de Banacol de Costa Rica, a mediados de los ochentas, y el inicio de la operación de Santa Marta en 1989, le permitieron consolidarse, desde la

década de los ochentas, como un grupo empresarial de primera línea, con gran capacidad, listo para ofrecer sus productos desde diferentes orígenes.

Su presencia en Costa Rica le permitió entrar en el negocio de la Piña, vendiendo en un principio su producto a otras multinacionales. A partir de 2001, resultado de la redefinición de la visión y misión de la empresa, inició la comercialización directa en los Estados Unidos y Europa, bajo su marca Venecia. Su incremento en producción y participación de mercado ha sido rápido y acertado, presentando un crecimiento exponencial desde su primer año de comercialización.

La compra en Colombia, en junio de 2004, de más de 5.000 hectáreas de cultivo de banano por parte de la compañía matriz de Banacol Colombia, fue un paso sin precedentes que convirtió a Banacol en la número 1 en la producción de banano en Colombia y una de las más importantes del panorama internacional, ampliando más de tres veces su capacidad productiva, a través de la operación en 39 fincas propias, que suman un área geográfica de 8.700 hectáreas; y en la principal operadora logística portuaria de Urabá. Esta adquisición le permite a la Compañía significativos ahorros, mayores eficiencias y captura de grandes sinergias.

**2.1.3 Valores Corporativos.** Se diferencian por su enfoque en la persona y en la excelencia, lo que conlleva , en términos de calidad y productividad, a un reconocimiento a nivel mundial. Procurando que sus múltiples equipos de trabajo logren su máximo desarrollo, progreso y bienestar, y se sientan orgullosos de pertenecer a Banacol.

Diligentes porque:

- Trabajamos con compromiso y entusiasmo.
- Actuamos con conciencia de superación y mejoramiento.

- Controlamos nuestros procesos y la calidad. Cada vez buscamos la forma eficiente de hacer nuestros procesos y la calidad del resultado.
- Somos flexibles para acomodarnos a un entorno y a un mercado cambiante, obteniendo mejores resultados.
- Actuamos en forma coherente con los principios éticos y morales que guían nuestra actividad.

Solidarios porque:

- Trabajamos por el bienestar de nuestra gente y de las comunidades donde tenemos presencia.
- Estamos comprometidos con la protección del medio ambiente.
- Generamos oportunidades para todos los públicos con quienes interactuamos.

Atentos porque:

- Establecemos relaciones armónicas y respetuosas.
- Somos cordiales y tenemos disposición para atender las necesidades de nuestro negocio y nuestro entorno.
- Comprendemos las necesidades de las personas con las que nos relacionamos, para ofrecer soluciones oportunas.

Somos eficientes porque:

- Direccionamos estratégicamente el negocio a mediano y largo plazo.
- Supervisamos y controlamos de principio a fin la calidad de nuestros productos.
- Generamos rentabilidad y por ende estabilidad y crecimiento.
- Nos orientamos al logro de los resultados alcanzando productividad y competitividad.

- Actuamos con integridad, honestidad y transparencia.

**2.1.4 Fabrica de plásticos de C.I. Banacol S.A..** La Fábrica de Plásticos inició operaciones en octubre de 1986, como una estrategia de integración vertical de la Corporación Banacol para la comercialización de la fruta, con el objetivo principal de cubrir todos los requerimientos de insumos plásticos para la industria bananera, desde los materiales de embole que ayudan a proteger la fruta en crecimiento hasta los productos de empaque.

Cuenta hoy con una capacidad instalada de 6.800 toneladas año en sus líneas productivas de polietileno y polipropileno.

**Figura 1. Fabrica de plásticos C.I. Banacol S.A.**

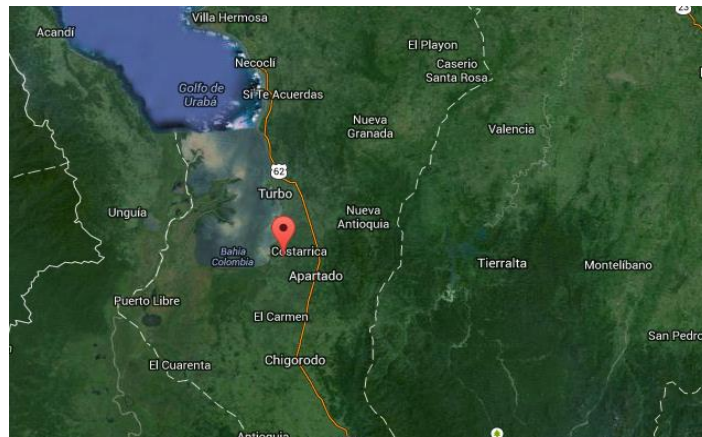


Dentro de los productos que ofrece la fabrica se encuentran:

- Bolsa tratada/sin tratar para la protección de banano y plátano
- Bolsa de empaque
- Cintas de edad
- Bolsa tratada/sin tratar para otras frutas tropicales
- Guantelete (daypa) para la protección de las manos de los racimos
- Soga (mecate) de polipropileno para el amarre de las plantas.

**2.1.5 Ubicación Geográfica.** Se encuentra ubicada en el corregimiento de Nueva Colonia, Municipio de Turbo Antioquia: Latitud: **7.93444** Longitud: **-76.7151**

**Figura 2. Ubicación geográfica**



Google maps [consultado 10 agosto 2014]. Disponible en <https://www.google.com/maps/place/Nueva+Colonia,+Antioquia,+Colombia/@6.853651,75.5269262,5z/data=!4m2!3m1!1s0x8e506cb9219a597b:0x100e1b096cf18b39>

**2.1.6 Proceso Productivo.** Se identifican 5 áreas de producción: Deposito y mezcla de resina, extrusión de polipropileno, conversión de polipropileno, extrusión de polietileno y conversión de polietileno.

*2.1.6.1 Deposito y Mezcla de Resina:* Los diferentes tipos de resina granulada se pesan y mezclan con aditivos acorde a la formulación. Se almacenan por lotes en pequeños contenedores móviles y se van ubicando en las zonas demarcadas para la alimentación de las tolvas de las extrusoras. Cuenta con un mezclador vertical de aspas con capacidad de 6 toneladas/hora para formulaciones que no contengan aditivos venenosos, y un mezclador horizontal con capacidad 1 tonelada/hora para formulaciones que contengan veneno.

**Figura 3. Mezclador de resina vertical**



**Figura 4. Zona para alimentación de las tolvas**



2.1.6.2 *Extrusión de Polipropileno.* Se cuenta con una extrusora de polipropileno de molde plano en la cual la resina granulada se convierte en película plástica plana, donde luego de su enfriamiento es cortada a lo largo de su longitud dividiéndose en 8 cintas que son enrolladas en bobinas por bobinadores automáticos.

**Figura 5. Molde plano**



**Figura 6. Cortadora de cintas de polipropileno**



**Figura 7. Bobinadores de cinta de polipropileno**



*2.1.6.3 Conversión de Polipropileno.* La fabrica de plásticos tiene a disposición para el área de conversión de polipropilenos 12 maquinas torcedoras de cinta plana , maquinas que conforman bobinas de sog a partir de las bobinas de cinta extruidas. La sog a es utilizada para el amarre de las plantas de banano para evitar la caída por el peso de los racimos.

**Figura 8. Área de conversión de polipropileno**



**Figura 9. Torcedora de polipropileno y producto terminado**



C.I. Banacol S.A [consultado 15 agosto 2014]. Disponible en:  
[www.banacol.com.co](http://www.banacol.com.co)

**2.1.6.4 Extrusión de Polietileno.** La fábrica de plásticos tienen en su área de extrusión de polietileno 6 maquinas extrusoras de película plástica soplada que de acuerdo a la densidad de la resina extruida se clasifican en: extrusoras de “baja” densidad (2 unidades); y, extrusoras de “alta” densidad (4 unidades). El resultado del proceso son rollos de película tubular que según su composición química y características físicas se utilizaran en el área de conversión como material de campo o material de empaque.

**Figura 10. Extrusora de polietileno No. 6**



**Figura 11. Rollos de película de polietileno**



2.1.6.5 *Conversión de Polietileno.* Su objetivo es la conformación de bolsas para empaque de fruta o películas tubulares perforadas para utilización en campo.

**Figura 12. Área de conversión de polietileno**



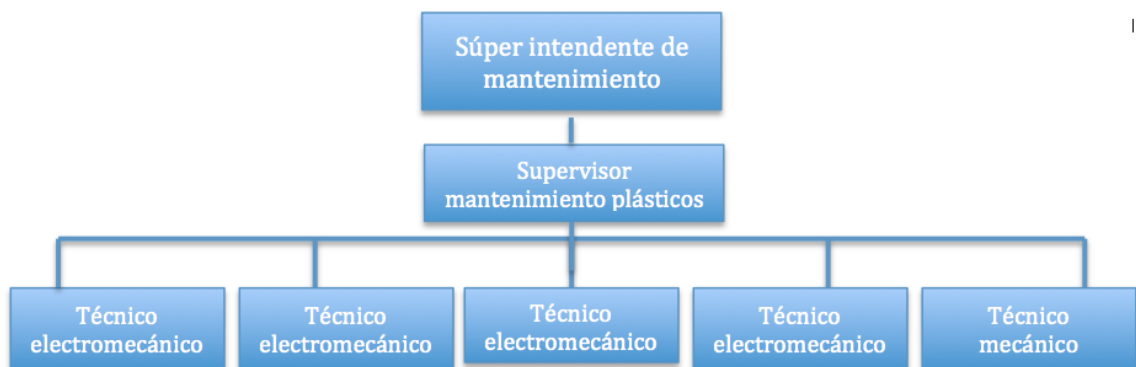
**Figura 13. Bolsa para empaque de fruta**



C.I. Banacol S.A [consultado 15 agosto 2014]. Disponible en:  
[www.banacol.com.co](http://www.banacol.com.co)

**2.1.7 Mantenimiento en la fábrica de plásticos.** Cuenta con un talento humano conformado por 7 personas que prestan el servicio al área de producción, tienen como objetivo asegurar que los activos estén disponibles, en óptimas condiciones y a un costo acorde a lo presupuestado.

**Figura 14. Organigrama departamento de mantenimiento Fábrica de plásticos**



Su área de trabajo cuenta con un taller mecánico y un taller eléctrico que denota compromiso con la implementación de la metodología 5s.

**Figura 15. Tablero de gestión visual de mantenimiento, Fabrica de plásticos**



**Figura 16. Taller mecánico – Fábrica de plásticos Banacol**



**Figura 17. Cajón de herramientas**



*2.1.7.1 Proceso de mantenimiento.* Los fallos y anomalías son reportados por los operadores de producción al departamento de mantenimiento mediante ordenes de trabajo que son generadas con el software AM, las cuales son ejecutadas acorde a las prioridades de producción y disposición de personal de mantenimiento.

- Los operadores de producción capacitados en mantenimiento autónomo se encargan de ejecutar algunas rutinas estandarizadas de limpieza, inspección y lubricación (mantenimiento autónomo).
- Los alistamientos de maquina para el arranque de ordenes de trabajo también son asistidos por personal de mantenimiento que se encarga del montaje de aditamentos y configuración de la maquina acorde a los requerimientos de la orden de producción.

## 2.1.8 Bolsa de campo

**2.1.8.1 Características.** El objetivo final de la línea de conversión de polietileno de baja densidad es la conformación de película tubular perforada y pre cortada conocida como “bolsa de campo”.

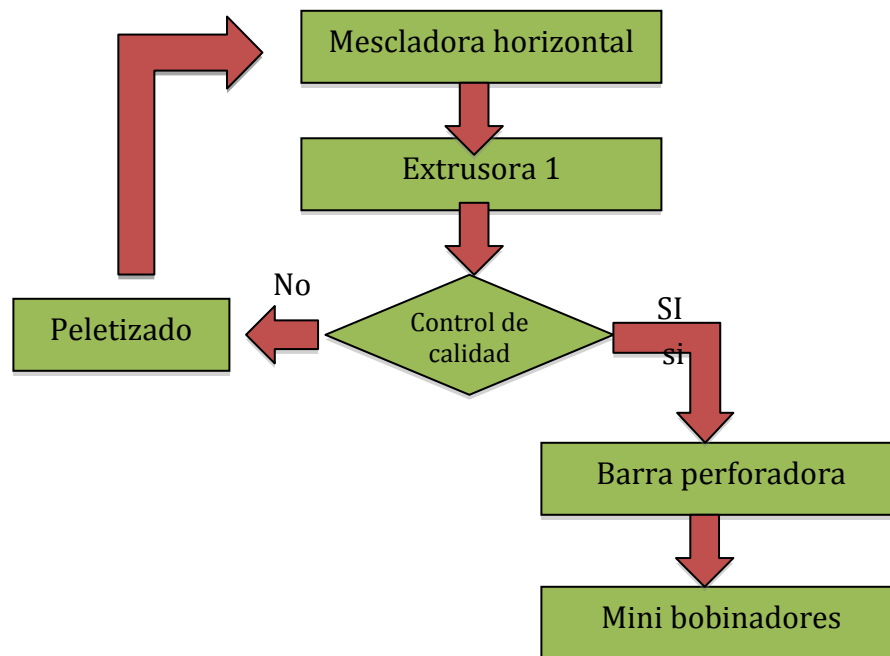
Esta bolsa contiene un ingrediente activo conocido como chlorpirifos que tiene como objetivo repeler los insectos y mantener alejados otros agentes patógenos que atacan a temprana edad los racimos de banano. Protege al racimo contra condiciones climáticas adversas (excesiva radiación solar, cambios bruscos de temperatura) y contribuye a aumentar el largo, el grosor y peso del racimo, además de reducir el intervalo entre la floración y la cosecha.

**Figura 18. Bolsa de campo**



### 2.1.8.2 Proceso productivo bolsa de campo

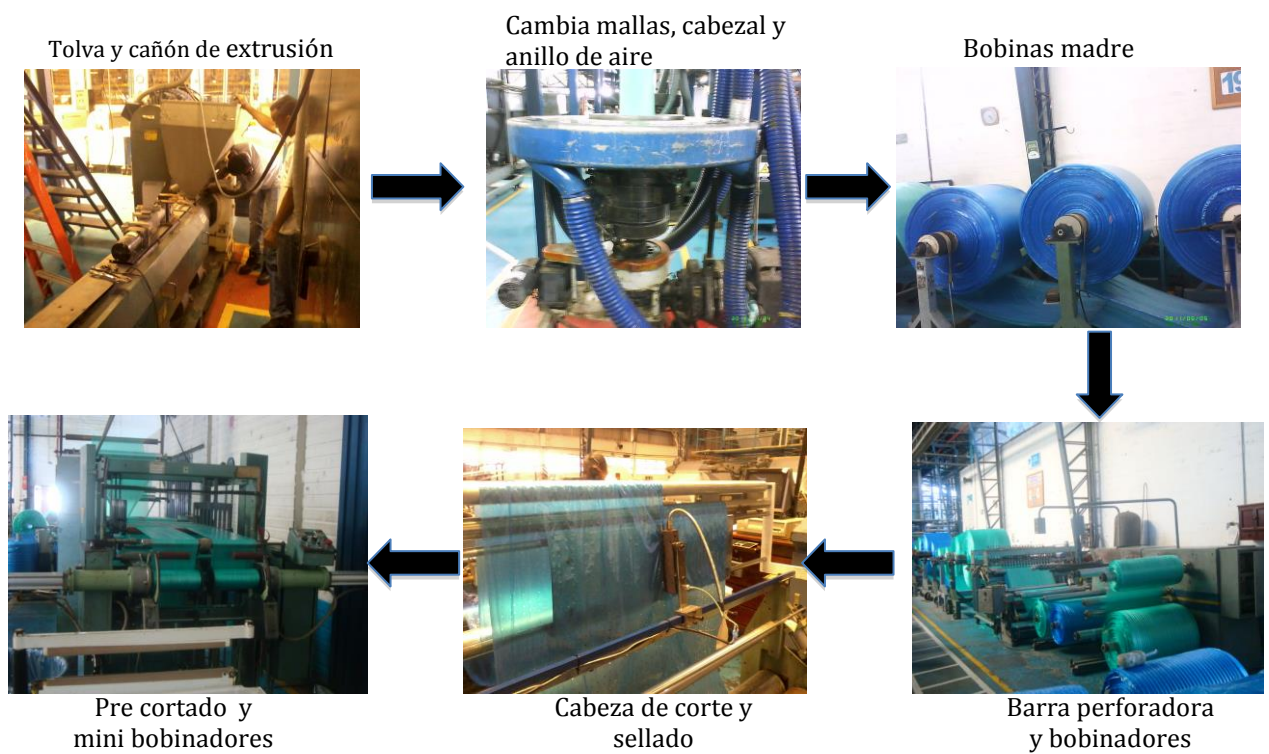
Figura 19. Diagrama de proceso de bolsa de campo



- El proceso inicia con la mezcla de la resina granulada de polietileno y los aditivos en la máquina mezcladora horizontal. Esta mezcla es extruida para convertirse en película tubular conformando bobinas madre de 1 metro de diámetro.
- Las bobinas o rollos madre son acumuladas a lo largo de la zona de perforado, cuando se acumulan 8 rollos se inicia el proceso de perforado, donde 80 punzonadores de 3 mm perforan la película cada 5 mm a lo largo de su longitud.

- Las bobinas perforadas son procesadas individualmente por el equipo de corte y sellado que divide la película en dos partes a lo largo de su longitud, para ser pre cortada y enrollada en pequeñas bobinas de 0.5 Kg.

**Figura 20. Proceso de fabricación de la bolsa de campo**



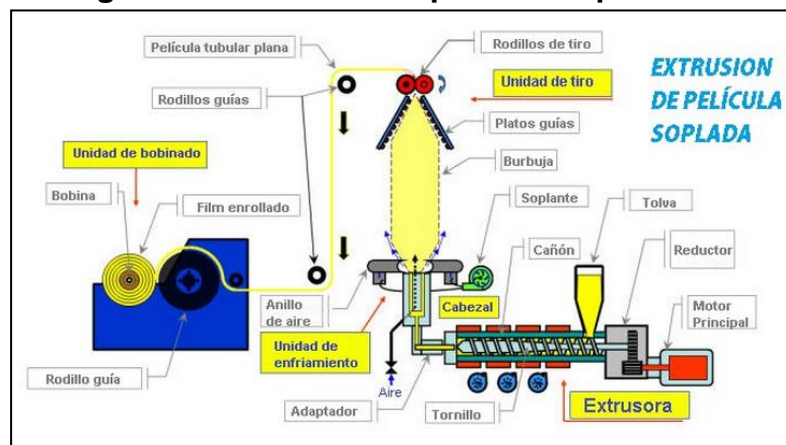
## 2.2 MARCO TEORICO

**2.2.1 Extrusión de Película Plástica Soplada.** Es el método más común para la fabricación de películas o films, y en general se utiliza para fabricar bolsas de plásticos termoplásticos. Más de la mitad de las películas producidas hoy en día

se hacen de polietileno, en su mayoría de baja densidad. El término película se refiere a espesores por debajo de 0,5 mm. Se usan películas delgadas para material de empaque (envolturas, bolsas para abarrotos y bolsas de basura); las aplicaciones de películas más gruesas incluyen cubiertas y revestimientos, por ejemplo cubiertas para piscinas y revestimientos para canales de irrigación. Mediante el proceso de extrusión de película soplada en general se obtienen espesores de película de ~10 a 250 micrones. Junto con la extrusión de película colada, la extrusión de película soplada son los métodos más habituales de fabricación de películas.

### 2.2.2 Descripción del proceso :

**Figura 21. Extrusión de película soplada**



Tecnología de los plásticos [consultado 22 agosto 2013]. Disponible en <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/> >

**2.2.2.1 Extrusora.** La extrusora representa el eje del proceso de película soplada. La extrusora está compuesta por un motor, un barril con zonas de calentamiento/enfriamiento, y un husillo giratorio para conducir el polímero a la

extrusora, derretir el polímero, y luego desarrollar presión suficiente para empujar el polímero derretido a través de la matriz.

**2.2.2.2 Barril o cañón.** Es un cilindro metálico que aloja al husillo y constituye el cuerpo principal de una máquina de extrusión. El barril debe tener una compatibilidad y resistencia al material que esté procesando, es decir, ser de un metal con la dureza necesaria para reducir al mínimo cualquier desgaste. El cañón cuenta con resistencias eléctricas que proporcionan una parte de la energía térmica que el material requiere para ser fundido. El sistema de resistencias, en algunos casos va complementado con un sistema de enfriamiento que puede ser flujo de líquido o por ventiladores de aire. Todo el sistema de calentamiento es controlado desde un tablero, donde las temperaturas de proceso se establecen en función del tipo de material y del producto deseado.

**2.2.2.3 Adaptador/matriz.** La matriz de la película soplada le da forma anular al polímero derretido que sale de la extrusora. La matriz está diseñada para proveer una velocidad uniforme al polímero alrededor de la circunferencia de la salida de la matriz.

**2.2.2.4 Anillo de aire.** Una vez que el polímero derretido sale de la matriz, adquiere sus dimensiones finales y se enfría. Estirar el polímero derretido mediante la expansión de la burbuja con presión de aire en su interior y estirar el tejido hacia abajo con los rodillos de tiro (nip rolls) reduce la película hasta el grosor deseado. El aire sale a través de un anillo de aire que está en la superficie de la burbuja para proporcionar el enfriamiento del tejido de polímero derretido.

**2.2.2.5 Estabilización y colapsado.** Una vez que el polímero derretido se solidifica, el tubo se estabiliza y se dirige hacia una pantalla que se encuentra debajo de los rodillos de tiro (nip rolls). Luego de transformarse en un tejido chato, se pueden desarrollar cualquiera de los procesos auxiliares, como por ejemplo: tratado, corte, sellado o impresión.

**2.2.2.6 Bobinado y fabricación de bolsas.** La película terminada se puede transformar en rollos utilizando una bobinadora para posterior su procesamiento, o se la puede conectar a una máquina en línea y transformarla en bolsas. <sup>1</sup>

**2.2.3 Mantenimiento Basado en Confiabilidad (Rcm).** El mantenimiento centrado en confiabilidad, se creó en la industria de la aviación hace más de 30 años y ha tenido muy buena acogida y se ha extendido a muchas empresas alrededor del mundo; entre ellas industrias como la generación eléctrica, petroquímicas, minería, entre otros; Esto debido a la versatilidad el cual permite analizar e implementar actividades de mantenimiento para alguno o varios equipo dentro de la compañía.

RCM se inscribe, dentro de los procesos de mejora continua, como una herramienta de ciclo proactivo: las mejoras no se producen solamente a partir del aprendizaje de las fallas que ocurren, sino que se generan a la velocidad deseada por la organización, utilizando todo el know-how de sus integrantes.

El RCM abarca la totalidad de la cadena operativa, estableciendo una escala de prioridades para el análisis en función de criterios de criticidad claramente

---

<sup>1</sup> BELTRAN, Marcilla Tecnología de los polímeros. [Consultado 12/04/2014]. Disponible en [http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012\\_04\\_01\\_archive.html](http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012_04_01_archive.html)

definidos. Los Grupos de Trabajo RCM están integrados por quienes mejor conocen los equipos que serán entonces parte del personal operativo y de mantenimiento.

Ellos definen el contexto operacional, las funciones requeridas de los equipos, sus fallas funcionales, las causas raíz de falla, sus efectos, sus niveles de criticidad y finalmente, la estrategia más adecuada para cada caso y serán conducidos por el facilitador que es la persona conocedora de la técnica.

La implementación del RCM debe llevar a equipos mas seguros y confiables, reducciones de costos (directos e indirectos), mejora en la calidad del producto, y mayor cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente. El RCM también esta asociado a beneficios humanos, como mejora en la relación entre distintas áreas de la empresa, fundamentalmente un mejor entendimiento entre mantenimiento y operaciones.<sup>2</sup>

**2.2.4 Análisis de Modos de Falla y Efectos “AMFFE”.** El análisis de modos y efectos de falla es un proceso estructurado para el análisis de la operación de una planta que permitirá identificar las fallas que pudieran presentarse y que engloba las etapas de: funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla. Los efectos o consecuencias de las fallas son posteriormente evaluados para determinar posibles medios de prevención <sup>3</sup>. Está compuesto por:

**2.2.4.1 Contexto operacional.** Antes de comenzar el análisis se debe redactar el contexto operacional que no es mas que una breve descripción que indica el

---

<sup>2</sup> RCM Mantenimiento centrado en confiabilidad. [Consultado 12/04/2014]. Disponible en <http://www.gestiopolis.com/operaciones/mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm.htm>

<sup>3</sup> Perozo, A. (1998). Mantenimiento Industrial. Universidad del Zulia. Maracaibo.

régimen de operación del equipo, disponibilidad de mano de obra y repuestos, consecuencias de indisponibilidad del equipo (producción perdida o reducida, recuperación de producción en horas extra, tercerización ), objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente, etc.

**2.2.4.2 Funciones y niveles de desempeño.** Se debe determinar cuál es la función que los usuarios quieren que cumpla el equipo y asegurar que es capaz de comenzar con lo que los usuarios esperan.

Funciones primarias: Están directamente relacionadas a la razón por el cual fue adquirido un equipo; donde se establecen parámetros de operación como temperatura, presión, velocidad, entre otros.

Secundarias: se dividen en las siguientes 7 categorías: Integridad medioambiental, Integridad estructura/seguridad, control y contención, confort y estética , protección , economía y eficiencia..

**2.2.4.3 Fallas funcionales o estados de falla.** Las fallas funcionales o estados de falla identifican todos los estados indeseables del sistema. Por ejemplo, para una bomba dos estados de falla podrían ser "Incapaz de bombear agua", "Bombea menos de 500 litros/minuto", "No es capaz de contener el agua". Notar que los estados de falla están directamente relacionados con las funciones deseadas. Una vez identificadas todas las funciones deseadas de un activo, identificar las fallas funcionales es un problema trivial.

**2.2.4.4 Modo de falla.** Se define como cualquier evento o suceso que causa que un bien (sistema o, proceso) puedan fallar. Es necesario distinguir entre "falla

funcional” (estado fallido) y “modo de falla” un evento que podría causar un estado de falla). La mejor manera de mostrar la conexión y distinción entre estados de fallas y los eventos que pueden causarlos, es alistar primero las fallas funcionales, luego registrar los modos de fallas que pueden causar cada falla funcional.

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

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

Cuando un equipo bajo cualquier tipo de alteración de algún parámetro varíe el desarrollo de la actividad para la que fue instalada, es considerado como una falla; por tal motivo es necesario analizar la falla y cuál o cuáles pueden ser sus consecuencias.<sup>4</sup>

**2.2.4.6 Consecuencias de las Fallas.** Depende del cómo y cuánto importa cada falla se pueden clasificar de la siguiente forma:

---

<sup>4</sup> MOUBRAY, John Miltchell, Mantenimiento centrado en confiabilidad Segunda Edición. UK. Aladon Ltd. 2004.

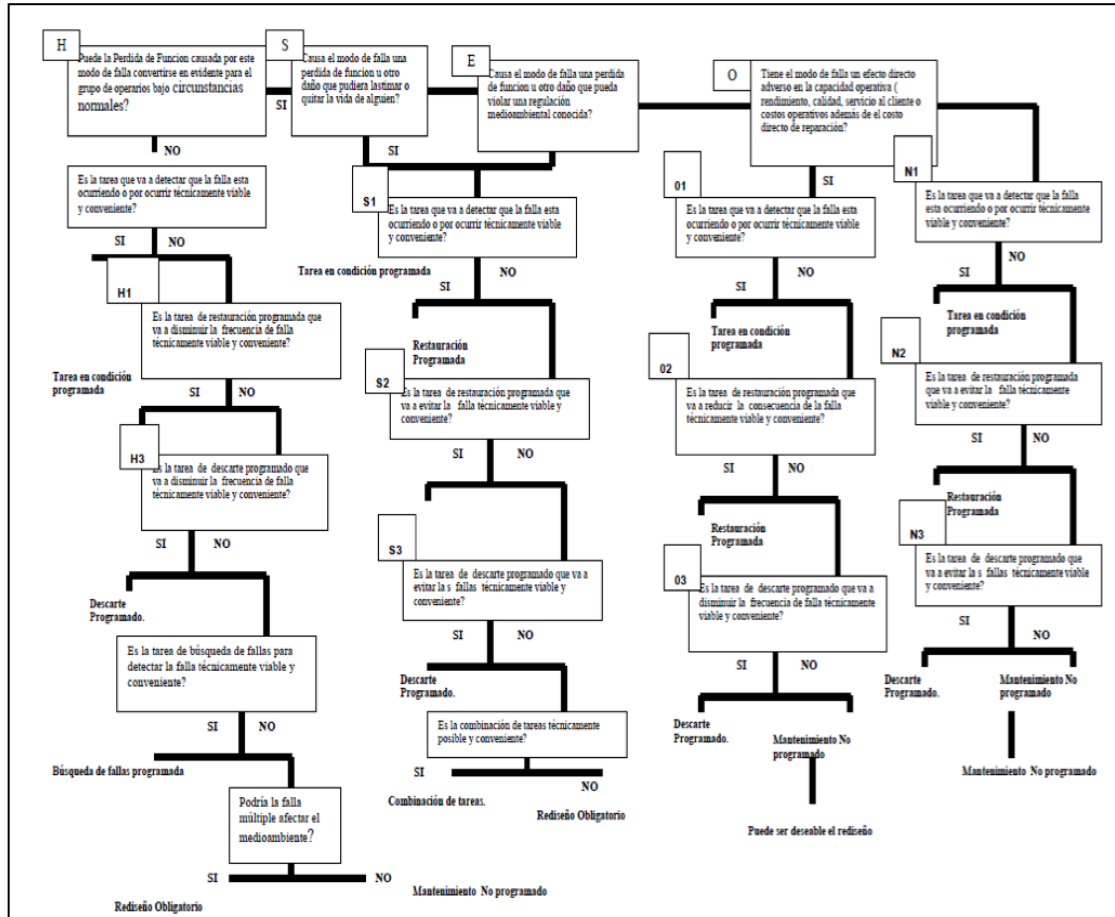
1. Consecuencia de fallos no evidentes: son aquellos fallos que no tienen un impacto directo, pero que puede originar otros fallos con mayores consecuencias a la organización.
2. Consecuencia en el medio ambiente y la seguridad: si puede herir o matar a alguien y tienen consecuencias sobre el medio ambiente, si infringe las normativas municipales, regionales, o nacionales relacionadas con el medio ambiente.
3. Consecuencias operacionales: son aquellas que afectan la producción por lo que repercuten considerablemente en la organización (calidad del producto, capacidad de servicio al cliente o costos industriales además de los costos de reparación.
4. Consecuencias no operacionales: son aquellas originadas por una cierta clase de fallos que no generan efectos sobre la producción ni la seguridad, por lo que el único gasto presente es el de la reparación.<sup>5</sup>

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

---

<sup>5</sup> ROJAS, Deivis. Diseño de una estrategia de mantenimiento basada en RCM para la impregnadora marca Tocchio de la empresa Lamitech S.A.S. Colombia: Universidad industrial de Santander, Escuela de ingeniería mecánica. 2014.

Figura 22. Diagrama de decisión RCM



Reliability-Centered Maintenance RCM II, Jhon Moubray

**2.2.5 Resultados de un Análisis de RCM.** Al aplicar el algoritmo de decisión RCM tenemos como resultado las siguientes tareas de mantenimiento.

**2.2.5.1 Tarea a condición.** Consiste en inspeccionar los equipos en búsqueda de condiciones que advierten de su deterioro, si en la inspección encontramos alguna de estas condiciones debemos tomar acción para prevenir la falla o su consecuencia.

Las inspecciones se hacen en intervalos de tiempo definidos que se ajustaran de acuerdo al histórico de fallos, dependiendo de la condición que se quiere detectar se pueden utilizar equipos de medición o simplemente detectar por medio de los sentidos.

**2.2.5.2 Tarea de reacondicionamiento cíclico.** Implica la reparación o re manufactura del componente antes del limite de edad, sin importar la condición en la que se encuentre en el momento de la tarea. Las tareas de reacondicionamiento se realizan en intervalos de tiempo calculados de acuerdo al ciclo de vida del componente.

**2.2.5.3 Tarea de sustitución cíclica.** Implica el cambio del componente antes del limite de edad, sin importar la condición en la que se encuentre en el momento de la tarea. Las tareas sustitución se realizan en intervalos de tiempo calculados de acuerdo al ciclo de vida del componente.

**2.2.5.4 Ningún mantenimiento proactivo.** Simplemente mientras el componente no presente algún fallo no lo cambiamos.

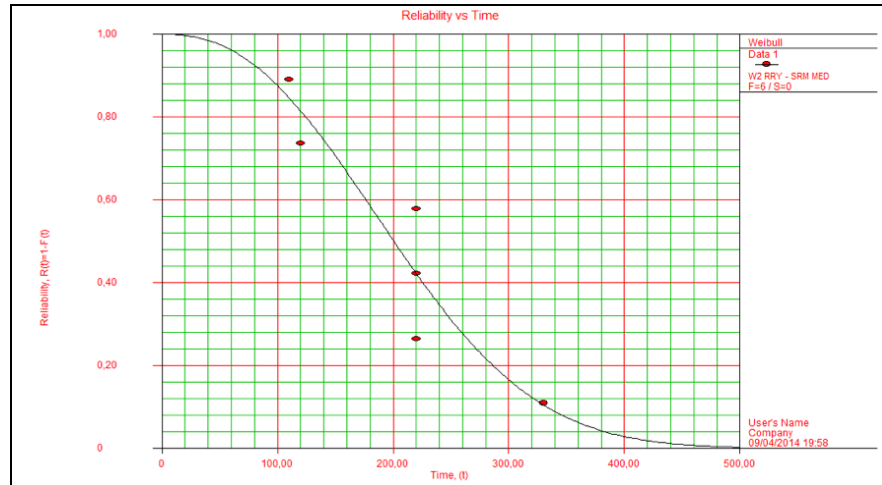
**2.2.5.5 Rediseño obligatorio.** Implica el análisis ingenieril del diseño actual de la maquina con el objetivo de proponer mejoras que nos garanticen la confiabilidad. Utilizamos este recurso cuando ninguna de las tareas descritas anteriormente nos garantizan mitigar los fallos o sus efectos.

**2.2.6 Disponibilidad.** La probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico.

**2.2.7 Confiabilidad.** La probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseña, durante un período de tiempo específico y bajo condiciones normales de operación, ambientales y del entorno, se define como confiabilidad.

**2.2.7.1 Curva de confiabilidad.** Es la representación gráfica del funcionamiento después de que transcurre un tiempo  $t$  en un período  $T$  total. Se puede entender de dos maneras: la primera consiste en la representación de la probabilidad de confiabilidad o supervivencia que tiene un elemento, máquina o sistema después de que transcurre un determinado tiempo  $t$ ; la otra forma de interpretarla es cuando se analizan varios o múltiples elementos (no reparables, normalmente) similares que tienen la misma distribución de vida útil, en este caso expresa el porcentaje de ellos que aún funcionan después de un tiempo  $t$ .

**Figura 23. Curva de confiabilidad Weibull ++**

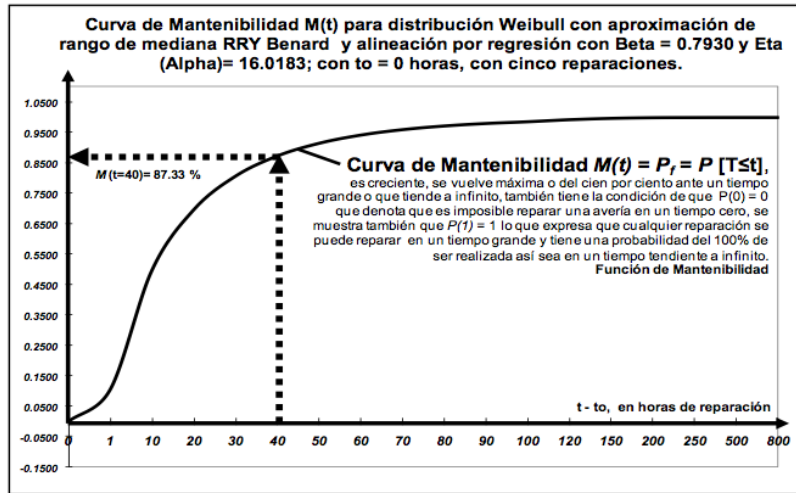


**2.2.8 Mantenibilidad.** A la probabilidad de que un elemento, máquina o dispositivo, pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva (funcional o de servicio), mediante una reparación que implica la realización de unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción; se le denomina mantenibilidad.

**2.2.8.1 Curva de Mantenibilidad.** Esta función se representa por  $M(t)$  e indica la probabilidad de que la función del sistema se recupere y el equipo se repare dentro de un tiempo definido  $t$  antes de un tiempo especificado total  $T$ .<sup>6</sup>

<sup>6</sup> MORA, Alberto. Mantenimiento industrial efectivo. Colombia . Fuentes litográficas Ltd. 2014.

**Figura 24. Curva de mantenibilidad**



MORA, Alberto. Mantenimiento industrial efectivo. Colombia Fuentes litográficas Ltd. 2014

### **3. EXTRUSORA DE POLIETILENO NO.1 DE LA FÁBRICA DE PLÁSTICOS BANACOL.**

La extrusora Numero 1, originalmente fabricada en Massachusetts USA por Gloucester en 1985 a sido repotenciada a través del tiempo buscando mejor eficiencia y velocidad, no se tiene la debida documentación técnica respecto al mantenimiento y operación del equipo.

Algunas repotenciaciones y mejoras a la maquina original:

- Cambio motor DC 80 hp y driver por motor AC 150 hp y variador de velocidad.
- Cambio de caja reductora
- Cambio de tablero de control análogo y lógica cableada a control y supervisión digital por plc y pantalla táctil.
- Cambio de rotador giro continuo de escobillas a rotador giro alternativo con power track.
- Cambio conjunto tornillo-camisa.

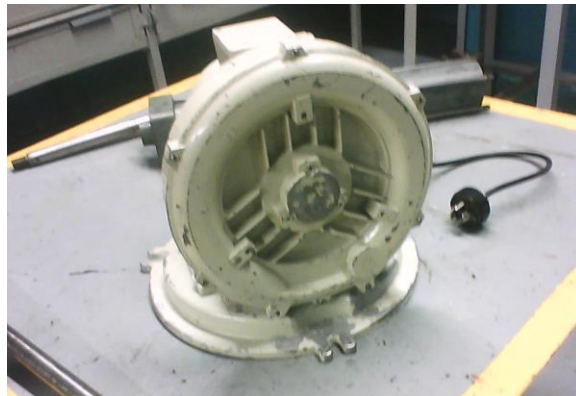
#### ***Características técnicas***

- Producción: 500 Kgr/hora
- Velocidad lineal máxima: 300 Pies/minuto
- Rango de espesor de la película: 8 a 150 micras
- Ancho de película máximo: 2 metros
- Presión de trabajo: 2000 PSI
- Voltaje: 440 V

### 3.1 Equipos de la línea

**3.1.1 Succionador de resina.** Se encarga de transportar el polietileno granulado (resina) de los contenedores a la tolva de alimentación de la extrusora por succión de vacío, tiene ciclos temporizados configurables de carga y alarmas por suministro deficiente de polietileno.

**Figura 25. Succionador de resina**



**3.1.2 Extruder.** Está compuesto por el sistema de potencia (motor-caja reductora) , tolva de alimentación, conjunto tornillo-camisa, cambia mallas y control automático de temperatura y de velocidad.

Su función es convertir la resina en masa fundida homogénea y transportarla a través del cambia mallas con una variación mínima de presión y temperatura.

**Figura 26. Motor y caja reductora extrusora 1**



**Figura 27. Extruder No. 1**



**Figura 28. Tornillo de la extrusora No.1**



**Figura 29. Cambia mallas Extrusora 1**



**3.1.3 Carro Rotador.** Está compuesto por el sistema de potencia (motor-caja reductora) , tubos de conducción para la masa fundida , control automático de temperatura y control de cambio de sentido de giro.

Su función es transportar la masa fundida del cambia mallas hacia el cabezal manteniendo el perfil de temperatura de la masa y girar automáticamente en sentido horario y anti horario el cabezal evitando el giro de mas de 360 grados.

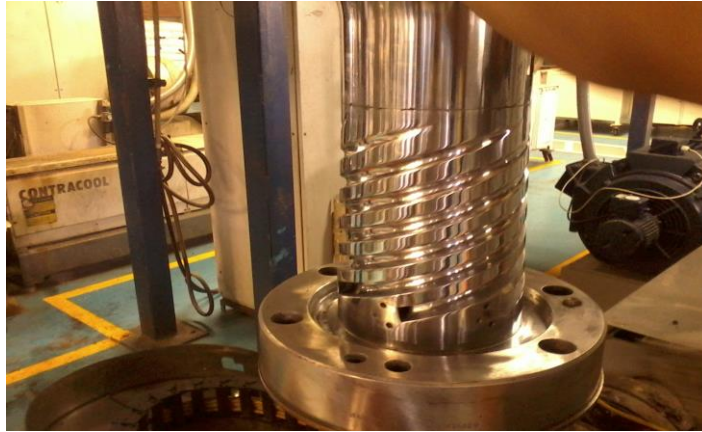
**Figura 30. Carro rotador Extrusora 1**



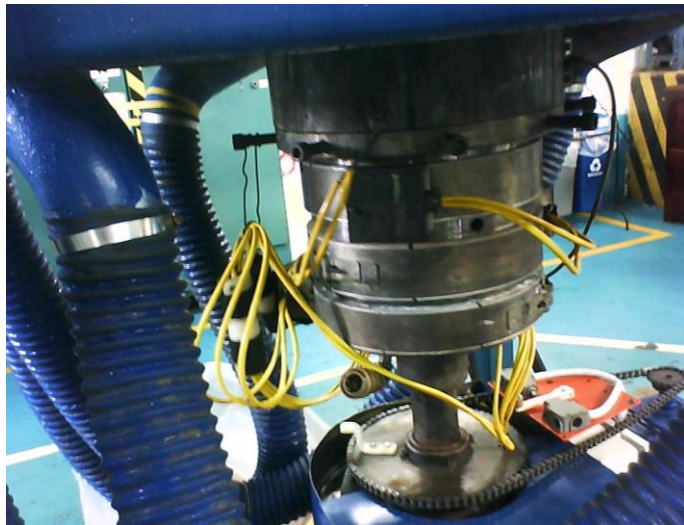
**3.1.4 Cabezal.** Está compuesto por un núcleo en acero de bajo coeficiente de dilatación con conductos helicoidales recubiertos con cromo duro, una carcasa exterior y el control automático de temperatura.

Tiene como función forzar a la masa fundida a adquirir la forma circular de la boquilla asegurando un flujo homogéneo manteniendo la presión y la temperatura constante.

**Figura 31 . Núcleo del cabezal**



**Figura 32. Cabezal de Extrusora 1**



### **3.1.5 Refrigeración de la burbuja “BLOWER”.**

Se compone de un anillo distribuidor de aire y equipo de refrigeración y flujo de aire.

Su función es enfriar la burbuja en forma uniforme mediante una corriente forzada de aire refrigerado concéntrica.

**Figura 33. Anillo de aire**



**Figura 34. Sistema de refrigeración y control de flujo del anillo de aire**



### 3.1.6 ESTABILIZACIÓN Y COLAPSADO

Se compone de un mecanismo llamado canastilla que consiste en rodillos guía de teflón concéntricos a la burbuja y ajustables a su diámetro, y de dos tableros llamados colapsadores que están fabricados en madera de bajo coeficiente de fricción ajustables en ángulo.

La función de la canastilla es evitar que la burbuja se balancee o vibre a lo largo de la torre de enfriamiento, la función de los tableros colapsadores es aplanar gradualmente la burbuja guiándola hacia el nip roll.

**Figura 35.Canastilla**



**Figura 36. Tableros colapsadores**



### **3.1.7 Nip roll**

Se compone de un rodillo de cromado refrigerado por agua , un rodillo de caucho, y el sistema de potencia (motor-caja reductora)

Su función es tirar la película hacia arriba a lo largo de la torre de enfriamiento y aplanarla evitando que el aire de la burbuja escape y que la película se selle debido a la temperatura.

**Figura 37. Motor y caja reductora del nip roll**



#### **4. INFORMACIÓN HISTÓRICA DE ESTADOS OPERACIONALES, NO OPERACIONALES Y FALLOS PARA LA EXTRUSORA 1**

Las ordenes de trabajo de mantenimiento se realizan con el software AM de Winsoftware y los registros de producción son almacenados con el software “costos totales” desarrollado por Banacol.

De la base de datos del AM se observa:

- El listado general de partes y equipos no se a ingresado hasta el mínimo ítem mantenible.
- La mayoría de las rutinas de mantenimiento no se han creado,
- las rutinas de mantenimiento existentes son de lubricación y no están asociadas a horas de trabajo maquina, pero existen estándares de lubricación que se ejecutan.
- Según entrevista con los técnicos de mantenimiento de la fabrica (realizadas por el autor) , no todas las fallas son registradas en el software AM, debido a desconocimiento del manejo del mismo o por deficiencia en las bases de datos de los equipos, no todas las ordenes de trabajo se cierran una vez terminadas, el operador las cierra al finalizar el día.

#### 4.1 Registros de mantenimiento

Existen registros de fallas en el AM para la línea de extrusión desde el 2013-06-13 al 2014-01-07, se extrae del software :

**Tabla1. Registros de mantenimiento Extrusora 1**

OT	Descripción OT	F-Gen
2,013 - 1,009	solucionar fuga de aire en conector de llenado de la burbuja	2013/06/13
2,013 - 1,021	Lubricar Maquina Extrusora	2013/06/17
2,013 - 1,043	.LUBRICAR CADENA, TORNILLOS SIN FIN Y RODAMIENTOS	2013/06/18
2,013 - 1,056	Reparar Variador Rotativa	2013/06/18
2,013 - 1,083	Lubricar Maquina Extrusora	2013/06/24
2,013 - 1,144	Lubricar Maquina Extrusora	2013/07/01
2,013 - 1,168	Adicionar aceite Omala 320 a caja reductora principal.	2013/07/02
2,013 - 1,172	Revisar temperatura extruder#1 del cambia malla esta marcando por debajo delo pro	2013/07/03
2,013 - 1,191	Lubricar Maquina Extrusora	2013/07/08
2,013 - 1,235	Revisar la correa del nip roll de la extruder 1 ya que esta que se revienta.	2013/07/10
2,013 - 1,253	revisar el succionador de resina	2013/07/12
2,013 - 1,266	Lubricar Maquina Extrusora	2013/07/15
2,013 - 1,289	.LUBRICAR CADENA, TORNILLOS SIN FIN Y RODAMIENTOS	2013/07/16
2,013 - 1,316	Limpia la extruder 1	2013/07/18
2,013 - 1,339	Lubricar Maquina Extrusora	2013/07/22
2,013 - 1,383	Cambiar manguera mala del Nip Roll.	2013/07/31
2,013 - 1,384	cambiar manguera de aire rota en el nip roll	2013/07/31
2,013 - 1,385	Revisar fuga de aire en el nip roll	2013/07/31
2,013 - 1,399	Lubricar Maquina Extrusora	2013/07/29
2,013 - 1,432	Lubricar Maquina Extrusora	2013/08/05
2,013 - 1,476	Revisar succionador de resina	2013/08/04
2,013 - 1,516	Lubricar Maquina Extrusora	2013/08/12
2,013 - 1,541	.LUBRICAR CADENA, TORNILLOS SIN FIN Y RODAMIENTOS	2013/08/13
2,013 - 1,560	revisar problemas con la temperatura 2 y5 del cañón	2013/08/15
2,013 - 1,577	Revisar problema con el motor del rotador	2013/08/20
2,013 - 1,581	Lubricar Maquina Extrusora	2013/08/19
2,013 - 1,621	.LUBRICAR RODAMIENTOS DEL MOTOR DEL BLOWER	2013/09/01
2,013 - 1,640	Lubricar Maquina Extrusora	2013/08/26
2,013 - 1,677	Retirar insumos mensual para maquina exrtuder 1	2013/08/26
2,013 - 1,699	Cambiar de posición rodillo guia numero 1 del nip roll.	2013/08/29

2,013 - 1,723	instalar y armar motor principal del cañón	2013/08/31
2,013 - 1,757	Lubricar Maquina Extrusora	2013/09/02
2,013 - 1,800	Cambiar motor del rotador de la E5 a la E1.	2013/09/06
2,013 - 1,805	Cambiar corona para extruir baja densidad hoy a las 06:00 Am.	2013/09/08
2,013 - 1,807	Cambiar anillo de aire por el de alta	2013/09/08
2,013 - 1,811	revisar temperatura zona 1 y 4 del cañón	2013/09/09
2,013 - 1,818	.LUBRICAR CADENA, TORNILLOS SIN FIN Y RODAMIENTOS	2013/09/10
2,013 - 1,836	Lubricar Maquina Extrusora	2013/09/09
2,013 - 1,858	Reparar válvula de llenado del cabezal se desprendió	2013/09/09
2,013 - 1,860	Cambio variador del motor del blower por un variador en la extruder PP	2013/09/09
2,013 - 1,883	Corregir problema con la palanca de las levas de cambio de giro de la rotativa	2013/09/10
2,013 - 1,891	Revisar el succionador de resina	2013/09/13
2,013 - 1,893	cambiar anillo de aire	2013/09/14
2,013 - 1,918	Lubricar Maquina Extrusora	2013/09/16
2,013 - 1,956	Revisar indicador digital de las RPM	2013/09/19
2,013 - 1,989	Lubricar Maquina Extrusora	2013/09/23
2,013 - 117	Cambiar manguera nip rol mala	2013/02/21
2,013 - 144	LIMPIAR VASTAGO EXTRUDER 1	2013/02/27
2,013 - 167	cambiar retenedores ala caja p/pal de la EXTPE-001	2013/03/01
2,013 - 2,010	Limpieza driver motor principal.	2013/09/23
2,013 - 2,013	revisar problemas de corto en el cañón baja temperatura en la zona 3	2013/09/24
2,013 - 2,014	Cambiar manguera rota del nip roll	2013/09/24
2,013 - 2,025	desarmar y limpiar dado del cabezal por problemas de material rallado	2013/09/25
2,013 - 2,052	.CAMBIO DE ACEITE CAJA REDUCTORA CANASTILLA	2013/09/30
2,013 - 2,070	Lubricar Maquina Extrusora	2013/09/30
2,013 - 2,097	revisar rotador que no gira	2013/10/01
2,013 - 2,101	revisar jumbo embobinador que la pantalla se esta apagando	2013/10/02
2,013 - 2,109	revisar válvula de llenado	2013/10/03
2,013 - 2,116	Retirar insumos de producción mensual.	2013/10/03
2,013 - 2,126	revisar temperatura del cañón	2013/10/04
2,013 - 2,128	limpiar cabezal por quemados	2013/10/04
2,013 - 2,137	Cambio de corona el domingo a las 11:30 Pm de baja a alta densidad.	2013/10/05
2,013 - 2,147	.LUBRICAR CADENA, TORNILLOS SIN FIN Y RODAMIENTOS	2013/10/08
2,013 - 2,163	Lubricar Maquina Extrusora	2013/10/07
2,013 - 2,196	Revisar descalibre del cabezal	2013/10/08
2,013 - 2,202	Cambio manguera mala de anillo de aire hasta el blower de enfriamiento.	2013/10/09
2,013 - 2,205	arrancar maquina y mirar como se comporta luego del mtto que se realizo	2013/10/10
2,013 - 2,209	Revisar problema de temperatura del cambia mallas	2013/10/11
2,013 - 2,215	Rectificada rodillo de caucho del Nip Roll para respaldo	2013/10/15
2,013 - 2,236	Lubricar Maquina Extrusora	2013/10/14
2,013 - 2,288	Lubricar Maquina Extrusora	2013/10/21
2,013 - 2,335	revisar por que no arranca la maquina	2013/10/27
2,013 - 2,339	Cambiar térmico al blower del motor principal	2013/10/28
2,013 - 2,342	Lubricar Maquina Extrusora	2013/10/28
2,013 - 2,394	Reparar variador de la rotativa	2013/06/18

2,013 - 2,405	Revisar el plenum, esta muy deteriorado	2013/11/01
2,013 - 2,420	.LUBRICAR CADENA, TORNILLOS SIN FIN Y RODAMIENTOS	2013/11/05
2,013 - 2,436	Lubricar Maquina Extrusora	2013/11/04
2,013 - 2,466	Cambiar anillo de aire, colocar el de alta	2013/11/06
2,013 - 2,511	Lubricar Maquina Extrusora	2013/11/12
2,013 - 2,530	Retirar insumos de producción mensual.	2013/11/12
2,013 - 2,547	Revisar temperatura del cabezal zona inferior	2013/11/13
2,013 - 2,566	cambiar anillo de aire	2013/11/16
2,013 - 2,590	Lubricar Maquina Extrusora	2013/11/19
2,013 - 2,613	cambiar racor malo del cilindro izquierdo	2013/11/18
2,013 - 2,614	revisar yumbo que no tensiona	2013/11/20
2,013 - 2,629	Cambiar manguera de 4" del anillo del aire mala.	2013/11/22
2,013 - 2,644	Lubricar Maquina Extrusora	2013/11/26
2,013 - 2,699	Cambiar el piso donde esta soportado el blower y hacer mtto g/ral	2013/11/26
2,013 - 2,710	.CAMBIAR ACEITE CAJA REDUCTORA PRINCIPAL	2013/12/02
2,013 - 2,712	.LUBRICAR CADENA, TORNILLOS SIN FIN Y RODAMIENTOS	2013/12/03
2,013 - 2,735	Lubricar Maquina Extrusora	2013/12/03
2,013 - 2,758	Retirar insumos de producción mensual.	2013/12/03
2,013 - 2,804	Lubricar Maquina Extrusora	2013/12/10
2,013 - 2,874	Lubricar Maquina Extrusora	2013/12/17
2,013 - 2,925	Lubricar Maquina Extrusora	2013/12/24
2,013 - 2,976	Lubricar Maquina Extrusora	2013/12/31
2,013 - 2,982	.LUBRICAR CADENA, TORNILLOS SIN FIN Y RODAMIENTOS	2013/12/31
2,013 - 233	Lubricar Maquina Extrusora	2013/03/17
2,013 - 251	Reparar motor de la rotativa -cambiar retenedor, aceite y rodamientos	2013/03/13
2,013 - 270	Lubricar Maquina Extrusora	2013/03/24
2,013 - 336	Corregir Fuga de Aceite Caja Reductora	2013/03/26
2,013 - 338	Lubricar Maquina Extrusora	2013/03/31
2,013 - 363	.LUBRICAR CADENA, TORNILLOS SIN FIN Y RODAMIENTOS	2013/03/26
2,013 - 377	Cambiar la corona de la extruder 1 de alta a baja	2013/03/26
2,013 - 397	Lubricar Maquina Extrusora	2013/04/07
2,013 - 422	.CAMBIO DE ACEITE CAJA REDUCTORA CANASTILLA	2013/04/01
2,013 - 446	Realizar el cambio de corona de alta a baja	2013/04/03
2,013 - 447	Realizar el cambio de corona de alta a baja	2013/04/03
2,013 - 448	Realizar el cambio de corona de alta a baja	2013/04/03
2,013 - 449	Realizar el cambio de corona de alta a baja	2013/04/03
2,013 - 450	Realizar el cambio de corona de alta a baja y colocar motor de la rotativa	2013/04/03
2,013 - 451	Realizar el cambio de corona de alta a baja	2013/04/03
2,013 - 452	Realizar el cambio de corona de alta a baja	2013/04/03
2,013 - 453	Cambiar manguera mala del succionador de resina	2013/04/03
2,013 - 455	colocar el motor de la rotativa	2013/04/03
2,013 - 456	colocar el motor de la rotativa	2013/04/03
2,013 - 514	Cambiar relé térmico del motor ventilador del motor principal	2013/04/10
2,013 - 555	Lubricar Maquina Extrusora	2013/04/15
2,013 - 584	Lubricar Maquina Extrusora	2013/04/22
2,013 - 603	LUBRICAR CADENA, TORNILLOS SIN FIN Y RODAMIENTOS	2013/04/23

2,013 - 656	LUBRICAR RODAMIENTOS DEL MOTOR DEL BLOWER	2013/05/03
2,013 - 667	Lubricar Maquina Extrusora	2013/04/29
2,013 - 684	Lubricar Maquina Extrusora	2013/05/06
2,013 - 710	Recortar resorte del retenedor principal de la caja reductora	2013/05/06
2,013 - 713	limpiar cabezal	2013/05/07
2,013 - 733	REVICION Y CAMBIO DE PIROMETRO ZONA 3 DEL CA—ON	2013/05/11
2,013 - 734	REVICISAR Y CAMBIAR DE PIROMETRO ZONA 3 DEL CA—ON	2013/05/11
2,013 - 740	Revisar temperatura del rotador	2013/05/11
2,013 - 749	Lubricar Maquina Extrusora	2013/05/13
2,013 - 791	Revisar Alarma Drive Principal	2013/05/17
2,013 - 795	Cambiar la corona de baja por la de alta	2013/05/17
2,013 - 807	Lubricar Maquina Extrusora	2013/05/20
2,013 - 829	LUBRICAR CADENA, TORNILLOS SIN FIN Y RODAMIENTOS	2013/05/21
2,013 - 852	Revisar succionador de resina	2013/05/22
2,013 - 868	Lubricar Maquina Extrusora	2013/05/27
2,013 - 919	Cambiar la corona de alta por la de baja densidad	2013/05/28
2,013 - 934	Lubricar Maquina Extrusora	2013/06/03
2,013 - 974	Lubricar Maquina Extrusora	2013/06/10
2,014 - 101	Cambiar Correa Nip roll	2014/01/09
2,014 - 106	realizar mtto a el motor succionador	2014/01/12
2,014 - 114	Revisar y habilitar motor para succionador de resina.	2014/01/13
2,014 - 117	Cambiar de corona de alta a baja en la Extruder 1. aproximadamente 17 horas.	2014/01/14
2,014 - 128	Lubricar Maquina Extrusora	2014/01/14
2,014 - 175	Cambiar de corona de baja a alta en la E-1. aproximadamente 23 horas	2014/01/16
2,014 - 183	Lubricar Maquina Extrusora	2014/01/21
2,014 - 256	revisar descalibre de maquina	2014/01/23
2,014 - 271	Revisar problemas del indicador de RPM, indicador de presión y Melt	2014/01/25
2,014 - 272	limpiar extrusora uno por que sale material quemado	2014/01/27
2,014 - 278	LUBRICAR CADENA, TORNILLOS SIN FIN Y RODAMIENTOS	2014/01/28
2,014 - 294	Lubricar Maquina Extrusora	2014/01/28
2,014 - 318	limpiar la extruder 1	2014/01/29
2,014 - 320	revisar rotador	2014/01/30
2,014 - 330	Limpiar tornillo para verificar su estado y el de la camisa	2014/02/04
2,014 - 359	Lubricar Maquina Extrusora	2014/02/10
2,014 - 385	Retirar insumos de producción mensual.	2014/02/13
2,014 - 39	LUBRICAR RODAMIENTOS DEL MOTOR DEL BLOWER	2014/01/01
2,014 - 395	reparar válvula de llenado se partió la rosca	2014/02/13
2,014 - 401	desarmar cañón quitar resistencias	2014/02/16
2,014 - 443	LUBRICAR CADENA, TORNILLOS SIN FIN Y RODAMIENTOS	2014/02/25
2,014 - 460	Lubricar Maquina Extrusora	2014/02/24
2,014 - 480	Limpiar cableado que esta encima de los controles de los blower	2014/02/2

		7
2,014 - 482	Revisar cable suelta encima de control de mando de la extruder	2014/02/27
2,014 - 486	Retirar insumos mensuales para producción.	2014/03/01
2,014 - 514	Lubricar Maquina Extrusora	2014/03/03
2,014 - 515	REALIZAR INSPECCI" N Y GARANTIZAR ESTADO DE PIROMETROS, TERMOCUPLAS Y RESISTENC	2014/03/03
2,014 - 56	Lubricar Maquina Extrusora	2014/01/07
2,014 - 603	Lubricar Maquina Extrusora	2014/03/10
2,014 - 629	Bajar variador del motor principal	2014/03/11
2,014 - 671	Lubricar Maquina Extrusora	2014/03/17
2,014 - 751	Lubricar Maquina Extrusora	2014/03/24
2,014 - 801	LUBRICAR MAQUINA EXTRUSORA	2014/03/31
2,014 - 802	REALIZAR INSPECCI" N Y GARANTIZAR ESTADO DE PIR" METROS, TERMOCUPLAS Y RESISTENC	2014/04/03
2,014 - 828	Reconstrucción anillos guías de 7" de los vástagos 6 unds	2014/04/01
2,014 - 89	Ajustar Cambia mallas. Presenta fuga	2014/01/07

Según el informe se generaron 174 ordenes de trabajo de las cuales 97 fueron labores de lubricación y 77 fallas, distribuidas de la siguiente forma:

**Tabla 2. Consolidad de registros de mantenimiento Extrusora 1**

Lugar de ocurrencia del fallo	Eventos
Control de temperatura	12
Válvula de llenado	5
Nip roll	7
Succionador de resina	6
Defectos en la película extruida asociados a falta de limpieza	7
Rotador	10
Motor principal	4
Blower	4
Caja motor principal	3
Driver Motor principal	5
Estabilización y colapsado	8
Problemas de calidad en la película ocasionados por fallas funcionales	4
Perdida de contención	2
<b>Total de eventos</b>	<b>77</b>

## 4.2 Registros de producción

De los registros de producción almacenados en el software costos totales se extraen los tiempos operativos y no operativos capturados desde la semana 23 del 2013 a la semana 5 de 2014.

**Tabla 3. Registros de tiempos operativos y no operativos extrusora 1**

PERIODOS	AÑO	PER	SEM	CENTRO	MAQUINA		CODIGO	GRUPO	DESCRIPCION	Total	Valor
Paros Programados	2013	6	23	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	48	280,873
Paros No Programados	2013	6	23	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	13	0	Falta de Materia Prima	1	5,852
Paro Externo	2013	6	23	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	1	Otros	3.5	20,480
Cambio de Herramientas	2013	6	23	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	2.25	13,166
Paro Externo	2013	6	23	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	2	11,703
Star-Up	2013	6	23	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	4	23,406
Tiempo Productivo	2013	6	23	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	107.25	627,576
Paros Programados	2013	6	24	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	24	140,437
Paro Externo	2013	6	24	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	1	Otros	1.5	8,777
Set-Up y Ajustes	2013	6	24	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	16	0	Alistam. cambio de Ref	2	11,703
Cambio de Herramientas	2013	6	24	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	1	5,852
Avería	2013	6	24	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	1.5	8,777
Avería	2013	6	24	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	29	1	Falta de Aire	2.75	16,092
Star-Up	2013	6	24	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	3	17,555
Set-Up y Ajustes	2013	6	24	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	2	Ajustes del Equipo	1.75	10,240
Tiempo Productivo	2013	6	24	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	130.5	763,624
Paros No Programados	2013	6	25	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	13	0	Falta de Materia Prima	2	11,703
Paro Externo	2013	6	25	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	1	Otros	2.75	16,092
Paro Externo	2013	6	25	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	3	Paros por lluvia	2	11,703
Cambio de Herramientas	2013	6	25	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	0.75	4,389
Avería	2013	6	25	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	1	5,852
Tiempo Productivo	2013	6	25	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	158.5	933,319
Paros No Programados	2013	6	26	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	36	210,656
Paros No Programados	2013	6	26	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	13	0	Falta de Materia Prima	48	280,873
Set-Up y Ajustes	2013	6	26	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	16	0	Alistam. cambio de Ref	1	5,852
Cambio de Herramientas	2013	6	26	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	0.5	2,926
Tiempo Productivo	2013	6	26	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	82.5	482,751

PERIODOS	AÑO	PER	SEM	CENTRO	MAQUINA		CODIGO	GRUPO	DESCRIPCION	Total	Valor
Paros No Programados	2013	7	27	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	34	198,952
Paro Externo	2013	7	27	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	1	Otros	1.25	7,314
Set-Up y Ajustes	2013	7	27	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	16	0	Alistam. cambio de Ref	1	5,852
Cambio de Herramientas	2013	7	27	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	4	23,406
Paro Externo	2013	7	27	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	0.5	2,926
Avería	2013	7	27	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	1	Eléctrico	2	11,703
Tiempo Productivo	2013	7	27	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	125.25	732,904
Paros No Programados	2013	7	28	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	24	140,437
Paro Externo	2013	7	28	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	1	Otros	1.5	8,777
Paros No Programados	2013	7	28	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	21	1	Imprevistos	10	58,515
Cambio de Herramientas	2013	7	28	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	4	23,406
Avería	2013	7	28	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	2	11,703
Tiempo Productivo	2013	7	28	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	126.5	740,218
Paros No Programados	2013	7	29	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	95	565,895
Paro Externo	2013	7	29	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	1	Otros	0.75	4,389
Set-Up y Ajustes	2013	7	29	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	16	0	Alistam. cambio de Ref	4	23,406
Cambio de Herramientas	2013	7	29	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	0.5	2,926
Avería	2013	7	29	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	34.5	201,878
Paros No Programados	2013	7	29	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	25	1	Falta Operador de Mant	1	5,852
Avería	2013	7	29	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	29	1	Falta de Aire	1.25	7,314
Tiempo Productivo	2013	7	29	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	31	181,397
Paros No Programados	2013	7	30	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	21.75	127,271
Paro Externo	2013	7	30	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	1	Otros	4.5	26,332
Set-Up y Ajustes	2013	7	30	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	16	0	Alistam. cambio de Ref	6	35,109
Cambio de Herramientas	2013	7	30	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	2.25	13,166
Paro Externo	2013	7	30	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	2.25	13,166
Star-Up	2013	7	30	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	4.5	26,332
Tiempo Productivo	2013	7	30	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	126.75	741,881
Paros No Programados	2013	7	31	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	48	280,873
Paro Externo	2013	7	31	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	1	Otros	11.75	68,755
Cambio de Herramientas	2013	7	31	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	0.5	2,926
Paro Externo	2013	7	31	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	0.5	2,926
Avería	2013	7	31	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	27	1	Demora Logística Com	0.25	1,463
Star-Up	2013	7	31	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	2.5	14,629
Tiempo Productivo	2013	7	31	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	104.5	611,485

PERDAS	AÑO	PER	SEM	CENTRO	MAQUINA	CODIGO	GRUPO	DESCRIPCION	Total	Valor	
Paros No Programados	2013	8	32	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	158	924,541
Tiempo Productivo	2013	8	32	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	10	58,515
Paros No Programados	2013	8	33	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	60	351,092
Paros No Programados	2013	8	33	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	21	1	Imprevistos	2.75	16,092
Cambio de Herramientas	2013	8	33	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	2.5	14,629
Avería	2013	8	33	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	1	Eléctrico	2	11,703
Avería	2013	8	33	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	2	Electrónico/Instrumenta	1.5	8,777
Avería	2013	8	33	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	1	5,852
Avería	2013	8	33	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	29	1	Falta de Aire	3	17,555
Tiempo Productivo	2013	8	33	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	96.25	557,368
Paros Programados	2013	8	34	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	11.25	65,830
Paros No Programados	2013	8	34	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	158	912,838
Tiempo Productivo	2013	8	34	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	0.75	4,389
Paros No Programados	2013	8	35	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	96	561,747
Paros No Programados	2013	8	35	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	13	0	Falta de Materia Prima	6.75	39,498
Paro Externo	2013	8	35	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	3	Paros por lluvia	0.5	2,926
Defectos y Reprocesos	2013	8	35	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	8	Reproceso	0.5	2,926
Cambio de Herramientas	2013	8	35	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	0.75	4,389
Paro Externo	2013	8	35	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	3	17,555
Avería	2013	8	35	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	29	2	Falta de Refrigeracion	1	5,852
Star-Up	2013	8	35	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	2.5	14,629
Tiempo Productivo	2013	8	35	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	57	333,537

PERDAS	AÑO	PER	SEM	CENTRO	MAQUINA	CODIGO	GRUPO	DESCRIPCION	Total	Valor	
Paros Programados	2013	9	36	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	7	Asesos Programados	1	5,852
Defectos y Reprocesos	2013	9	36	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	8	Reproceso	1.5	8,777
Set-Up y Ajustes	2013	9	36	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	16	0	Alisamiento cambio de Ref	2.5	14,629
Paros No Programados	2013	9	36	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	21	1	Imprevistos	3	17,555
Cambio de Herramientas	2013	9	36	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	1.5	8,777
Paro Externo	2013	9	36	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	0.25	1,463
Set-Up y Ajustes	2013	9	36	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	2	Ajustes del Equipo	1	5,852
Paro Menor	2013	9	36	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	3	Paro Menor (Oper)	1.75	10,240
Tiempo Productivo	2013	9	36	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	155.5	909,913
Set-Up y Ajustes	2013	9	37	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	16	0	Alisamiento cambio de Ref	1.25	7,314
Cambio de Herramientas	2013	9	37	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	2.75	16,092
Paro Externo	2013	9	37	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	2	11,703
Avería	2013	9	37	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	2	Electrónico/Instrumenta	2.5	14,629
Avería	2013	9	37	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	2.5	14,629
Avería	2013	9	37	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	29	1	Falta de Aire	4.75	27,795
Tiempo Productivo	2013	9	37	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	152.25	890,895
Paros Programados	2013	9	38	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	24	140,437
Paros Programados	2013	9	38	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	2	Días hábiles	24	140,437
Set-Up y Ajustes	2013	9	38	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	16	0	Alisamiento cambio de Ref	0.5	2,926
Cambio de Herramientas	2013	9	38	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	2	11,703
Paro Externo	2013	9	38	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	2	11,703
Avería	2013	9	38	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	1	Eléctrico	3	17,555
Avería	2013	9	38	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	5	29,258
Tiempo Productivo	2013	9	38	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	107.5	629,039
Paros Programados	2013	9	39	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	24	140,437
Paros Programados	2013	9	39	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	2	Días hábiles	48	280,873
Paros No Programados	2013	9	39	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	13	0	Falta de Materia Prima	2.5	14,629
Cambio de Herramientas	2013	9	39	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	3.25	19,017
Avería	2013	9	39	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	1	Eléctrico	1	5,852
Avería	2013	9	39	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	2	Electrónico/Instrumenta	3	17,555
Avería	2013	9	39	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	1.5	8,777
Avería	2013	9	39	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	4	Neumático	1	5,852
Paros No Programados	2013	9	39	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	25	1	Falta Operador de Man	3.25	19,017
Star-Up	2013	9	39	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	5.5	32,183
Set-Up y Ajustes	2013	9	39	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	2	Ajustes del Equipo	1	5,852
Tiempo Productivo	2013	9	39	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	74	433,013

PERDIDAS	AÑO	PER	SEM	CENTRO	MAQUINA		CODIGO	GRUPO	DESCRIPCION	Total	Valor
Paros Programados	2013	10	40	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	3	17,555
Paros No Programados	2013	10	40	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	38	210,655
Paros No Programados	2013	10	40	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	13	0	Falta de Materia Prima	2,25	13,166
Defectos y Reprocesos	2013	10	40	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	8	Reproceso	3,25	19,017
Paros No Programados	2013	10	40	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	21	1	Imprevistos	1	5,852
Cambio de Herramientas	2013	10	40	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	1,75	10,240
Paro Externo	2013	10	40	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	1	5,852
Avería	2013	10	40	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	1	Eléctrico	3,75	21,943
Avería	2013	10	40	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	18,25	106,790
Paros No Programados	2013	10	40	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	25	1	Falta Operador de Mant	31	181,397
Star-Up	2013	10	40	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	3	17,555
Tiempo Productivo	2013	10	40	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	63,75	373,035
Paros Programados	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	28,25	163,603
Paros Programados	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	2	Días hábiles	24	140,437
Paros No Programados	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	13	0	Falta de Materia Prima	0,5	2,926
Paros No Programados	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	4	Tiempo perdido por line	2,5	14,629
Paros Programados	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	6	Muestras y ensayos	0,5	2,926
Paros Programados	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	7	Aseos Programados	2,75	16,092
Defectos y Reprocesos	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	8	Reproceso	0,5	2,926
Set-Up y Ajustes	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	16	0	Alis tam cambio de Ref	0,5	2,926
Paro Externo	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	1	5,852
Avería	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	1	Eléctrico	11	64,367
Avería	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	19	111,179
Paros No Programados	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	25	1	Falta Operador de Mant	9,25	54,127
Avería	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	29	1	Falta de Aire	1	5,852
Star-Up	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	12,75	74,607
Tiempo Productivo	2013	10	41	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	56,5	330,811
Paros Programados	2013	10	42	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	24	140,437
Paros No Programados	2013	10	42	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	48	280,873
Paros No Programados	2013	10	42	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	5	Falta de Mulas	1	5,852
Paros Programados	2013	10	42	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	7	Aseos Programados	3,5	20,480
Cambio de Herramientas	2013	10	42	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	0,5	2,926
Paro Externo	2013	10	42	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	1	5,852
Paros No Programados	2013	10	42	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	25	1	Falta Operador de Mant	0,5	2,926
Star-Up	2013	10	42	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	3	17,555
Tiempo Productivo	2013	10	42	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	86,5	506,157
Paros No Programados	2013	10	43	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	156,25	908,450
Paros No Programados	2013	10	43	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	13	0	Falta de Materia Prima	2,75	16,092
Star-Up	2013	10	43	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	2	11,703
Tiempo Productivo	2013	10	43	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	8	46,812
Paros Programados	2013	10	44	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	24	140,437
Paros No Programados	2013	10	44	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	144	842,620

PERDIDAS	AÑO	PER	SEM	CENTRO	MAQUINA		CODIGO	GRUPO	DESCRIPCION	Total	Valor
Paros Programados	2013	11	45	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	48	280,873
Paros No Programados	2013	11	45	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	13,25	77,533
Defectos y Reprocesos	2013	11	45	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	8	Reproceso	1,5	8,777
Set-Up y Ajustes	2013	11	45	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	16	0	Alis tam cambio de Ref	4,5	26,332
Cambio de Herramientas	2013	11	45	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	0,5	2,926
Paro Externo	2013	11	45	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	0,5	2,926
Tiempo Productivo	2013	11	45	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	99,75	583,690
Paros Programados	2013	11	46	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	24	140,437
Paros No Programados	2013	11	46	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	23	134,585
Defectos y Reprocesos	2013	11	46	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	8	Reproceso	2,5	14,629
Set-Up y Ajustes	2013	11	46	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	16	0	Alis tam cambio de Ref	3,5	20,480
Paros Programados	2013	11	46	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	21	4	Horas de Formación	2	11,703
Cambio de Herramientas	2013	11	46	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	2,5	14,629
Paro Externo	2013	11	46	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	8,75	51,201
Avería	2013	11	46	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	2,5	14,629
Paros No Programados	2013	11	46	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	25	1	Falta Operador de Mant	1	5,852
Avería	2013	11	46	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	29	2	Falta de Refrigeracion	6,5	38,036
Star-Up	2013	11	46	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	3,5	20,480
Paro Menor	2013	11	46	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	3	Paro Menor (Oper)	1	5,852
Tiempo Productivo	2013	11	46	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	87,25	510,548
Paros Programados	2013	11	47	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	24	140,437
Paros No Programados	2013	11	47	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	7,25	42,424
Paros Programados	2013	11	47	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	2	Máquinas Backup	0,25	1,463
Defectos y Reprocesos	2013	11	47	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	8	Reproceso	6,5	38,036
Cambio de Herramientas	2013	11	47	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	2,25	13,166
Paro Externo	2013	11	47	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	7	40,961
Avería	2013	11	47	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	1	Eléctrico	3	17,555
Paros No Programados	2013	11	47	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	25	1	Falta Operador de Mant	2,25	13,166
Star-Up	2013	11	47	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	1	5,852
Set-Up y Ajustes	2013	11	47	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	2	Ajustes del Equipo	1	5,852
Paro Menor	2013	11	47	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	3	Paro Menor (Oper)	1,5	8,777
Tiempo Productivo	2013	11	47	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	112	655,371
Paros Programados	2013	11	48	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	24	140,437
Paros No Programados	2013	11	48	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	144	842,620

PÉRDIDAS	AÑO	PER	SEM	CENTRO	MAQUINA	CODIGO	GRUPO	DESCRIPCION	Total	Valor	
Paros No Programados	2013	12	49	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	168	983,057
Paros Programados	2013	12	50	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	24	140,437
Paros No Programados	2013	12	50	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	64	374,498
Paros No Programados	2013	12	50	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	21	1	Imprevistos	1	5,852
Cambio de Herramientas	2013	12	50	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	3.5	20,480
Paro Externo	2013	12	50	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	2.75	16,092
Avería	2013	12	50	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	13.5	78,996
Star-Up	2013	12	50	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	4.75	27,795
Tiempo Productivo	2013	12	50	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	54.5	318,908
Paros No Programados	2013	12	51	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	128.5	751,921
Paros No Programados	2013	12	51	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	13	0	Falta de Materia Prima	3	17,555
Paros Programados	2013	12	51	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	7	Aseos Programados	5.25	30,721
Defectos y Reprocesos	2013	12	51	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	8	Reproceso	2.25	13,166
Set-Up y Ajustes	2013	12	51	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	16	0	Alistamiento cambio de Ref	1.5	8,777
Cambio de Herramientas	2013	12	51	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	0.5	2,926
Paro Externo	2013	12	51	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	0.5	2,926
Tiempo Productivo	2013	12	51	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	26.5	155,065
Paros Programados	2013	12	52	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	24	140,437
Paros Programados	2013	12	52	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	2	Días hábiles	24	140,437
Paros No Programados	2013	12	52	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	48	280,873
Paros No Programados	2013	12	52	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	13	0	Falta de Materia Prima	11.5	67,293
Paros Programados	2013	12	52	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	2	Máquinas Backup	0.25	1,463
Cambio de Herramientas	2013	12	52	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	0.5	2,926
Paro Externo	2013	12	52	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	0.5	2,926
Avería	2013	12	52	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	2.25	13,166
Star-Up	2013	12	52	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	6.5	38,035
Tiempo Productivo	2013	12	52	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	50.5	295,502
Paros Programados	2013	12	53	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	2	Días hábiles	24	140,437

PÉRDIDAS	AÑO	PER	SEM	CENTRO	MAQUINA	CODIGO	GRUPO	DESCRIPCION	Total	Valor	
Paros Programados	2014	1	1	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	24	140,437
Paros No Programados	2014	1	1	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	13	0	Falta de Materia Prima	1	5,852
Paro Externo	2014	1	1	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	2	11,703
Avería	2014	1	1	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	15.75	92,162
Paros No Programados	2014	1	1	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	25	1	Falta Operador de Mant	12	70,218
Star-Up	2014	1	1	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	4	23,406
Set-Up y Ajustes	2014	1	1	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	2	Ajustes del Equipo	3.5	20,480
Tiempo Productivo	2014	1	1	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	57.75	337,926
Paros No Programados	2014	1	2	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	48.75	273,559
Defectos y Reprocesos	2014	1	2	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	8	Reproceso	3.5	20,480
Cambio de Herramientas	2014	1	2	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	2	11,703
Paro Externo	2014	1	2	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	1	5,852
Avería	2014	1	2	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	4.25	24,869
Paros No Programados	2014	1	2	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	25	1	Falta Operador de Mant	1.25	7,314
Tiempo Productivo	2014	1	2	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	109.25	639,279
Paros No Programados	2014	1	3	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	12	70,218
Paros Programados	2014	1	3	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	2	Máquinas Backup	0.5	2,926
Defectos y Reprocesos	2014	1	3	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	8	Reproceso	10.5	61,441
Set-Up y Ajustes	2014	1	3	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	16	0	Alistamiento cambio de Ref	5	29,258
Cambio de Herramientas	2014	1	3	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	14.75	86,310
Paro Externo	2014	1	3	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	1.5	8,777
Avería	2014	1	3	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	1	Eléctrico	1	5,852
Star-Up	2014	1	3	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	2.5	14,629
Set-Up y Ajustes	2014	1	3	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	2	Ajustes del Equipo	0.25	1,463
Tiempo Productivo	2014	1	3	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	120	702,183
Paros No Programados	2014	1	4	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	5	Falta de Mulas	0.5	2,926
Defectos y Reprocesos	2014	1	4	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	8	Reproceso	11.5	67,293
Paros No Programados	2014	1	4	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	21	1	Imprevistos	0.5	2,926
Cambio de Herramientas	2014	1	4	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	5.75	33,646
Paro Externo	2014	1	4	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	23	0	Falta de energía	4.25	24,869
Avería	2014	1	4	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	2	Electrónico/Instrumenta	5	29,258
Avería	2014	1	4	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	13	76,070
Avería	2014	1	4	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	5	Hidráulico	8.25	48,275
Avería	2014	1	4	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	29	1	Falta de Aire	0.75	4,389
Tiempo Productivo	2014	1	4	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	118.5	693,406
Paros Programados	2014	1	5	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	11	1	Festivos	12	70,218
Paros No Programados	2014	1	5	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	12	0	Falta de pedido	72	421,310
Paros No Programados	2014	1	5	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	14	5	Falta de Mulas	19.75	115,568
Paros No Programados	2014	1	5	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	21	1	Imprevistos	12	70,218
Cambio de Herramientas	2014	1	5	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	22	0	Cambio de filtros en Ex	0.5	2,926
Avería	2014	1	5	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	24	3	Mecánico	9.5	55,590
Star-Up	2014	1	5	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	31	1	Calentamiento y arranque	1.75	10,240
Tiempo Productivo	2014	1	5	4200	436013	MAQUINA EXTRUSORA #1	32	0	Tiempo neto productivo	40.5	238,387

**Tabla 4. Consolidado de tiempos operativos y no operativos por semana de la Extrusora 1**

	Semana	Horas productivas	Horas mantenimiento correctivo	Falta de pedido	Horas festivos	Ready time	Otros	
2013	23	107,25	0	0	48	4	8,75	
	24	130,5	1,5	0	24	5	7	
	25	159,5	1	0	0	1	6,5	
	26	82,5	0	36	0	1	48,5	
	27	125,25	2	34	0	1	5,75	
	28	126,5	2	24	0	0	15,5	
	29	31	35,5	95	0	4	2,5	
	30	126,75	0	21,75	0	10,5	9	
	31	104,5	0	48	0	2,5	13	
	32	10	0	158	0	0	0	
	33	95,25	4,5	60	0	0	8,25	
	34	0,75	0	156	11,25	0	0	
	35	57	0	96	0	2,5	12,5	
	36	155,5	0	0	0	2,5	10	
	37	152,25	5	0	0	1,25	9,5	
	38	107,5	8	0	24	0	28,5	
	39	74	9,75	0	24	5,5	54,75	
	40	63,75	53	36	0	3	12,25	
	41	56,5	30	0	26,25	12,75	42,5	
	42	86,5	0	0	24	3	54,5	
	43	8	0	155,25	0	2	2,75	
	44	0	0	144	24	0	0	
	45	99,7	0	13,25	48	4,5	2,55	
	46	87,2	3,5	23	24	7	23,3	
	47	112	5,25	7,25	24	2	17,5	
	48	0	0	144	24	0	0	
	49	0	0	168	0	0	0	
	50	54,5	13,5	64	24	4,7	7,3	
	51	26,5	0	128,5	0	1,5	11,5	
	52	50,5	2,25	48	24	6,5	36,75	
	2014	1	57,75	15,75	46,74	24	7,5	16,26
		2	109,25	5,5	46,75	0	0	6,5
3		120	1	12	0	5	30	
4		118,5	26,5	0	0	0	23	
5		40	9,5	72	12	1,75	32,75	

**Tabla 5. Totales de tiempo operativos y no operativos**

Total horas produciendo	2736,65
Total horas mantenimiento correctivo	235
Otras demoras	559,41
Total Ready time	101,95

### 4.3 CALCULO DE DISPONIBILIDAD

$$Disponibilidad\ Inherente = A_I = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad ^7$$

MTBF=  $\Sigma$  tiempos útiles de funcionamiento/numero de eventos útiles

MTTR=  $\Sigma$ tiempos de reparaciones/numero de reparaciones

$\Sigma$  tiempos útiles de funcionamiento = 2736,65 + 101,95 =2838,6 horas

$\Sigma$  tiempos de reparación = 235 horas

MTBF = 2838,6/78 = 36,39 horas

MTTR = 235/77 = 3,05 horas

Disponibilidad inherente= 36,39/36,39+3,05 = 0,92 = 92%

---

<sup>7</sup> MORA, Alberto. Mantenimiento industrial efectivo. Colombia . Fuentes litográficas Ltd. 2014.

\*El bajo MTTR se debe a que durante el intervalo de tiempo bajo observación, la extrusora 5 y 6 se encontraban paradas por falta de pedidos, los equipos de estas extrusoras fueron utilizados como back ups para restablecer rápidamente las funciones de la extrusora 1, esto se observa en los comentarios ingresados por los mantenedores en el software AM.

#### **4.4 DISPONIBILIDAD REQUERIDA**

El pico superior de demanda mensual para la bolsa tratada es de 80 toneladas y para otros productos con polietileno de baja densidad es de 70 toneladas, el pico inferior de demanda mensual esta entre 40 toneladas para bolsa de campo tratada y 30 para otros productos.

Los picos de demanda tienen relación directa con comportamiento de la economía europea, factores ambientales, precio del dólar, etc.

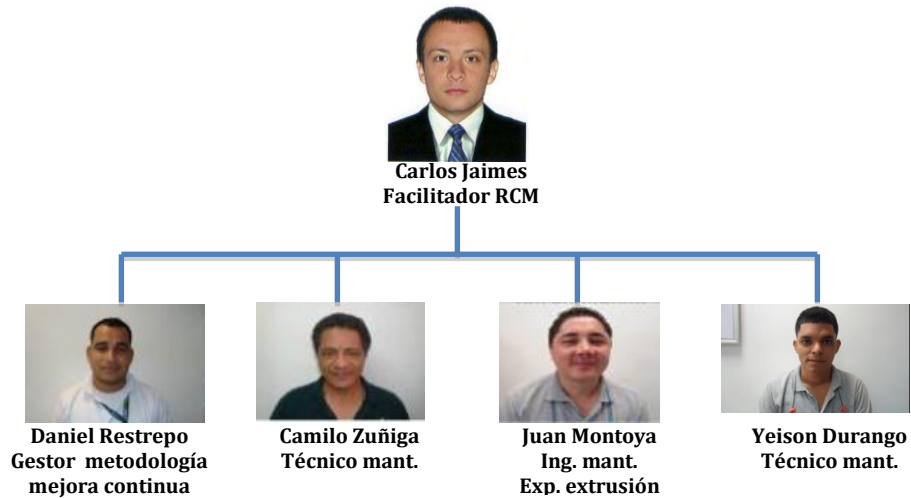
Con lo que se a estimado por parte del área de producción que para cumplir con las ordenes de trabajo se requiere una disponibilidad del 95 % para meses con picos superiores y del 50 %, para meses con picos inferiores teniendo en cuenta que la velocidad promedio de la maquina 1 es de 95 kg/hora.

Se están ejecutando estrategias de mercadeo par aumentar la demanda en las semanas donde se presentan picos inferiores de producción.

## 5. EQUIPO DE TRABAJO RCM

Equipo de trabajo conformado por 5 personas proactivas y multidisciplinarias que tienen experiencia en el área de mantenimiento, producción, calidad y gestión de talento humano, con las cuales se llevan a cabo las reuniones propuestas para capacitación y desarrollo del taller RCM.

**Figura 38. Equipo de trabajo RCM**



**Tabla 6. Equipo de trabajo RCM: cargo, formación y experiencia**

Nombre	Cargo	Formación Académica	Exp. en la fábrica
Carlos A. Jaimes	Supervisor mant.	Ing. Mecatrónico	3 años
Danel Restrepo	Gestor 5s, tpm, rcm	Facilitador tpm-5s	10 años
Camilo Zúñiga	Técnico mant.	Bachiller técnico mecánico	4 años
Juan Montoya	Súper intendente mant.	Ing. Mecánico	5 años
Andres Higita	Técnico maestro mant.	Teg. Instrumentación indust.	6 meses

## **Actividades**

- Reunir al equipo de trabajo semanalmente durante una hora.
- Definir el alcance de la reunión.
- Entregar conceptos, métodos y ejemplos en formato PDF , los cuales se explicaran en el tiempo calculado de acuerdo al tema.
- Comprometer al equipo con los pendientes acordados para la próxima reunión.

## 6. APLICACIÓN DEL RCM

### 6.1 PROPUESTA DE LISTADO DE EQUIPOS PARA LA EXTRUSORA NO.1

El primer problema encontrado en la base de datos del software AM fue que no se listaron los componentes de la extrusora 1 hasta el mínimo ítem mantenible, lo que es requisito para iniciar con RCM. Se propone expresar esta lista en forma estructurada donde se indican las relaciones de pertenencia de cada uno de los ítems por medio de la numeración y la codificación sugerida por el software AM.

**Tabla 7. Propuesta de listado general de partes y equipos para la extrusora 1**

Listado general de equipos		
Extrusora de polietileno numero 1		
Ítem	Código AM	Descripción
1	Ext1-suc-1	succionador de resina
1.1	Ext1-suc-1-man	Manguera
1.2	Ext1-suc-1-silentr	silenciador entrada
1.3	Ext1-suc-1-fil	filtro
1.4	Ext1-suc-1-mot	motor de succionador de resina
1.5	Ext1-suc-1-tabl	tablero de control
1.5.1	Ext1-suc-1-temp1	temporizador 1
1.5.2	Ext1-suc-1-temp2	temporizador 2
1.5.3	Ext1-suc-1-temic	protección térmica
1.5.4	Ext1-suc-1-contac	contactor del motor de succionador
1.6	Ext1-suc-1-depo	Deposito
1.7	Ext1-suc-1-comp	Compuerta
1.8	Ext1-suc-1-silsal	silenciador salida
1.9	Ext1-suc-1-interr	Interruptor de inicio
1.10	Ext1-suc-1-brk	Breaker de succionador de resina
1.11	Ext1-suc-1-emp	Empeller

1.12	Ext1-suc-1-car	Carcaza del empeller (caracol)
1.13	Ext1-suc-1-sen	Sensor de proximidad
1.14	Ext1-suc-1-buz	Buzzer
2	Ext1-extru	<b>Extruder</b>
2.1	Ext1-extru-tor	Tornillo
2.2	Ext1-extru-cam	camisa
2.3	Ext1-extru-pot	Sistema de potencia principal
2.3.1	Ext1-extru-pot-mot	Motor principal
2.3.2	Ext1-extru-pot-vent	ventilador del motor principal
2.3.3	Ext1-extru-pot-enc	encoder motor principal
2.3.4	Ext1-extru-pot-var	variador de velocidad motor principal
2.4	Ext1-extru-trans	Transmisión de potencia
2.4.1	Ext1-extru-trans-caj	caja reductora motor principal
2.4.1.1	Ext1-extru-trans-sell	sellos
2.4.1.2	Ext1-extru-trans-vent	ventilación
2.4.1.3	Ext1-extru-trans-int	intercambiador de calor
2.4.1.4	Ext1-extru-trans-bom	bomba de aceite
2.4.2	Ext1-extru-trans-aco	acople flexible
2.5	Ext1-extru-refga	refrigeración garganta
2.6	Ext1-extru-tz1	Control de temperatura zona 1
2.6.1	Ext1-extru-tz1-re	resistencia zona 1
2.6.2	Ext1-extru-tz1-cab	cableado resistencia zona 1
2.6.3	Ext1-extru-tz1-ter	termocupla zona 1
2.6.4	Ext1-extru-tz1-ssr	ssr zona 1
2.6.5	Ext1-extru-tz1-rel	relay de control ssr zona 1
2.6.6	Ext1-extru-tz1-plc	Modulo de control plc zona 1
2.6.7	Ext1-extru-tz1-brk	breaker zona 1
2.6.8	Ext1-extru-tz1-comp	Compuerta de ventilación zona 1
2.6.9	Ext1-extru-tz1-cil	cilindro neumático zona 1
2.6.10	Ext1-extru-tz1-elv	electroválvula zona 1
2.7	Ext1-extru-tz2	Control de temperatura zona 2
2.7.1	Ext1-extru-tz2-re	resistencia zona 2
2.7.2	Ext1-extru-tz2-cab	cableado resistencia zona 2
2.7.3	Ext1-extru-tz2-ter	termocupla zona 2
2.7.4	Ext1-extru-tz2-ssr	ssr zona 2
2.7.5	Ext1-extru-tz2-rel	relay de control ssr zona 2
2.7.6	Ext1-extru-tz2-plc	Modulo de control plc zona 2
2.7.7	Ext1-extru-tz2-brk	breaker zona 2
2.7.8	Ext1-extru-tz2-comp	Compuerta de ventilación zona 2
2.7.9	Ext1-extru-tz2-cil	cilindro neumático zona 2

2.7.10	Ext1-extru-tz2-elv	electroválvula zona 2
2.8	Ext1-extru-tz3	Control de temperatura zona 3
2.8.1	Ext1-extru-tz3-re	resistencia zona 3
2.8.2	Ext1-extru-tz3-cab	cableado resistencia zona 3
2.8.3	Ext1-extru-tz3-ter	termocupla zona 3
2.8.4	Ext1-extru-tz3-ssr	ssr zona 3
2.8.5	Ext1-extru-tz3-rel	relay de control ssr zona 3
2.8.6	Ext1-extru-tz3-plc	Modulo de control plc zona 3
2.8.7	Ext1-extru-tz3-brk	breaker zona 3
2.8.8	Ext1-extru-tz3-comp	Compuerta de ventilación zona 3
2.8.9	Ext1-extru-tz3-cil	cilindro neumático zona 3
2.8.10	Ext1-extru-tz3-elv	electroválvula zona 3
2.9	Ext1-extru-tz4	Control de temperatura zona 4
2.9.1	Ext1-extru-tz4-re	resistencia zona 4
2.9.2	Ext1-extru-tz4-cab	cableado resistencia zona 4
2.9.3	Ext1-extru-tz4-ter	termocupla zona 4
2.9.4	Ext1-extru-tz4-ssr	ssr zona 4
2.9.5	Ext1-extru-tz4-rel	relay de control ssr zona 4
2.9.6	Ext1-extru-tz4-plc	Modulo de control plc zona 4
2.9.7	Ext1-extru-tz4-brk	breaker zona 4
2.9.8	Ext1-extru-tz4-comp	Compuerta de ventilación zona 4
2.9.9	Ext1-extru-tz4-cil	cilindro neumático zona 4
2.9.10	Ext1-extru-tz4-elv	electroválvula zona 4
2.10	Ext1-extru-tz5	Control de temperatura zona 5
2.10.1	Ext1-extru-tz5-re	resistencia zona 5
2.10.2	Ext1-extru-tz5-cab	cableado resistencia zona 5
2.10.3	Ext1-extru-tz5-ter	termocupla zona 5
2.10.4	Ext1-extru-tz5-ssr	ssr zona 5
2.10.5	Ext1-extru-tz5-rel	relay de control ssr zona 5
2.10.6	Ext1-extru-tz5-plc	Modulo de control plc zona 5
2.10.7	Ext1-extru-tz5-brk	breaker zona 5
2.10.8	Ext1-extru-tz5-comp	Compuerta de ventilación zona 5
2.10.9	Ext1-extru-tz5-cil	cilindro neumático zona 5
2.10.10	Ext1-extru-tz5-elv	electroválvula zona 5
2.11	Ext1-extru-cool	contracooler
2.11.1	Ext1-extru-cool-mot	motor contracooler
2.11.2	Ext1-extru-cool-var	variador contracooler
2.12	Ext1-extru-cm	Cambia mallas
2.12.1	Ext1-extru-cm-tcm	Control de temperatura cambia mallas
2.12.1.1	Ext1-extru-cm-tcm-re	resistencia cambia mallas

2.12.1.2	Ext1-extru-cm-tcm-ca	cableado resistencia cambia mallas
2.12.1.3	Ext1-extru-cm-tcm-ter	termocupla cambia mallas
2.12.1.4	Ext1-extru-cm-tcm-ssr	ssr cambia mallas
2.12.1.5	Ext1-extru-cm-tcm-rel	relay de control ssr cambia mallas
2.12.1.6	Ext1-extru-cm-tcm-plc	Modulo de control plc cambia mallas
2.12.1.7	Ext1-extru-cm-tcm-brk	breaker cambia mallas
2.12.2	Ext1-extru-cm-pt	Porta filtro
2.12.3	Ext1-extru-cm-grt	Guitarra
2.12.4	Ext1-extru-cm-pre	supervisión de presión
2.12.4.1	Ext1-extru-cm-pre-sen	sensor de presión
2.12.4.2	Ext1-extru-cm-pre-tra	transductor de presión
2.12.4.3	Ext1-extru-cm-pre-cab	cableado de instrumentación sensor presión
2.12.4.4	Ext1-extru-cm-pre-pan	Panel meter de presión y melt
<b>3</b>	<b>Ext1-carr</b>	<b>Carro</b>
3.1	Ext1-carr-ada	control de temperatura adaptador
3.1.1	Ext1-carr-ada-re	resistencia adaptador
3.1.2	Ext1-carr-ada-cap	cableado resistencia adaptador
3.1.3	Ext1-carr-ada-ter	termocupla adaptador
3.1.4	Ext1-carr-ada-ssr	ssr adaptador
3.1.5	Ext1-carr-ada-rel	relay de control ssr adaptador
3.1.6	Ext1-carr-ada-plc	Modulo de control plc adaptador
3.1.7	Ext1-carr-ada-brk	breaker adaptador
3.2	Ext1-carr-rot	Rotador
3.2.1	Ext1-carr-rot-trot	control de temperatura rotador
3.2.1.1	Ext1-carr-rot-trot-re	resistencia rotador
3.2.1.2	Ext1-carr-rot-trot-cap	cableado resistencia rotador
3.2.1.3	Ext1-carr-rot-trot-ter	termocupla rotador
3.2.1.4	Ext1-carr-rot-trot-ssr	ssr cambia rotador
3.2.1.5	Ext1-carr-rot-trot-rel	relay de control ssr rotador
3.2.1.6	Ext1-carr-rot-trot-plc	Modulo de control plc rotador
3.2.1.7	Ext1-carr-rot-trot-brk	breaker rotador
3.2.2	Ext1-carr-rot-gir	control de giro de rotador
3.2.2.1	Ext1-carr-rot-gir-mot	Motor de rotador
3.2.2.2	Ext1-carr-rot-gir-var	Variador de velocidad de rotador
3.2.2.5	Ext1-carr-rot-gir-caj1	Caja reductora 1
3.2.2.6	Ext1-carr-rot-gir-caj1	Caja reductora 2
3.2.2.7	Ext1-carr-rot-gir-cad	cadena
3.2.2.8	Ext1-carr-rot-gir-plap	plato principal
3.2.2.9	Ext1-carr-rot-gir-plas	plato secundario
3.2.2.10	Ext1-carr-rot-gir-find	final de carrera derecho

3.2.2.11	Ext1-carr-rot-gir-fini	final de carrera izquierdo
3.2.2.12	Ext1-carr-rot-gir-find2	final de carrera de seguridad derecho
3.2.2.13	Ext1-carr-rot-gir-fini2	final de carrera de seguridad izquierdo
3.2.2.14	Ext1-carr-rot-gir-rel	Relays de sentido de giro de rotativa
3.2.2.15	Ext1-carr-rot-gir-pal	Mecanismo de palanca finales de carrera
4	Ext1-cab	<b>Cabezal</b>
4.1	Ext1-cab-tzi	Control de temperatura zona inferior
4.1.1	Ext1-cab-tzi-re	resistencia zona inferior
4.1.2	Ext1-cab-tzi-cab	cableado resistencia zona inferior
4.1.3	Ext1-cab-tzi-ter	termocupla cambia zona inferior
4.1.4	Ext1-cab-tzi-ssr	ssr zona inferior
4.1.5	Ext1-cab-tzi-rel	relay de control ssr zona inferior
4.1.6	Ext1-cab-tzi-plc	Modulo de control plc zona inferior
4.1.7	Ext1-cab-tzi-brk	breaker zona inferior
4.2	Ext1-cab-tzs	sistema de control de temperatura zona superior
4.2.1	Ext1-cab-tzs-re	resistencia zona superior
4.2.2	Ext1-cab-tzs-cab	cableado resistencia zona superior
4.2.3	Ext1-cab-tzs-ter	termocupla zona superior
4.2.4	Ext1-cab-tzs-ssr	ssr zona superior
4.2.5	Ext1-cab-tzs-rel	relay de control ssr zona superior
4.2.6	Ext1-cab-tzs-plc	Modulo de control plc zona superior
4.2.7	Ext1-cab-tzs-brk	breaker zona superior
4.3	Ext1-cab-adj	sistema de ajuste de calibre de cabezal
4.3.1	Ext1-cab-adj-tor	tornillos
4.3.2	Ext1-cab-adj-bol	bolas
4.4	Ext1-cab-val	válvula de llenado
4.5	Ext1-cab-tore	tornillos estructurales del cabezal
4.6	Ext1-cab-or	O-ring metálico
5	Ext1-blow	<b>Refrigeración de burbuja BLOWER</b>
5.1	Ext1-blow-anil	anillo de aire
5.2	Ext1-blow-man	mangueras
5.3	Ext1-blow-pot	Sistema de potencia del blower
5.3.1	Ext1-blow-pot-mot	motor del blower
5.3.2	Ext1-blow-pot-var	variador velocidad motor blower
5.3.3	Ext1-blow-pot-turb	turbina
5.3.4	Ext1-blow-pot-fil	filtro de aire de entrada
5.4	Ext1-blow-tan	tanque de refrigeración
5.4.1	Ext1-blow-tan-fil	filtros de aire salida
5.4.2	Ext1-blow-tan-rad	Radiador
6.	Ext1-eyco	<b>Estabilización y colapsado</b>

6.1	Ext1-eyco-can	Canastilla
6.1.1	Ext1-eyco-can-motsb	Motor sube-baja
6.1.2	Ext1-eyco-can-motac	Motor Abre-cierra
6.1.3	Ext1-eyco-can-fcs	Final de carrera sube
6.1.4	Ext1-eyco-can-fcb	Final de carrera baja
6.1.5	Ext1-eyco-can-fca	Final de carrera abre
6.1.6	Ext1-eyco-can-fcc	Final de carrera cierra
6.1.7	Ext1-eyco-can-ani	anillos de teflón
6.1.8	Ext1-eyco-can-est	estructura
6.2	Ext1-eyco-col	Colapsadores
6.2.1	Ext1-eyco-col-tab	Tableros de madera
6.2.2	Ext1-eyco-col-cad	cadena
6.2.3	Ext1-eyco-col-pla	Plato
7	Ext1-nip	<b>Nip roll</b>
7.1	Ext1-nip-roca	rodillo de caucho
7.2	Ext1-nip-rome	rodillo metálico
7.3	Ext1-nip-pot	Sistema de potencia nip roll
7.3.1	Ext1-nip-pot-mot	motor nip roll
7.3.2	Ext1-nip-pot-caj	caja reductora
7.3.3	Ext1-nip-pot-var	variador motor nip roll
7.4	Ext1-nip-sac	Sistema abre-cierra nip roll
7.4.1	Ext1-nip-sac-rel	relay de control abre cierra nip roll
7.4.2	Ext1-nip-sac-bot	botón abre-cierra nip roll
7.4.3	Ext1-nip-sac-cat	gato neumático
7.4.4	Ext1-nip-sac-elv	electro válvula del nip roll
7.5	Ext1-nip-cabc	cableado de control de nip roll
7.6	Ext1-nip-cabp	cableado de potencia de nip roll

## 6.2 SEVERIDAD

Se evalúa la severidad teniendo en cuenta el impacto operacional y organizacional de acuerdo a los siguientes parámetros: fallos ocultos, impacto a la seguridad física, impacto al medio ambiente, impacto a la imagen corporativa, efectos en clientes y costos de reparación en los que se califica entre 0 y 4 de acuerdo a la descripción:

**Tabla 8. Fallos ocultos**

<b>Fallos ocultos</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>
<b>El modo de falla nunca será oculto y no llevara a otras fallas múltiples</b>	<b>0</b>
<b>Existe posibilidad baja de que el modo de falla no sea detectada y ocasione fallas múltiples</b>	<b>1</b>
<b>Existe posibilidad media de que el modo de falla no sea detectada y ocasione fallas múltiples</b>	<b>2</b>
<b>Existe la posibilidad alta de que la falla no sea detectada y ocasione fallas múltiples</b>	<b>3</b>
<b>El modo de falla siempre es oculto y ocasionara fallas múltiples con consecuencias graves</b>	<b>4</b>

**Tabla 9. Seguridad física**

<b>Seguridad física</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>
<b>No afecta al personal .</b>	<b>0</b>
<b>Afecta a una persona y es posible que le genere incapacidad temporal.</b>	<b>1</b>
<b>Afecta de dos a cinco personas y puede generar incapacidad temporal.</b>	<b>2</b>
<b>Afecta a mas de cinco personas o puede generar incapacidad temporal.</b>	<b>3</b>
<b>Genera incapacidad temporal o la muerte a una o mas personas .</b>	<b>4</b>

**Tabla 10. Medio Ambiente**

<b>Medio ambiente</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>
No afecta el medio ambiente.	0
Afecta el medio ambiente pero se puede controlar y no afecta el ecosistema.	1
Afecta la disponibilidad de los recursos naturales y al ecosistema. Puede ser revertido en menos de seis meses con un costo inferior a 10 millones de pesos.	2
Afecta la disponibilidad de los recursos naturales y al ecosistema. Puede ser revertido en menos de tres años con un costo inferior a 100 millones de pesos.	3
Afecta la disponibilidad de los recursos naturales y al ecosistema. Puede ser revertido en mas de tres años o no es reversible , con un costo superior a 10 millones de pesos.	4

**Tabla 11. Imagen corporativa**

<b>Imagen corporativa</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>
No afecta la imagen corporativa	0
Afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con explicaciones directas.	1
Afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con costo inferior a un millón de pesos	2
Afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con costo inferior a diez millones de pesos	3
Afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con costo superior a diez millones de pesos	4

Fuente: El autor

**Tabla 12. Efectos en cliente**

<b>Efectos en cliente</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>
Los costos son menores a \$100.000	0
Los costos están entre \$100.000 y un millón de pesos	1
Los costos están entre un millón de pesos y 10 millones	2
Los costos están entre 10 millones de pesos y 20 millones	3
Los costos superan los 20 millones de pesos.	4

**Tabla 13. Costos de reparación**

Costos de reparación	
Descripción	Calificación
Los costos de reparación son menores a \$100.000	0
La reparación cuesta entre \$100.000 y un millón de pesos	1
La reparación cuesta entre un millón de pesos y 10 millones	2
La reparación cuesta entre 10 millones de pesos y 20 millones	3
El costo de reparación supera los 20 millones de pesos.	4

$$\text{Severidad} = FO * K_{FO} + SF * K_{SF} + MA * K_{MA} + IC * K_{IC} + OR * K_{OR} + OC * K_{OC}^8$$

Donde las constantes son :

**Tabla 14. Constantes para calculo de severidad**

<b>K</b>
<b>K<sub>FO</sub> - 0.05 ó 5%</b>
<b>K<sub>SF</sub> - 0.20 ó 20%</b>
<b>K<sub>MA</sub> - 0.10 ó 10%</b>
<b>K<sub>IC</sub> - 0.30 - 30%</b>
<b>K<sub>OR</sub> - 0.30 ó 30%</b>
<b>K<sub>OC</sub> - 0.05 ó 5%</b>

MORA, Alberto. Mantenimiento industrial efectivo. Colombia . Fuentes litográficas Ltd. 2014.

### 6.3 PRN (probability/risk number)

Para cuantificar la criticidad de las fallas y decidir que bienes deben tener la prioridad para ser beneficiados por la metodología se procede:

$$PRN = S * O * D$$

<sup>8</sup> MORA, Alberto. Mantenimiento industrial efectivo. Colombia . Fuentes litográficas Ltd. 2014.

Donde:

S = Severidad  
O = Ocurrencia  
D = Detección

La ocurrencia y detección se califican entre 1 y 4 de acuerdo a la descripción:

**Tabla 15. Detección**

<b>Detección</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>
<b>Difícil detección del fallo y no se puede identificar la causa raíz.</b>	<b>4</b>
<b>Difícil detección del fallo y Baja posibilidad de detectar causa raíz</b>	<b>3</b>
<b>Fácil detección del fallo y Mediana posibilidad de identificar causa raíz .</b>	<b>2</b>
<b>Fácil detección del fallo Siempre se identificara la causa raíz.</b>	<b>1</b>

**Tabla 16. Ocurrencia**

<b>Ocurrencia</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>
<b>1 falla en un mes</b>	<b>4</b>
<b>1 falla en seis meses</b>	<b>3</b>
<b>1 falla anual</b>	<b>2</b>
<b>1 falla en mas de un año</b>	<b>1</b>

#### **6.4 APLICACIÓN DE RCM POR EQUIPO**

Se identifican siete equipos que conforman el volumen de control para la línea de extrusión numero 1 de la fabrica:

- Succionador de resina
- Extruder
- Carro rotador
- Cabezal
- Blower

- Estabilización y colapsado
- Nil roll (rodillo jalador )

**Tabla 17. Succionador de resina: Fronteras, entradas, salidas, características técnicas y condiciones operativas**

Succionador de resina	
<b>Fronteras</b>	
Equipo succionador de resina con su manguera, filtro, deposito y tablero de control hasta la tolva de la extrusora	
<b>Entradas</b>	
Polietileno granulado	100 kg/hora
energía eléctrica	440v
<b>Salidas</b>	
Polietileno granulado	100 kg/hora
<b>Características técnicas</b>	
Modelo	Yann Bang BL-6
Conveying Height (m)	4
Conveying Length (m)	8
Horse Power	1HP / 3Phase
Approx. Weight (kg)	34
Hopper Capacity (L)	12
Dimensión(cm) WxDxH	37x58x73
Voltaje	440 v
frecuencia	60 Hz
<b>Condiciones operativas y ambientales</b>	
24 horas de funcionamiento	
25-40 grados Celsius temperatura ambiental	
80% humedad relativa	
ambiente salino	

**Tabla 18. Succionador de resina: Funciones, fallas , modos de falla y RPN**

F	Función	FF	Falla funcional	M F	Modo de falla	F O	S F	M A	I C	C R	E C	K <sub>s</sub>	O	P	RPN
F01	Transportar polietileno granulado de los contenedores a la tolva de alimentación del extruder por succión de vacío con una capacidad de hasta 450 kg hora	A	No esta generando el vacío para transportar el polietileno granulado	1	Protección térmica del motor disparada por sobre corriente: Bobinados del motor abiertos o en corto	2	1	0	0	1	1	0,65	1	1	0,65
				2	Protección térmica del motor disparada por sobre corriente: Bobinados del motor aterrizados	0	0	0	0	1	1	0,35	1	2	0,70
				3	Protección térmica del motor disparada por sobre corriente: Filtro obstruido	0	1	0	0	0	0	0,2	4	2	1,60
				4	Protección térmica del motor disparada por sobre corriente: silenciadores obstruidos	0	1	0	0	0	0	0,2	3	1	0,60
				5	Protección del motor disparada por daño en el cableado	0	0	0	0	0	1	0,05	4	1	0,20
				6	El breaker principal del succionador esta disparado por sobrecarga en el tablero de control	2	1	0	0	0	1	0,35	1	1	0,35
				7	El breaker principal del succionador esta disparado por daño en el cableado	2	0	0	0	0	1	0,15	1	1	0,15
				8	Perdida de vacío en la manguera	2	1	0	0	0	1	0,35	1	1	0,35
				9	Perdida de vacío en la carcasa del impeler	0	0	0	0	0	1	0,05	2	1	0,10
				10	Contactador de motor principal quemado	0	0	0	0	0	1	0,05	1	1	0,05
		B	La capacidad de succión esta por debajo del estándar de funcionamiento	1	Filtro obstruido	0	1	0	0	0	0	0,2	4	1	0,80
				2	Silenciadores obstruidos	0	1	0	0	0	0	0,2	3	1	0,60
				3	Impeller sucio	0	1	0	0	0	0	0,2	3	2	1,20
				4	Carcasa obstruida (pegotes de material)	0	1	0	0	0	0	0,2	3	2	1,20

Funciones secundarias															
F02	Realizar ciclos temporizados configurables de encendido y apagado	A	No están regulando los ciclos de encendido y apagado de acuerdo a los tiempos configurados	1	Potenciómetro de regulación sucio o deteriorado	0	0	0	0	0	0	0,00	1	2	0,00
				2	Mal contacto en el relay de salida de temporizador	0	0	0	0	0	0	0,00	1	2	0,00
				3	Circuito de temporización deteriorado	0	0	0	0	1	0	0,30	1	1	0,30
F03	Mantener por debajo de 100 db el ruido de succión.	A	No esta se esta manteniendo por debajo de los 90 db el ruido de succión	1	silenciadores deteriorados	0	1	0	0	0	0	0,20	3	1	0,60
				2	cojinetes del rotor o del impeller desgastados	0	1	0	0	0	0	0,20	3	2	1,20
F04	Proteger el motor contra el ingreso de polietileno granulado	A	El polipropileno está ingresando al motor	1	Filtro roto	0	0	0	0	1	0	0,30	1	1	0,30
F05	Dar alarma sonora cuando no se llena el deposito luego del ciclo de succión	A	No genera la alarma sonora cuando no se llena el deposito luego del ciclo de succión	1	Buzzer deteriorado	2	0	0	0	0	0	0,10	1	1	0,10
				2	Relay del buzzer con contactos sulfatados	2	0	0	0	0	0	0,10	1	2	0,20
				3	Sensor de proximidad deteriorado	2	0	0	0	0	0	0,10	1	1	0,10

**Tabla 19. Extruder : Fronteras, entradas, salidas, características técnicas y condiciones operativas**

Extruder	
<b>Fronteras</b>	
Desde la tolva de alimentación hasta el cambia mallas, incluyendo motor principal con su control de velocidad, sistemas de control y supervisión de temperatura y presión.	
<b>Entradas</b>	
Polipropileno granulado	95 gr/hora
energía eléctrica	440v
Aire	80 PSI
Agua refrigerada	16°C
<b>Salidas</b>	
Masa fundida	95 gr/hora
Presión	2000 psi
temperatura	400°F
<b>Características técnicas</b>	
Horse Power	100HP / 3Phase
Approx. Weight (kg)	800 kg
Voltaje	440 v
frecuencia	60 Hz
Capacidad	200 kg/hora
<b>Condiciones operativas y ambientales</b>	
24 horas de funcionamiento	
25-40 grados Celsius temperatura ambiental	
80% humedad relativa	
ambiente salino	

**Tabla 20. Extruder: Funciones, fallas , modos de falla y RPN**

F	Función	FF	Falla funcional	M F	Modo de falla	F O	S F	M A	I C	C R	E C	Ks	O	P	RPN
F01	Convertir polietileno granulado en masa fundida homogénea , con un rendimiento hasta 200 Kg/h y una presión constante de hasta 3000 PSI con una variación permisible de +-50 PSI y temperatura promedio de 450 °F	A	El tornillo no gira	1	Variador de velocidad de motor principal esta en condición de alarma por sobre carga del motor: Bobinados del motor abiertos o en corto	2	1	0	0	3	1	1,25	1	1	1,25
				2	Variador de velocidad de motor principal esta en condición de alarma por sobre carga del motor: Bobinados del motor aterrizados	1	1	0	0	2	1	0,9	1	1	0,9
				3	Variador de velocidad de motor principal esta en condición de alarma por sobre carga del motor: fluctuación en el suministro eléctrico	1	0	0	0	0	0	0,05	4	1	0,2
				3	Variador de velocidad de motor principal esta en condición de alarma por daño en el cableado	2	1	0	0	1	0	0,6	1	1	0,6
				4	Variador de velocidad de motor principal esta en condición de alarma por pérdida de comunicación con la pantalla o con el router	2	0	0	0	0	0	0,1	3	2	0,6
				5	Variador de velocidad de motor principal esta en condición de alarma por Bloqueo de base: alarma de sobrepresión	4	0	0	0	0	0	0,2	3	2	1,2
				6	Acople flexible roto	0	0	0	0	1	0	0,3	1	2	0,6
		B	Las RPM del tornillo no coinciden con el rendimiento histórico de KG/h	1	Desgaste del tornillo	0	0	0	1	3	2	1,3	1	3	3,9
				2	Refrigeración de garganta deficiente	0	0	0	1	0	1	0,35	3	1	1,05
				3	Resina quemada adherida al tornillo	0	0	0	0	0	1	0,05	3	2	0,3
		C	La presión no es constante y sobrepasa la variación permisible	1	Parámetro de algoritmo de control de velocidad del variador des configurado	0	0	0	0	0	2	0,1	3	2	0,6
				2	Conexiones internas de las tarjetas de control del variador sulfatadas o sucias	0	0	0	0	0	1	0,05	4	3	0,6

				3	panel meeter deteriorado	0	2	0	0	1	2	0,8	2	2	3,2
--	--	--	--	---	--------------------------	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	-----

Funciones secundarias															
F02	Regular y visualizar en la pantalla la velocidad del tornillo entre 0 y 50 RPM con una variación máxima de +- 2 rpm	A	La velocidad de regulación no corresponde con la velocidad monitoreada	1	Encoder sucio	0	0	0	0	0	1	0,05	1	3	0,15
				2	Encoder deteriorado	0	0	0	0	1	1	0,35	2	3	2,1
				3	Cableado del encoder con perdida de apantallamiento	0	0	0	0	0	1	0,05	2	3	0,3
				4	Parámetros de visualización de velocidad en pantalla des configurados	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15
		B	La velocidad monitoreada tiene una variación que sobrepasa +-2 RPM	1	Parámetro de algoritmo de control de velocidad del variador des configurado	0	0	0	0	0	2	0,1	3	2	0,6
				2	Cableado del encoder con perdida de apantallamiento	0	0	0	0	0	2	0,1	2	3	0,6
				3	Conexiones internas de las tarjetas de control del variador sulfatadas o sucias	0	0	0	0	0	1	0,05	4	3	0,6
F03	Refrigerar mediante ventilación forzada el motor principal	A	El ventilador de refrigeración del motor no arranca	1	Contactador de ventilador en mal estado	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
				2	protección térmica disparada : Bobinados del motor abiertos o en corto	1	0	0	0	1	0	0,35	2	1	0,7
				3	protección térmica disparada Bobinados del motor aterrizados	1	1	0	0	0	0	0,25	2	1	0,5
				4	protección térmica disparada por fluctuación en el suministro eléctrico	0	0	0	0	1	0	0,3	4	1	1,2
F04	Refrigerar el aceite de la caja reductora del motor principal (no hay de indicador temperatura)	A	No se esta refrigerando el aceite de la caja reductora motor principal	1	Llaves de agua refrigerada cerradas	0	0	1	0	0	0	0,1	3	1	0,3
				2	Intercambiador de calor obstruido	0	0	1	0	0	0	0,1	2	2	0,4
				3	Impeller de bomba deteriorado	0	0	1	0	1	0	0,4	2	2	1,6

F05	Regular y visualizar en pantalla la temperatura de las 5 zonas, entre 200 y 450 F° con una precisión de +- 5F°	A	La temperatura de alguna de las 5 zonas esta por encima del set point superando la precisión de control	1	SSR de la zona en cortocircuito	1	1	1	0	0	2	0,45	2	1	0,9
				2	compuerta de ventilación de la zona obstruida	1	1	1	0	0	2	0,45	2	1	0,9
				3	Suministro a neumático a la compuerta de la zona deficiente	1	1	1	0	0	2	0,45	3	1	1,35
				4	Electroválvula de la zona deteriorada	1	1	1	0	0	2	0,45	2	1	0,9
				5	Fusible de electroválvula abierto	1	1	1	0	0	2	0,45	2	1	0,9
				6	Botón de encendido de contracooler desactivado	1	1	1	0	0	2	0,45	3	1	1,35
				7	Variador de velocidad de contracooler esta en condición de alarma por sobre corriente del motor : Bobinados del motor abiertos o en corto	1	0	0	0	1	2	0,45	1	1	0,45
				8	Variador de velocidad de contracooler esta en condición de alarma por sobre corriente del motor: Bobinados del motor aterrizados	1	1	0	0	1	2	0,65	1	1	0,65
				9	Variador de velocidad de contracooler esta en condición de alarma por sobre corriente del motor: fluctuación en el suministro eléctrico	1	0	0	0	0	0	0,05	4	1	0,2
				10	Variador de velocidad de contracooler esta en condición de alarma por daño en el cableado	2	1	1	0	0	2	0,5	2	1	1
				11	Variador de velocidad de contracooler esta en condición de alarma por perdida de comunicación con la pantalla o con el router	1	1	1	0	0	2	0,45	3	1	1,35
				12	Relay de control de ssr de la zona en corto	1	1	1	0	0	2	0,45	1	1	0,45
				13	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	1	0	1	0	0	2	0,25	2	1	0,5
				14	Botón de Control de temperatura en pantalla desactivado	1	0	1	0	0	2	0,25	3	1	0,75
	B	La temperatura de alguna de las 5 zonas esta por debajo del set point superando la precisión de control	1	Resistencia de la zona abierta	0	0	0	0	1	2	0,4	2	1	0,8	
			2	Breaker de la zona disparado: Resistencia aterrizada	1	1	0	0	1	2	0,65	1	1	0,65	
			3	Breaker de la zona disparado: Resistencia en corto	1	0	0	0	1	2	0,45	1	1	0,45	
			4	Botón de Control de temperatura en pantalla desactivado	0	0	0	0	0	2	0,1	3	1	0,3	
			5	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	1	2	0,4	3	2	2,4	
			6	Contactos de relay de control de ssr sulfatados	0	0	0	0	0	2	0,1	1	2	0,2	
			7	Cableado de potencia de la zona abierto	0	0	0	0	0	2	0,1	2	1	0,2	
			8	SSR de la zona abierto	0	0	0	0	0	2	0,1	1	1	0,1	
	C	No se observa en pantalla la temperatura de alguna de las 5 zonas	1	Termocupla abierta o en corto	0	0	0	0	1	1	0,35	1	2	0,7	
			2	cableado de termocupla abierto o en corto	0	0	0	0	0	1	0,05	2	2	0,2	
			3	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	0	1	0,05	3	2	0,3	
			4	Termocupla desconectada	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15	
	D	temperatura monitorizada no corresponde donde se	1	Termocupla deteriorada	0	0	0	0	1	2	0,4	3	2	2,4	
			2	Termocupla fuera del termofoso	0	0	0	0	0	2	0,1	1	1	0,1	
Regular y visualizar en pantalla la temperatura de las 5 zonas, entre 200 y 450 F° con una precisión de +- 5F°	B	La temperatura de alguna de las 5 zonas esta por encima del set point superando la precisión de control	1	SSR de la zona en cortocircuito	1	1	1	0	0	2	0,45	2	1	0,9	
			2	compuerta de ventilación de la zona obstruida	1	1	1	0	0	2	0,45	2	1	0,9	
			3	Suministro a neumático a la compuerta de la zona deficiente	1	1	1	0	0	2	0,45	3	1	1,35	
			4	Electroválvula de la zona deteriorada	1	1	1	0	0	2	0,45	2	1	0,9	
			5	Fusible de electroválvula abierto	1	1	1	0	0	2	0,45	2	1	0,9	
			6	Botón de encendido de contracooler desactivado	1	1	1	0	0	2	0,45	3	1	1,35	
			7	Variador de velocidad de contracooler esta en condición de alarma por sobre corriente del motor : Bobinados del motor abiertos o en corto	1	0	0	0	1	2	0,45	1	1	0,45	
			8	Variador de velocidad de contracooler esta en condición de alarma por sobre corriente del motor: Bobinados del motor aterrizados	1	1	0	0	1	2	0,65	1	1	0,65	
			9	Variador de velocidad de contracooler esta en condición de alarma por sobre corriente del motor: fluctuación en el suministro eléctrico	1	0	0	0	0	0	0,05	4	1	0,2	
			10	Variador de velocidad de contracooler esta en condición de alarma por daño en el cableado	2	1	1	0	0	2	0,5	2	1	1	
			11	Variador de velocidad de contracooler esta en condición de alarma por perdida de comunicación con la pantalla o con el router	1	1	1	0	0	2	0,45	3	1	1,35	
			12	Relay de control de ssr de la zona en corto	1	1	1	0	0	2	0,45	1	1	0,45	
			13	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	1	0	1	0	0	2	0,25	2	1	0,5	
			14	Botón de Control de temperatura en pantalla desactivado	1	0	1	0	0	2	0,25	3	1	0,75	

				3	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	2	2	0,7	3	2	4,2
--	--	--	--	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	-----

F06	visualizar la presión de la masa fundida entre 0 y 6000 psi	A	No se visualiza la presión de la masa fundida	1	Cableado de sensor de presión abierto o en corto	0	2	0	0	1	2	0,8	3	2	4,8	
				2	panel meeter deteriorado	0	2	0	0	1	2	0,8	2	2	3,2	
				3	transductor de presión en corto	0	2	0	0	1	2	0,8	2	2	3,2	
				4	Sensor de presión abierto o en corto	0	2	0	0	1	2	0,8	2	1	1,6	
				5	conector de transductor sulfatado	0	2	0	0	0	2	0,5	4	1	2	
F07	Detener el motor principal cuando la presión de la masa fundida supera los 5000 psi, generando la alarma BB en el variador del motor principal	A	El motor principal no se detiene cuando la presión de la masa fundida supera los 5000 PSI, generando la alarma BB en el variador del motor principal	1	Bloqueo de base del variador desactivado	4	3	0	1	0	0	1,1	2	1	2,2	
				2	Relay de panel meeter sulfatado	4	3	0	1	0	0	1,1	1	1	1,1	
				3	Relay de panel meeter desconfigurado	4	3	0	1	0	0	1,1	2	1	2,2	
		B	El motor principal se detiene cuando la presión de la masa fundida no supera los 5000 PSI, generando la alarma BB en el variador del motor principal	1	Relay de panel meeter desconfigurado	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0
				2	Cableado de bloqueo de base abierto	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	
F08	Detener el motor principal cuando el ventilador del motor supere 1.5 Amperios, generando la alarma BB en el variador del motor principal	A	No se detiene el motor principal cuando el ventilador del motor supere 1.5 Amperios, generando la alarma BB en el variador del motor principal	1	Bloqueo de base del variador desactivado	2	0	0	0	0	0	0,1	3	1	0,3	
				2	protección térmica mal configurada	2	0	0	0	0	0	0,1	3	1	0,3	
				3	Protección térmica en mal estado	3	0	0	0	0	0	0,15	3	2	0,9	
		B	El motor principal cuando el ventilador del motor no supera 1.5 Amperios, generando la alarma BB en el variador del motor principal	1	Protección térmica en mal estado	3	0	0	0	0	0	0,15	3	2	0,9	
				2	Cableado de bloqueo de base abierto	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	

F09	Detener el motor principal cuando su consumo supere 80 amperios y generar alarma por sobre corriente	A	El motor principal no se detiene cuando su consumo supera 80 amperios.	1	Mal configurados los parámetros de auto tuning del variador	2	1	0	0	0	0	0,3	3	2	1,8
		B	El motor principal se detiene cuando su consumo no a superado 80 amperios y genera alarma por sobre corriente.	1	Mal configurados los parámetros de auto tuning del variador	2	1	0	0	0	0	0,3	3	2	1,8
				2	Suciedad en las tarjetas de control internas del variador.	2	1	0	0	0	0	0,3	2	3	1,8
F10	Visualizar en el panel meeter la temperatura de la masa fundida	A	No se Visualiza en el panel meeter temperatura de la masa fundida	1	cableado de termocupla abierto o en corto	0	0	0	0	0	1	0,05	3	2	0,3
				2	Termocupla desconectada	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15	
				3	Termocupla deteriorada	0	0	0	1	1	0,35	1	2	0,7	
				4	panel meeter deteriorado	0	0	0	1	1	0,35	2	2	1,4	
F11	Contener en su totalidad la masa fundida dentro del cambio mallas	A	Hay fugas de masa fundida en el cambio mallas	1	Desajuste de los tornillos tipo esparrago	0	2	1	1	0	1	0,85	2	2	3,4
				2	Los tornillos de nivelación del carro están desajustados	0	2	1	1	0	1	0,85	2	1	1,7
				3	Presión de trabajo por encima de la presión de diseño	0	2	1	1	0	1	0,85	2	1	1,7
F12	totalidad el agua en el circuito de refrigeración de la	A	Hay fugas de agua en el circuito de refrigeración de la garganta	1	Manguera deteriorada	0	1	1	1	0	0	0,6	3	1	1,8
				2	Acoples deteriorados o desajustados	0	1	1	1	0	0	0,6	3	1	1,8
F13	totalidad el lubricante en la caja reductora del motor principal	A	Hay fugas de aceite en la caja reductora del motor principal	1	Sellos deteriorados	0	1	1	1	0	0	0,6	3	1	1,8
				2	Ventilación de la caja obstruida	0	1	1	1	1	0	0,9	3	1	2,7

**Tabla 21. Carro rotador: Fronteras, entradas, salidas, características técnicas y condiciones operativas**

Carro rotador	
<b>Fronteras</b>	
Desde el adaptador hasta el acople del cabezal, incluyendo sistema automático de rotación , control de temperatura del adaptador y rotador.	
<b>Entradas</b>	
Masa fundida	
energía eléctrica	
<b>Salidas</b>	
Masa fundida	
<b>Características técnicas</b>	
Horse Power	
Approx. Weight (kg)	<b>200kg</b>
Dimension(cm) WxDxH	<b>50x40x80</b>
Voltaje	<b>440 v</b>
frecuencia	<b>60 Hz</b>
Velocidad	<b>1 rpm</b>
<b>Condiciones operativas</b>	
24 horas de funcionamiento	
25-40 grados celcius temperatura ambiental	
80% humedad relativa	
ambiente salino	

**Tabla 22. Carro rotador: Funciones, fallas , modos de falla y RPN**

F	Función	FF	Falla funcional	M F	Modo de falla	F O	S F	M A	I C	C R	E C	K <sub>s</sub>	O	P	RPN
F01	Transportar la masa fundida del cambia mallas hacia el cabezal manteniendo el perfil de temperatura de la masa y girar automáticamente en sentido horario y anti horario el cabezal evitando el giro de mas de 360 grados.	A	El rotador esta girando mas de 360 grados	1	Final de carrera derecho en mal estado	1	0	0	0	1	1	0,4	2	2	1,6
				2	Final de carrera izquierdo en mal estado	1	0	0	0	1	1	0,4	2	2	1,6
				3	relays de señal de dirección de giro en mal estado	0	0	0	0	1	1	0,35	1	1	0,35
				4	mecanismo de palanca para activación de los finales de carrera suelto	0	0	0	0	1	1	0,35	3	1	1,05
		B	El cabezal no inicia las maniobras de giro (la rotativa no arranca)	1	Variador de velocidad de motor rotativa esta en condición de alarma por: Bobinados del motor abiertos o en corto	1	0	0	0	1	1	0,35	1	1	0,35
				2	Variador de velocidad de motor rotativa esta en condición de alarma por : Bobinados del motor aterrizados	1	1	0	0	1	0	0,55	1	1	0,55
				3	Variador de velocidad de motor rotativa esta en condición de alarma por: fluctuación en el suministro eléctrico	1	0	0	0	0	0	0,05	4	1	0,2
				4	Variador de velocidad de motor rotativa esta en condición de alarma por daño en el cableado	1	1	0	0	0	0	0,25	2	1	0,5
				5	Variador de velocidad de motor rotativa esta en condición de alarma por perdida de comunicación con la pantalla o con el router	1	0	0	0	0	0	0,05	2	1	0,1
				6	relays de señal de dirección de giro de rotativa sulfatados	0	0	0	0	0	1	0,05	1	2	0,1
				7	Cableado de señal de dirección de giro de rotativa abierto	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
				8	Fusible de señal de dirección de giro abierto	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0
				9	Parámetro de temperatura mínima de rotativa mal configurado en pantalla.	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0
				10	Cadena suelta o rota	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0
				11	Plato suelto o roto	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0

F02													
Regular y visualizar en pantalla la temperatura del adaptador y rotador de acuerdo al perfil de temperatura con una precisión de $\pm 5^\circ\text{F}$													
A	La temperatura del adaptador esta por encima del set point superando la precisión de control	1	SSR de adaptador en cortocircuito	1	1	1	0	0	1	0,4	3	1	1,2
		2	Relay de control de ssr de adaptador en corto	1	1	1	0	0	1	0,4	1	1	0,4
		3	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	1	0	0	1	0,15	2	2	0,6
		4	Boton de Control de temperatura en pantalla desactivado	0	0	1	0	0	1	0,15	4	1	0,6
B	La temperatura del rotador esta por encima del set point superando la precisión de control	1	SSR de rotador en cortocircuito	1	1	1	0	0	1	0,40	3	1	1,2
		2	Relay de control de ssr de rotador en corto	1	1	1	0	0	1	0,40	3	1	1,2
		3	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	1	0	0	1	0,15	2	2	0,6
C	La temperatura del adaptador esta por debajo del set point superando la precisión de control	1	Resistencia de adaptador abierta	0	0	0	0	0	1	0,05	2	1	0,1
		2	Breaker de adaptador disparado: Resistencia aterrizada	1	1	0	0	1	1	0,60	2	1	1,2
		3	Breaker de adaptador disparado: Resistencia en corto	1	0	0	0	1	1	0,40	2	1	0,8
		4	Botón de Control de temperatura en pantalla desactivado	0	0	0	0	0	1	0,05	4	1	0,2
		5	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	1	1	0,35	2	2	1,4
		6	Contactos de relay de control de ssr sulfatados	1	0	0	0	0	1	0,1	1	1	0,1
		7	Cableado de potencia de adaptador abierto	0	0	0	0	0	1	0,05	2	1	0,1
		8	SSR de adaptador abierto	0	0	0	0	0	1	0,05	1	1	0,05
D	La temperatura del rotador esta por debajo del set point superando la precisión de control	1	Resistencia de rotador abierta	0	0	0	0	0	1	0,05	2	1	0,1
		2	Breaker de rotador disparado : Resistencia aterrizada	1	1	0	0	1	1	0,60	2	1	1,2
		3	Breaker de rotador disparado: Resistencia en corto	1	0	0	0	1	1	0,4	2	1	0,8
		4	Boton de Control de temperatura en pantalla desactivado	0	0	0	0	0	1	0,05	4	1	0,2
		5	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	1	1	0,35	2	2	1,4
		6	Contactos de relay de control de ssr sulfatados	1	0	0	0	0	1	0,10	1	1	0,1
		7	Cableado de potencia de rotador abierto	0	0	0	0	0	1	0,05	2	1	0,1
		8	SSR de rotador abierto	0	0	0	0	0	1	0,05	2	2	0,2
E	No se observa en pantalla la temperatura del rotador	1	Termocupla adaptador abierta o en corto	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15
		2	cableado de termocupla de adaptador abierto o en corto	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15
		3	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	1	1	0,35	2	2	1,4
		4	Termocupla de adaptador desconectada	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15
F	a en pantalla la temperatura del	1	Termocupla de rotador abierta o en corto	0	0	0	0	1	1	0,35	3	1	1,05
		2	cableado de termocupla de rotador abierto o en corto	0	0	0	0	0	1	0,05	2	1	0,1

F03	Contener en su totalidad la masa fundida en el interior de los conductos.		3	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	1	1	0,35	2	2	1,4		
			4	Termocupla de rotador desconectada	0	0	0	0	0	1	0,05	2	1	0,1		
		G	La temperatura del adaptador no corresponde con la real	1	Termocupla de adaptador deteriorada	0	0	0	0	1	1	0,35	4	1	1,4	
				2	Termocupla de adaptador fuera del termofoso	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15	
				3	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	1	1	0,35	2	2	1,4	
		H	La temperatura del rotador no corresponde con la real	1	Termocupla de rotador deteriorada	0	0	0	0	1	1	0,35	4	1	1,4	
	2			Termocupla de rotador fuera del termofoso	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15		
	3			Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	1	1	0,35	2	2	1,4		
	F03	Contener en su totalidad la masa fundida en el interior de los conductos.	A	Hay fugas de masa fundida en el rotador	1	Sello reventado	0	1	1	1	1	1	0,95	3	2	5,7
					2	Ajuste deficiente en las piezas	0	1	1	1	0	1	0,65	2	1	1,3
			B	Hay fugas de masa fundida en el adaptador	1	Ajuste deficiente de las piezas	0	1	1	1	0	1	0,65	2	1	1,3

**Tabla 23. Cabezal: Fronteras, entradas, salidas, características técnicas y condiciones operativas**

<b>Cabezal</b>	
<b>Fronteras</b>	
Desde el acople de cabezal hasta la boquilla, incluyendo control de temperatura	
<b>Entradas</b>	
Masa fundida	
Energía eléctrica	
<b>Salidas</b>	
Masa fundida	
<b>Características técnicas</b>	
Approx. Weight (kg)	80kg
Voltaje	440 v
frecuencia	60 Hz
GAP	1mm
<b>Condiciones operativas</b>	
24 horas de funcionamiento	
25-40 grados Celsius temperatura ambiental	
80% humedad relativa	
ambiente salino	

**Tabla 24. Cabezal: Funciones, fallas , modos de falla y RPN**

F	Función	FF	Falla funcional	MF	Modo de falla	F O	S F	M A	I C	C R	E C	K <sub>s</sub>	O	P	RPN
F01	Forzar a la maza fundida a adquirir la forma circular de la boquilla asegurando un flujo homogéneo manteniendo la presión y la temperatura constante.	A	El flujo a través de la boquilla no es homogéneo	1	conductos helicoidales obstruidos o muy sucios	1	0	0	0	1	0	0,35	1	2	0,7
F02	Regular y visualizar la temperatura de la zona superior e inferior del cabezal	A	La temperatura de la zona inferior esta por encima del set point superando la precisión de control	1	SSR de zona inferior en cortocircuito	0	1	1	0	0	1	0,35	3	1	1,05
				2	Relay de control de ssr de zona inferior en corto	0	1	1	0	0	1	0,35	1	1	0,35
				3	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	1	0	0	1	0,15	2	2	0,6
				4	Botón de Control de temperatura en pantalla desactivado	0	0	1	0	0	1	0,15	3	1	0,45
		B	La temperatura de la zona superior esta por encima del set point superando la precisión de control	1	SSR de zona superior en cortocircuito	0	1	1	0	0	1	0,35	3	1	1,05
				2	Relay de control de ssr de zona superior en corto	0	1	1	0	0	1	0,35	2	1	0,7
				3	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	1	0	1	1	0,45	2	2	1,8
				4	Botón de Control de temperatura en pantalla desactivado	0	0	1	0	0	1	0,15	3	1	0,45
		C	La temperatura de la zona inferior esta por debajo del set point superando la precisión de control	1	Resistencia de zona inferior abierta	0	0	0	0	1	1	0,35	3	1	1,05
				2	Breaker de zona inferior disparado por Resistencia de zona inferior aterrizada	1	1	0	0	1	1	0,6	3	1	1,8
				3	Breaker de zona inferior disparado por Resistencia de zona inferior en corto	1	0	0	0	1	1	0,4	3	1	1,2
				4	Boton de Control de temperatura en pantalla desactivado	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15
				5	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	1	1	0,35	2	2	1,4
				6	Contactos de relay de control de ssr de zona inferior sulfatado	0	0	0	0	0	1	0,05	1	2	0,1

			7	Cableado de potencia de zona inferior abierto	0	0	0	0	0	1	0,05	4	1	0,2
			8	SSR de zona inferior abierto	0	0	0	0	0	1	0,05	1	1	0,05
		D	1	Resistencia de zona superior abierta	0	0	0	0	1	1	0,35	3	1	1,05
			2	Breaker de zona superior disparado por resistencia de zona superior aterrizada	1	1	0	0	1	1	0,6	3	1	1,8
			3	Breaker de zona superior disparado por Resistencia de zona superior en corto	1	0	0	0	1	1	0,4	3	1	1,2
			4	Boton de Control de temperatura en pantalla desactivado	0	0	0	0	0	1	0,05	4	1	0,2
			5	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	1	1	0,35	2	2	1,4
			6	Contactos de relay de control de ssr de zona superior sulfatados	0	0	0	0	0	1	0,05	1	2	0,1
			7	Cableado de potencia de zona superior abierto	0	0	0	0	0	1	0,05	4	1	0,2
			8	SSR de zona superior abierto	0	0	0	0	0	1	0,05	1	1	0,05
		E	1	Termocupla zona inferior abierta o en corto	0	0	0	0	1	0	0,3	3	1	0,9
			2	cableado de termocupla de zona inferior abierto o en corto	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
			3	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	1	0	0,3	2	2	1,2
			4	Termocupla de zona inferior desconectada	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0
		F	1	Termocupla de zona superior abierta o en corto	0	0	0	0	1	0	0,3	4	1	1,2
			2	cableado de termocupla de zona superior abierto o en corto	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0
			3	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	1	0	0,3	2	2	1,2
			4	Termocupla de zona superior desconectada	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0
		G	1	Termocupla de zona inferior deteriorada	0	0	0	0	1	1	0,35	4	1	1,4
			2	Termocupla de zona inferior fuera del termofoso	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15
			3	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	1	1	0,35	2	2	1,4
		H	1	Termocupla de zona superior deteriorada	0	0	0	0	1	1	0,35	3	1	1,05
			2	Termocupla de zona superior fuera del termofoso	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15
			3	Modulo de plc de control de temperatura en mal estado	0	0	0	0	1	1	0,35	2	2	1,4

F03	Ajustar el calibre de la boquilla con los tornillos de calibración	A	Los tornillos de calibración no permiten el ajuste de la boquilla	1	deterioro de la rosca en los tornillos	0	0	0	0	0	1	0,05	2	2	0,2
				2	deterioro de la rosca en el cabezal	0	0	0	0	0	1	0,05	2	2	0,2
F04	Contener en su totalidad la masa fundida, (exceptuando la boquilla)	A	hay fugas de masa fundida en el cabezal	1	Tornillos estructurales del cabezal desajustados	0	1	1	1	0	0	0,6	2	1	1,2
				2	O-ring deteriorado metálico	0	1	1	1	0	0	0,6	1	1	0,6
F05	Inyectar el aire a la burbuja por la válvula de llenado mediante la manguera .	A	Fuga de aire en la valvula de llenado	1	Válvula desajustada	0	0	0	0	0	1	0,05	2	1	0,1
				2	Válvula deteriorada	0	0	0	0	1	1	0,35	2	2	1,4

**Tabla 25. Blower: Fronteras, entradas, salidas, características técnicas y condiciones operativas**

<b>Refrigeración de burbuja BLOWER</b>	
<b>Fronteras</b>	
Anillo de aire, incluyendo mangueras, sistema de refrigeración de aire y control del flujo	
<b>Entradas</b>	
Masa fundida tubular	
energía eléctrica	
Aire	
<b>Salidas</b>	
Aire refrigerado presión constante	
Película tubular continua	
<b>Características técnicas</b>	
Voltaje	440 v
frecuencia	60 Hz
Presión	40 psi
<b>Condiciones operativas y ambientales</b>	
24 horas de funcionamiento	
25-40 grados Celsius temperatura ambiente	
80% humedad relativa	
ambiente salino	

**Tabla 26. Blower: Funciones, fallas , modos de falla y RPN**

F	Función	FF	Falla funcional	MF	Modo de falla	F O	S F	M A	I C	C R	E C	K <sub>s</sub>	O	P	RPN	
F01	Enfriar la burbuja mediante una corriente forzada de aire refrigerado , en forma uniforme y concéntrica, con una presión de hasta 200 psi y una temperatura de aire no mayor a 18°C	A	La temperatura del aire sobrepasa los 20 grados C.	1	La temperatura del agua refrigerada esta por debajo de 16 grados	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15	
				2	El radiador interno del tanque de refrigeración esta obstruido	0	0	0	0	0	1	0,05	2	3	0,3	
				2	Llaves de tubería de refrigeración cerradas u obstruidas	0	0	0	0	0	1	0,05	2	3	0,3	
		B	La corriente de aire no es concéntrica (burbuja asimétrica)	1	boquillas obstruidas	0	0	0	0	0	1	0,05	2	3	0,3	
				2	O-ring de teflón desgastado	0	0	0	0	0	1	0,05	2	3	0,3	
				3	Tornillos de nivelación del carro rotador desajustados	0	0	0	0	0	1	0,05	2	1	0,1	
		C	La presión del aire no alcanza los 200 psi	1	Filtro de papel del tanque sucio	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0
				2	Filtro externo de la turbina obstruido	0	0	0	0	1	1	0,35	3	1	1,05	
				3	Fuga de aire en mangueras del anillo	0	0	0	0	1	1	0,35	3	1	1,05	
				4	Fuga de aire en el tanque de refrigeración	0	0	0	0	1	1	0,35	2	1	0,7	
				5	Fuga de aire en el anillo de aire	0	0	0	0	1	1	0,35	2	1	0,7	

	Funciones secundarias														
F02	Regular y visualizar en la pantalla la velocidad de la turbina con una referencia en hertz entre 0 y 60 manteniendo en cada referencia el flujo de aire constante	A	El motor del blower no arranca	1	Variador de velocidad de motor del blower esta en condición de alarma por sobre carga : Bobinados del motor abiertos o en corto	1	0	0	0	2	0	0,65	1	1	0,65
				2	Variador de velocidad de motor del blower esta en condición de alarma por sobre carga: Bobinados del motor aterrizados	1	1	0	0	2	0	0,85	1	1	0,85
				3	Variador de velocidad de motor del blower esta en condición de alarma por daño en el cableado	1	1	0	0	0	0	0,25	2	1	0,5

			4	Variador de velocidad de motor del blower esta en condición de alarma por perdida de comunicación con la pantalla o con el router	1	0	0	0	0	0	0,05	3	1	0,15
			5	Variador de velocidad de motor del blower esta en condición de alarma por sobre carga: fluctuación del suministro eléctrico	1	0	0	0	0	0	0,05	4	1	0,2
		B	1	Parámetro de algoritmo de control de velocidad del variador desconfigurado	0	0	0	0	0	1	0,05	3	3	0,45
			2	Conexiones internas de las tarjetas de control del variador sulfatadas o sucias	0	0	0	0	0	1	0,05	2	3	0,3
		C	1	La velocidad visualizada en pantalla no corresponde con la real. Parámetros de visualización de velocidad en pantalla desconfigurados	0	0	0	0	0	1	0,05	4	1	0,2
F03	Filtrar el flujo de aire	A	1	Filtro de papel del tanque roto	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15
			2	Filtro externo de la turbina roto	0	0	0	0	1	1	0,35	2	1	0,7
			3	Filtro externo de la turbina desajustado	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15
F04	Evitar la formación de gotas en la corriente de aire	A	1	La corriente de aire contiene gotas de agua Exceso de agua condensada en el tanque	0	0	0	0	0	1	0,05	4	1	0,2

**Tabla 27. Estabilización y colapsado: Fronteras, entradas, salidas, características técnicas y condiciones operativas**

Estabilización y colapsado	
<b>Fronteras</b>	
Canastilla, colapsadores , incluyendo sistema de posicionamiento de canastilla y de colapsadores	
<b>Entradas</b>	
película plástica tubular (burbuja)	
energía eléctrica	
Aire refrigerado	
<b>Salidas</b>	
Película plástica tubular (burbuja)	
<b>Características técnicas</b>	
Voltaje	440 v
frecuencia	60 Hz
<b>Condiciones operativas</b>	
24 horas de funcionamiento	
25-40 grados Celsius temperatura ambiental	
80% humedad relativa	
ambiente salino	

**Tabla 28. Estabilización y colapsado: Funciones, fallas , modos de falla y RPN**

F	Función	FF	Falla funcional	MF	Modo de falla	F O	S F	M A	I C	C R	E C	K <sub>s</sub>	O	P	RPN
F01	Evitar que la burbuja se balancee o vibre a lo largo de la torre de enfriamiento y aplanar gradualmente la burbuja guiándola hacia el nip evitando arrugas	A	La burbuja se balancea a lo largo de la torre de enfriamiento	1	Graduación deficiente de la canastilla	0	0	0	1	0	1	0,35	3	2	2,1
		B	La burbuja vibra a lo largo de la torre de enfriamiento	1	Graduación deficiente del blower	0	0	0	1	0	1	0,35	3	2	2,1
		C	Formación de arrugas en la película	1	Graduación deficiente del Angulo de colapsado	0	0	0	1	0	1	0,35	3	2	2,1
F02	Posicionar la canastilla mediante el joystick del tablero de control	A	La canastilla no abre/cierra mediante el joystick del tablero	1	Protección térmica de motor abre/cierra disparada por Bobinados del motor abiertos o en corto	2	0	0	0	1	0	0,4	1	1	0,4
				2	Protección térmica del motor abre/cierra disparada por Bobinados del motor aterrizados	2	0	0	0	1	0	0,4	1	1	0,4
				3	Protección térmica del motor abre/cierra disparada por cableado de potencia de motor aterrizado o en corto	2	1	0	0	0	0	0,3	1	1	0,3
				4	Daño en mecanismo abre/cierra de la canastilla - tornillo - guía	0	0	0	0	1	0	0,3	1	1	0,3
				5	Contactos del joystick sulfatados	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
				6	Cableado de señal de finales de carrera abre/cierra abierto o en corto	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
				7	Finales de carrera abre/cierra deteriorados	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
		B	El joystick no sube/baja median te el joystick	1	Protección térmica del motor sube/baja disparada por Bobinados del motor	2	0	0	0	1	0	0,4	1	1	0,4

					abiertos o en corto														
					2	Protección térmica del motor sube/baja disparada por Bobinados del motor aterrizados	2	1	0	0	1	0	0,6	1	1	0,6			
					3	Protección térmica del motor sube/baja disparada por cableado de potencia de motor aterrizado o en corto	2	1	0	0	0	0	0,3	1	1	0,3			
					4	Daño en mecanismo sube/baja de la canastilla - tornillo - guía	0	0	0	0	1	0	0,3	1	1	0,3			
					5	Contactos del joistic sulfatados	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0			
					6	Cableado de señal de finales de carrera sube/baja abierto o en corto	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0			
					7	Finales de carrera sube/baja deteriorados	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0			

FO 3	Ajustar el ángulo de colapsado mediante el mecanismo manual de ajuste	A	El mecanismo manual de ajuste no permite ajustar el ángulo	1	Cadena rota	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0					
				2	Plato deteriorado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0			
				3	recorrido de los colapsadores obstruido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0			
FO 4	Conservar la integridad de la película plástica	A	La canastilla no esta la conservando de la integridad de la película plástica	1	Anillos de teflón desgastados	0	0	0	1	0	1	0,35	4	1	1,4						
				2	Estructura metálica deteriorada	0	0	0	1	1	1	0,65	2	1	1,3						
		B	Los colapsadores no están conservando la integridad de la película plástica	1	Tableros de madera desgastados	0	0	0	1	1	1	0,65	4	1	2,6						

**Tabla 29. Nip roll: Fronteras, entradas, salidas, características técnicas y condiciones operativas**

<b>Nip roll</b>	
<b>Fronteras</b>	
rodillos de cromo y caucho , circuito de refrigeración, control de velocidad y posición de los rodillos	
<b>Entradas</b>	
Película plástica tubular (burbuja)	
Energía eléctrica	
Agua refrigerada	
Aire comprimido	
<b>Salidas</b>	
Película plástica tubular aplanada	
<b>Características técnicas</b>	
Horse Power	1 hp
Voltaje	440 v
frecuencia	60 Hz
Velocidad máxima	350 FPM
<b>Condiciones operativas</b>	
24 horas de funcionamiento	
25-40 grados Celsius temperatura ambiental	
80% humedad relativa	
ambiente salino	

**Tabla 30. Nip roll: Funciones, fallas , modos de falla y RPN**

F	Función	FF	Falla funcional	MF	Modo de falla	FO	SF	MA	IC	CR	EC	K <sub>s</sub>	O	P	RPN
F01	Halar la película a lo largo de la torre de enfriamiento a una velocidad entre 0 y 300 pies por minuto	A	El nip roll no hala la película	1	Variador de velocidad del nip roll esta en condición de alarma por sobre carga: Bobinados del motor abiertos o en corto	1	0	0	0	1	1	0,4	1	1	0,4
				2	Variador de velocidad del nip roll esta en condición de alarma por sobre carga: Bobinados del motor aterrizados	1	1	0	0	1	1	0,6	1	1	0,6
				3	Variador de velocidad del nip roll esta en condición de alarma por daño en el cableado	1	1	0	0	0	1	0,3	2	1	0,6
				4	Variador de velocidad del nip roll esta en condición de alarma por perdida de comunicación con la pantalla o con el router	1	0	0	0	0	1	0,1	3	1	0,3
				5	Variador de velocidad del nip roll esta en condición de alarma por sobre carga: fluctuación en el suministro eléctrico	1	0	0	0	1	1	0,4	4	1	1,6
				6	Correa reventada	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15
		B	La velocidad de la película está por debajo de los 300 pies/minuto	1	La tensión de la correa no es apropiada	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15
				2	Parámetros del variador desconfigurados	0	0	0	0	0	1	0,05	3	2	0,3

F22	Regular y visualizar la velocidad de los rodillos en fpm con una variación no mayor a +-5 pies / minuto	A	La velocidad visualizada en pantalla no corresponde con la real.	1	Parámetros de visualización de velocidad en pantalla des configurados	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15
		B	La velocidad de los rodillos tiene una variación superior a +-5 pies/minuto	1	Parámetro de algoritmo de control de velocidad del variador desconfigurado	0	0	0	0	0	1	0,05	3	2	0,3
F03	Confinar el aire dentro de la burbuja	A	El aire de la burbuja se esta escapando hacia el rollo madre	1	Rodillo de caucho por encima de 40 en la escala shore de dureza.	0	0	0	0	2	0	0,6	3	1	1,8
				2	Presión deficiente en los gatos neumáticos	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0
				3	Rodamientos del rodillo de caucho o metálico deteriorados	0	0	0	0	1	0	0,3	1	2	0,6
				4	La ubicación del cabezal no es concéntrica con los rodillos del nip roll	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15
F04	Refrigerar el rodillo de cromo	A	El rodillo de cromo no está refrigerado	1	Llaves de agua refrigerada cerradas	0	0	0	0	0	1	0,05	3	1	0,15
				2	Conductos del rodillo de cromo obstruidos	0	0	0	0	0	1	0,05	2	2	0,2
				3	Agua por debajo de los 18 grados	0	0	0	0	0	1	0,05	3	2	0,3
F05	Abrir o cerrar el nip roll con la botonera del tablero de control	A	El nip roll no abre/cierra con la botonera del tablero de control	1	Suministro de aire comprimido deficiente	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
				2	Fuga de aire comprimido en el sistema neumático	0	0	0	1	1	0	0,6	4	1	2,4
				3	Electroválvula del nip roll deteriorada	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0
				4	Relay de electroválvula deteriorado	0	0	0	0	0	1	0,05	1	1	0,05
				5	botón abre/cierra con contactos sulfatados	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0

## 6.5 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA EXTRUSORA 1

Se obtiene el tipo de mantenimiento idóneo para mitigar las consecuencias del modo de falla utilizando el diagrama de decisión RCM, se propone la actividad asociada al RPN , frecuencia y código de la parte propuesto para el software AM, como se cuenta con estándares de limpieza y lubricación , estos no se tienen en cuenta.

**Tabla 31. Propuesta de programa de mantenimiento para la extrusora 1**

Equipo	Código parte AM	Función	Falla funcional	Modo de falla	RPN	Actividad (diagrama de decisión RCMII)	Descripción	Frec.
Succionador de resina	Ext1-suc-1-fil	F01	A	3	1,60	reacondicionamiento cíclico	Limpieza del filtro con aire comprimido, inspeccionar empaquetadura de filtro y eliminar signos de corrosión	M001 15 días
Succionador de resina	Ext1-suc-1-silentr	F01	A	4	0,60	sustitución cíclica	Cambiar el silenciador, aplicar silicona a las tapas, verificar hermeticidad.	M002 6 meses
Succionador de resina	Ext1-suc-1-fil	F01	B	1	0,80	reacondicionamiento cíclico	Limpieza del filtro con aire comprimido, inspeccionar empaquetadura de filtro y eliminar signos de corrosión	M001 15 días
Succionador de resina	Ext1-suc-1-silentr	F01	B	2	0,60	reacondicionamiento cíclico	Cambiar el silenciador, aplicar silicona a las tapas, verificar hermeticidad.	M003 6 mese
Succionador de resina	Ext1-suc-1-car	F01	B	3	1,20	reacondicionamiento cíclico	Desarme de la carcasa del empeller, limpiar y pulir empeller y carcasa , cambio de bujes y cojinetes	M004 6 meses

Succionador de resina	Ext1-suc-1-car	F01	B	4	1,20	reacondicionamiento cíclico	Desarme de la carcaza del empeller, limpiar y pulir empeller y carcaza , cambio de bujes y cojinetes	M004	6 meses
Succionador de resina	Ext1-suc-1-silentr	F02	A	1	1,00	sustitución cíclica	Cambiar el silenciador, aplicar silicona a las tapas, verificar hermeticidad.	M002	6 mese
Succionador de resina	Ext1-suc-1-car	F03	A	2	2,00	sustitución cíclica	Desarme de la carcaza del empeller, limpiar y pulir empeller y carcaza , cambio de bujes y cojinetes	M004	6 meses
Extruder	Ext1-extru-pot-mot	F01	A	1	1,25	Tarea a condición	Medición de condición de estator y condición de rotor: diagnostico aislamiento espira-espira, fase-fase, espira-tierra, tester mceMax, si se acerca al limite , programar el cambio.	M005	anual
Extruder	Ext1-extru-pot-mot	F01	A	2	0,9	Tarea a condición	Medición del aislamiento de los devanados a tierra con el tester mceMax a la temperatura de trabajo, si se acerca al limite, programar el cambio.	M006	anual
Extruder	Ext1-extru-trans-aco	F01	A	6	0,6	Tarea a condición	Medición de dureza en la escala chore , sustituir cuando este por fuera del rango	M007	anual
Extruder	Ext1-extru-tor	F01	B	1	3,9	Tarea a condición	Medición del desgaste con micrómetro, alertar a junta directiva cuando el desgaste esté por salir del rango	M008	anual
Extruder	Ext1-extru-pot-var	F01	C	2	0,6	reacondicionamiento cíclico	Desarme de variador, limpieza de conectores de tarjetas y buses de datos.	M013	anual
Extruder	Ext1-extru-pot-enc	F02	A	1	0,15	reacondicionamiento cíclico	Retirar carcaza , Limpieza de los sensores ópticos con alcohol isopropilico.	M009	anual

Extruder	Ext1-extru-pot-var	F02	B	3	0,6	reacondicionamiento cíclico	Desarme de variador, limpieza de conectores de tarjetas y buses de datos.	M013	anual
Extruder	Ext1-extru-trans-int	F04	A	2	0,4	reacondicionamiento cíclico	Retirar acoples y tapas, aplicar aire comprimido a conductos del intercambiador , sustituir o-rings y empaques.	M020	6 meses
Extruder	Ext1-extru-tz1-ssr, Ext1-extru-tz2-ssr, Ext1-extru-tz3-ssr, Ext1-extru-tz4-ssr, Ext1-extru-tz5-ssr	F05	A	1	0,9	Tarea a condición	Inspeccionar con la cámara termografía ajustando el coeficiente de emisividad , si la temperatura esta fuera del rango , sustituir.	M014	6 meses
Extruder	Ext1-extru-cool-mot	F05	A	7	0,45	Tarea a condición	Medición de condición de estator y condición de rotor: diagnostico aislamiento espira-espira, fase-fase, espira-tierra, tester mceMax, si se acerca al limite , programar el cambio.	M005	anual
Extruder	Ext1-extru-cool-mot	F05	A	8	0,65	Tarea a condición	Medición del aislamiento de los devanados a tierra con el tester mceMax a la temperatura de trabajo, si se acerca al limite, programar el cambio.	M006	anual
Extruder	Ext1-extru-tz1-rel, Ext1-extru-tz2-rel, Ext1-extru-tz3-rel, Ext1-extru-tz4-rel, Ext1-extru-tz5-rel	F05	A	12	0,45	sustitución cíclica	Sustituir relay	M010	3 años
Extruder	Ext1-extru-tz1-re, Ext1-extru-tz2-re, Ext1-extru-tz3-re, Ext1-extru-tz4-re, Ext1-extru-tz5-re	F05	B	2	0,65	Tarea a condición	Medición con Megóhmetro, si esta fuera del rango , sustituir	M011	anual
Extruder	Ext1-extru-tz1-re, Ext1-extru-tz2-re, Ext1-extru-tz3-re, Ext1-extru-tz4-re, Ext1-extru-tz5-re	F05	B	3	0,45	Tarea a condición	Medicion con óhmetro, si esta fuera del rango , sustituir	M012	anual
Extruder	Ext1-extru-tz1-rel, Ext1-extru-tz2-rel, Ext1-extru-tz3-rel, Ext1-extru-tz4-rel, Ext1-extru-tz5-rel	F05	B	6	0,2	sustitución cíclica	Sustituir relay	M010	3 años

Extruder	Ext1-extru-tz1-ter, Ext1-extru-tz2-ter, Ext1-extru-tz3-ter, Ext1-extru-tz4-ter, Ext1-extru-tz5-ter	F05	C	1	0,7	Tarea a condición	Diagnostico de termocupla con la herramienta calibrador de procesos, si esta fuera del rango se reemplaza.	M015	anual
Extruder	Ext1-extru-tz1-ter, Ext1-extru-tz2-ter, Ext1-extru-tz3-ter, Ext1-extru-tz4-ter, Ext1-extru-tz5-ter	F05	D	1	2,4	Tarea a condición	Diagnostico de termocupla con la herramienta calibrador de procesos, si esta fuera del rango se reemplaza.	M015	anual
Extruder	Ext1-extru-cm-pre-tra	F06	A	3	3,2	Tarea a condición	Diagnostico de transductor con la herramienta calibrador de procesos, si esta fuera del rango se reemplaza.	M017	3 meses
Extruder	Ext1-extru-cm-pre-sen	F06	A	4	1,6	Tarea a condición	Diagnostico de sensor con la herramienta calibrador de procesos, si esta fuera del rango se reemplaza.	M018	3 meses
Extruder	Ext1-extru-cm-pre-con	F06	A	5	2	reacondicionamiento cíclico	Aplicar penetrante dieléctrico	M034	mensual
Extruder	Ext1-extru-cm-pre-pan	F07	A	2	1,1	sustitución cíclica	Sustituir relay	M010	3 años
Extruder	Ext1-extru-pot-var	F09	B	2	1,8	reacondicionamiento cíclico	Desarme de variador, limpieza de conectores de tarjetas y buses de datos.	M013	anual
Extruder	Ext1-extru-cm-pre-ter	F10	A	3	0,7	Tarea a condición	Diagnostico de termocupla con la herramienta calibrador de procesos, si esta fuera del rango se reemplaza.	M015	anual
Extruder	Ext1-extru-cm	F11	A	1	3,4	Tarea a condición	chequeo de ajuste con llave de torque, si esta fuera del rango ajustar, si no ajusta reemplazar tornillos	M016	6 meses
Extruder	Ext1-extru-cm	F11	A	2	1,7	Tarea a condición	Verificar Angulo de ajuste con nivel de burbuja, si esta fuera de rango ajustar los tornillos.	M019	6 meses

Extruder	Ext1-extru-trans-vent	F13	A	2	2,7	reacondicionamiento cíclico	Destapar rejilla de ventilación con aire comprimido y cambiar elemento secante.	M021	mensual
Carro rotador	Ext1-carr-rot-gir-find, Ext1-carr-rot-gir-find2	F01	A	1	1,6	sustitución cíclica	Sustituir bloque de contactos	M022	anual
Carro rotador	Ext1-carr-rot-gir-fini, Ext1-carr-rot-gir-fini2	F01	A	2	1,6	sustitución cíclica	Sustituir bloque de contactos	M022	anual
Carro rotador	Ext1-carr-rot-gir-rel	F01	A	3	0,35	sustitución cíclica	sustituir relay	M010	3 años
Carro rotador	Ext1-carr-rot-gir-pal	F01	A	4	1,05	Tarea a condición	verificar ajuste con la llave de torque, si esta fuera de rango, ajustar	M016	4 meses
Carro rotador	Ext1-carr-rot-gir-rel	F01	B	6	0,1	sustitución cíclica	sustituir relay	M010	3 años
Carro rotador	Ext1-carr-ada-ssr	F02	A	1	1,2	Tarea a condición	Inspeccionar con la cámara termografía ajustando el coeficiente de emisividad , si la temperatura esta fuera del rango , sustituir.	M014	4 meses
Carro rotador	Ext1-carr-ada-rel	F02	A	2	0,4	sustitución cíclica	sustituir relay	M010	3 años
Carro rotador	Ext1-carr-rot-trot-ssr	F02	B	1	1,2	Tarea a condición	Inspeccionar con la cámara termografía ajustando el coeficiente de emisividad , si la temperatura esta fuera del rango , sustituir.	M014	4 meses
Carro rotador	Ext1-carr-rot-trot-rel	F02	B	2	1,2	sustitución cíclica	sustituir relay	M010	3 años

Carro rotador	Ext1-carr-ada-re	F02	C	2	1,2	Tarea a condición	Medición con Megóhmetro, si esta fuera del rango , sustituir	M011	6 meses
Carro rotador	Ext1-carr-ada-re	F02	C	3	0,8	Tarea a condición	Medición con óhmetro, si esta fuera del rango , sustituir	M012	6 meses
Carro rotador	Ext1-carr-ada-rel	F02	C	6	0,1	sustitución cíclica	sustituir relay	M010	3 años
Carro rotador	Ext1-carr-rot-trot-re	F02	D	2	1,2	Tarea a condición	Medición con Megóhmetro, si esta fuera del rango , sustituir	M011	6 meses
Carro rotador	Ext1-carr-rot-trot-re	F02	D	3	0,8	Tarea a condición	Medición con óhmetro, si esta fuera del rango , sustituir	M012	6 meses
Carro rotador	Ext1-carr-rot-trot-rel	F02	D	6	0,1	sustitución cíclica	sustituir relay	M010	3 años
Carro rotador	Ext1-carr-ada-ter	F02	E	1	0,15	Tarea a condición	Diagnostico de termocupla con la herramienta calibrador de procesos, si esta fuera del rango se reemplaza.	M015	4 meses
Carro rotador	Ext1-carr-rot-trot-ter	F02	F	1	1,05	Tarea a condición	Diagnostico de termocupla con la herramienta calibrador de procesos, si esta fuera del rango se reemplaza.	M015	4 meses
Carro rotador	Ext1-carr-rot-trot-ter	F02	H	1	1,4	Tarea a condición	Diagnostico de termocupla con la herramienta calibrador de procesos, si esta fuera del rango se reemplaza.	M015	4 meses
Carro rotador	Ext1-carr-rot	F03	A	2	1,3	Tarea a condición	chequeo de ajuste con llave de torque, si esta fuera del rango ajustar, si no ajusta reemplazar tornillos	M016	6 meses

Carro rotador	Ext1-carr-ada	F03	B	1	1,3	Tarea a condición	chequeo de ajuste con llave de torque, si esta fuera del rango ajustar, si no ajusta reemplazar tornillos	M016	6 meses
Cabezal	Ext1-cab-tzi-ssr	F02	A	1	1,05	Tarea a condición	Inspeccionar con la cámara termografica ajustando el coeficiente de emisividad , si la temperatura esta fuera del rango , sustituir.	M014	1 mes
Cabezal	Ext1-cab-tzi-rel	F02	A	2	0,35	sustitución cíclica	sustituir relay	M010	3 años
Cabezal	Ext1-cab-tzs-ssr	F02	B	1	1,05	Tarea a condición	Inspeccionar con la cámara termografica ajustando el coeficiente de emisividad , si la temperatura esta fuera del rango , sustituir.	M14	1 mes
Cabezal	Ext1-cab-tzs-rel	F02	B	2	0,7	sustitución cíclica	sustituir relay	M010	3 años
Cabezal	Ext1-cab-tzi-re	F02	C	2	1,8	Tarea a condición	Medición con Megóhmetro, si esta fuera del rango , sustituir	M011	6 meses
Cabezal	Ext1-cab-tzi-re	F02	C	3	1,2	Tarea a condición	Medición con óhmetro, si esta fuera del rango , sustituir	M012	6 meses
Cabezal	Ext1-cab-tzi-ssr	F02	C	6	0,1	sustitución cíclica	sustituir relay	M010	3 años
Cabezal	Ext1-cab-tzs-re	F02	D	2	1,8	Tarea a condición	Medición con Megóhmetro, si esta fuera del rango , sustituir	M011	6 meses
Cabezal	Ext1-cab-tzs-re	F02	D	3	1,2	Tarea a condición	Medición con óhmetro, si esta fuera del rango , sustituir	M012	6 meses

Cabezal	Ext1-cab-tzs-rel	F02	D	6	0,1	sustitución cíclica	sustituir relay	M010	3 años
Cabezal	Ext1-cab-tzi-ter	F02	E	2	0	sustitución cíclica	reemplazar cableado	M035	anual
Cabezal	Ext1-cab-tzs-ter	F02	F	1	1,2	Tarea a condición	Diagnostico de termocupla con la herramienta calibrador de procesos, si esta fuera del rango se reemplaza.	M015	3 meses
Cabezal	Ext1-cab-tzi-ter	F02	G	1	1,4	Tarea a condición	Diagnostico de termocupla con la herramienta calibrador de procesos, si esta fuera del rango se reemplaza.	M015	3 meses
Cabezal	Ext1-cab-tzs-ter	F02	H	1	1,05	Tarea a condición	Diagnostico de termocupla con la herramienta calibrador de procesos, si esta fuera del rango se reemplaza.	M015	3 meses
Cabezal	Ext1-cab-adj	F03	A	1	0,2	Tarea a condición	Medición con micrómetro, si esta fuera de rango , se reemplaza	M023	6 meses
Cabezal	Ext1-cab-tore	F04	A	1	1,2	Tarea a condición	chequeo de ajuste con llave de torque, si esta fuera del rango ajustar, si no ajusta reemplazar tornillos	M016	6 meses
Cabezal	Ext1-cab-or	F04	A	2	0,6	sustitución cíclica	sustituir o-ring	M036	anual
Blower	Ext1-blow-tan-rad	F01	A	2	0,3	reacondicionamiento ciclico	Retirar acoples y tapas, aplicar aire comprimido a conductos del intercambiador , sustituir o-rings y empaques.	M020	8 meses
Blower	Ext1-carr-niv	F01	B	3	0,1	reacondicionamiento ciclico	Verificar ángulo de ajuste con nivel de burbuja, si esta fuera de rango ajustar los tornillos.	M019	6 meses

Blower	Ext1-blow-tan-fil	F01	C	1	0	sustitución cíclica	Sustituir filtro de papel	M026	6 meses
Blower	Ext1-blow-pot-fil	F01	C	2	1,05	reacondicionamiento cíclico	limpiar filtro con aire comprimido, verificar estado de empaques, cambiar si están defectuosos	M025	4 meses
Blower	Ext1-blow-pot-mot	F02	A	1	0,65	Tarea a condición	Medición de condición de estator y condición de rotor: diagnostico aislamiento espira-espira, fase-fase, espira-tierra, tester mceMax, si se acerca al limite , programar el cambio.	M005	anual
Blower	Ext1-blow-pot-mot	F02	A	2	0,85	Tarea a condición	Medición del aislamiento de los devanados a tierra con el tester mceMax a la temperatura de trabajo, si se acerca al limite, programar el cambio.	M006	anual
Blower	Ext1-blow-pot-var	F02	B	2	0,3	reacondicionamiento cíclico	Desarme de variador, limpieza de conectores de tarjetas y buses de datos.	M013	anual
Blower	Ext1-blow-tan-fil	F03	A	1	0,15	sustitución cíclica	Sustituir filtro de papel	M026	6 meses
Blower	Ext1-blow-pot-fil	F03	A	3	0,15	Tarea a condición	chequeo de ajuste con llave de torque, si esta fuera del rango ajustar, si no ajusta reemplazar tornillos	M016	4 meses
Blower	Ext1-blow-tan	F04	A	1	0,2	reacondicionamiento cíclico	drenaje manual del agua depositada, limpieza de tanque.	M033	mensual
Estabilización y colapso	Ext1-eyco-can-ani	F04	A	1	1,4	Tarea a condición	Inspección visual y medición con pie de rey , si están fuera de rango , reemplazar.	M030	semanal

Estabilización y colapso	Ext1-eyco-can-est	F04	A	2	1,3	Tarea a condición	Inspección visual a la estructura metálica, si se detectan filos , reparar	M031	6 meses
Estabilización y colapso	Ext1-eyco-col-tab	F04	B	1	2,6	Tarea a condición	Inspección visual a los tableros, si se encuentran filos o astillas , reemplazar	M032	semanal
Nip roll	Ext1-nip-pot-caj	F01	A	1	0,4	Tarea a condición	Medición de condición de estator y condición de rotor: diagnostico aislamiento espira-espira, fase-fase, espira-tierra, tester mceMax, si se acerca al limite , programar el cambio.	M005	anual
Nip roll	Ext1-nip-pot-caj	F02	A	2	0,6	Tarea a condición	Medición del aislamiento de los devanados a tierra con el tester mceMax a la temperatura de trabajo, si se acerca al limite, programar el cambio.	M006	anual
Nip roll	Ext1-nip-pot-cor	F03	B	1	0,15	reacondicionamiento cíclico	Medir tensión de correa con herramienta DZP-01, ajustar si esta fuera de rango	M027	4 meses
Nip roll	Ext1-nip-roca	F03	A	1	1,8	tarea a condición	Medición de dureza en la escala chore , sustituir cuando este por fuera del rango	M007	4 meses
Nip roll	Ext1-nip-rome-rod, Ext1-nip-roca-rod	F03	A	3	0,6	tarea a condición	Verificar juego con las galgas de calibración, si se sale del rango , programar cambio de rodamientos	M028	Anual
Nip roll	Ext1-extru	F03	A	4	0,15	tarea a condición	Verificar alineamiento con plomada, si se sale del rango de ajuste, mover la maquina.	M029	6 meses
Nip roll	Ext1-nip-sac-rel	F05	A	4	0,05	sustitución cíclica	sustituir relay	M010	3 años

## 6. CONCLUSIONES

Se a propuesto un programa de mantenimiento basándose en la metodología RCM para la extrusora No. 1 de la fabrica de plásticos de C.I. Banacol S.A, maquina que es critica por la incidencia directa de sus productos en la calidad de la fruta, con el que se pretende alcanzar la disponibilidad operacional requerida del 95%.

Se llevaron a cabo las reuniones con el equipo de trabajo RCM donde se noto interés y gran compromiso por la propuesta, desempeñando el papel de facilitador RCM se capacito al equipo en la metodología, calculo e interpretación de indicadores, para luego desarrollar el taller RCM con éxito.

Con la información extraída del software AM y Costos totales se logra tabular la información necesaria para el calculo inicial de MTBF, MTTR y disponibilidad como punto de partida.

## BIBLIOGRAFÍA

BELTRAN, Marcilla. Tecnología de los polímeros. [Consultado 20/06/2014]. Disponible en <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/04/extrusion-de-pelicula-soplada.html>

MOUBRAY, John Mitchell. Mantenimiento centrado en confiabilidad Segunda Edición. UK. Aladon Ltd. 2004. 330p.

MORA, Alberto. Mantenimiento industrial efectivo. Colombia . Fuentes litográficas Ltd. 2014. 366 p.

PALADINES, Piedra María Fernanda. Gerencia Estratégica de Mantenimiento de la Empresa Plásticos del Litoral - PLASTLIT. Ecuador: Escuela superior politécnica del litoral, Facultad de ingeniería eléctrica. 2005. 534 p.

ROJAS, Deivis. Diseño de una estrategia de mantenimiento basada en RCM para la impregnadora marca Tocchio de la empresa Lamitech S.A.S. Colombia: Universidad industrial de Santander, Escuela de ingeniería mecánica. 2014. 151 p.

## **ANEXOS**

### **ANEXO A. ENTREGABLES PARA LAS REUNIONES CON EL EQUIPO DE TRABAJO RCM**

#### **Entregable 1 reunión 2 del 3 de abr. de 2014**

##### **Objetivos:**

1. Homogenizar conceptos CMD como probabilidades.
2. Metodología para calcular la Disponibilidad Operacional.
3. Ejercicio donde nos vamos a dar cuenta de la utilidad de estos cálculos.

##### **DISPONIBILIDAD**

La probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido.

##### **CONFIABILIDAD**

Es la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente, durante un período de tiempo especificado sin que se produzca una falla.

Ejemplo: la probabilidad de que una maquina dure 200 horas sin fallar es del 50% (dato que vamos a leer de la curva de confiabilidad de la maquina del ejercicio)

##### **MANTENIBILIDAD**

La mantenibilidad de un equipo es la probabilidad de que una maquina o equipo sea devuelto a un estado en el que pueda cumplir su función en un tiempo dado luego de la aparición de una falla.

##### **DEFINICIÓN DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL**

La probabilidad de que podamos utilizar el equipo satisfactoriamente en el momento en que sea requerido teniendo en cuenta que hay averías, mantenimientos planeados y demoras logístico-administrativas.

Ejemplo: si el equipo tiene una disponibilidad operacional de 90% quiere decir que de 100 horas programadas para la maquina, realmente podemos utilizarla 90, debido a que hay reparaciones, mantenimientos preventivos y demoras logísticas o administrativas.

### Calculo de disponibilidad operacional:

$$\text{Disponibilidad Operacional} = A_O = \frac{MTBM}{MTBM + \overline{M}'}$$

MTBM: Es el tiempo medio que trabaja la maquina antes de un mantenimiento ya sea una reparación o un preventivo.

$\overline{M}'$ : Es el tiempo medio de lo que nos demoramos realizando una labor de mantenimiento (reparación o preventivo) debemos sumarle los tiempos de demoras logísticas o administrativas.

Lo calculamos con formulas que se programan en Excel:

$$\overline{M}' = \frac{\frac{MTTR}{MTBM_c} + \frac{M_p}{MTBM_p}}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}$$

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}$$

MTTR = es el tiempo medio para realizar reparaciones.

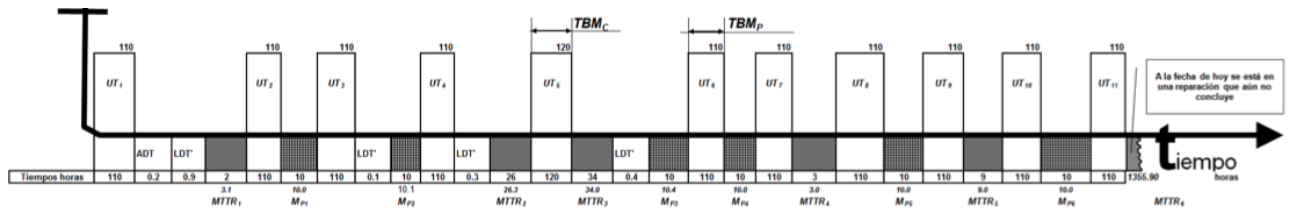
MP = es el tiempo medio para ejecutar tareas de mantenimientos planeados.

MTBMc: Es el tiempo medio que trabaja la maquina antes de una falla.

MTBmp: Es el tiempo medio que trabaja la maquina antes de un mantenimiento preventivo.

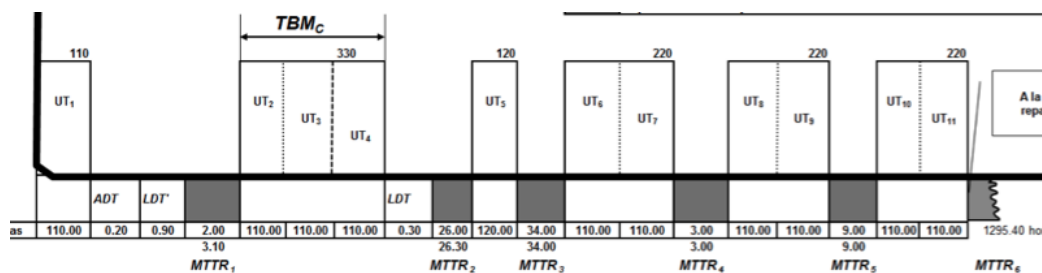
Ejemplo de calculo de disponibilidad operacional: Metodología

Graficamos la condición operacional del equipo: estados operacionales UT (arriba) y no operacionales (abajo)



ADT	Tiempos de Demora - Administrativos
LDT*	Tiempos Logísticos de demora - Físicos
LDT	Tiempos Logísticos Totales LDT Logistic Down Time
	Tiempo útil de funcionamiento correcto sin fallas
	Reparaciones o tiempos de mantenimientos correctivos
	Mantenimientos planeados preventivos o predictivos

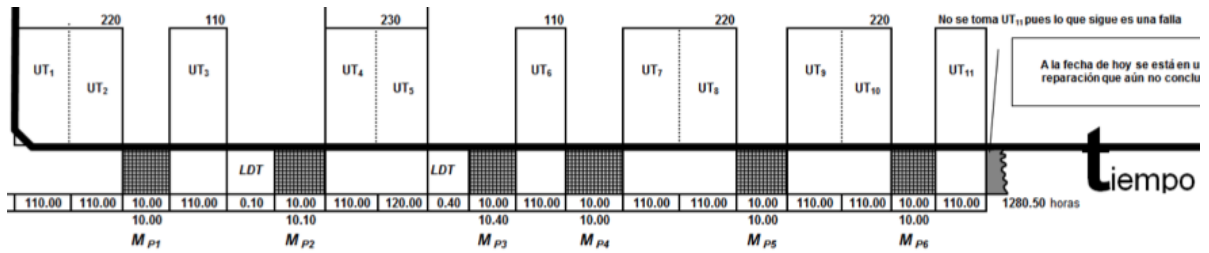
Vamos a calcular MTBMc o tiempo medio que trabaja la maquina antes de una falla y el MTTR que es el tiempo medio para realizar reparaciones. Para esto eliminamos de la grafica los mantenimientos preventivos y las demoras logísticas de los mantenimientos preventivos.



$$MTBMc = (110+330+120+220+220+220)/6 = 203.3 \text{ horas}$$

$$MTTR = (0.2+0.9+2)+26.3+34+3+9)/5 = 15.08 \text{ horas}$$

Ahora vamos a calcular de manera similar el MTBMP o tiempo medio que trabaja la maquina antes de un mantenimiento preventivo y MP o tiempo medio para ejecutar los mantenimientos preventivos. Para esto eliminamos de la grafica las reparaciones y las demoras logísticas de estas reparaciones.



$$MTBM_p = (220+110+230+110+220+220)/6 = 185 \text{ horas}$$

$$M_p = 10 + (10+0.1) + 10.4 + 10 + 10 + 10) / 6 = 10.08 \text{ horas}$$

Ya tenemos todos los datos entonces reemplazamos en las formulas:

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}} = \frac{1}{\frac{1}{203.33} + \frac{1}{185.00}} = 96.86 \text{ horas}$$

$$\overline{M'} = \frac{\frac{MTTR}{MTBM_c} + \frac{M_p}{MTBM_p}}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}} = \frac{\frac{15.10}{203.33} + \frac{10.08}{185.00}}{\frac{1}{203.33} + \frac{1}{185.00}} = 12.46372 \text{ horas}$$

$$Disponibilidad Operacional = A_o = \frac{MTBM}{MTBM + \overline{M'}} = \frac{96.86}{96.86 + 12.48} = 88.59 \%$$

Ejemplo de aplicación:

**La maquina a la que le calculamos la disponibilidad esta diseñada para procesar 150 kilogramos hora. Si tenemos que procesar 3.000 kilos ¿ en cuanto tiempo podre cumplir la orden?**

Análisis: tenemos una maquina que viene mostrándonos una D.Op de 88.59% lo que nos quiere decir que de 100 horas que la necesitemos, ésta funcionara 88.59 horas o por cada hora funcionara 0.8859 horas .

Si de fabrica viene diseñada para procesar 150 kg hora hacemos regla de 3 para estimar cuanto puede entregar realmente la maquina.

**150\*0.8859 = 132.88 kg/h** puede entregar la maquina de acuerdo a la disponibilidad estimada.

Nuevamente hacemos regla de 3 para estimar lo que nos vamos a demorar procesando los 3000 kilos

$$(3000k)/(132.88kg/h) = 22.57 \text{ horas}^9$$

## **Entregable 2 reunión 3 del 10 de abr. de 2014**

### **Objetivos:**

1. Metodología para calcular la curva de confiabilidad con el programa weibull++.
2. Interpretación de la grafica.

### **Indicadores:**

#### **DISPONIBILIDAD OPERACIONAL**

La probabilidad de que podamos utilizar el equipo satisfactoriamente en el momento en que sea requerido teniendo en cuenta que hay averías, mantenimientos planeados y demoras logístico-administrativas.

Ejemplo: si el equipo tiene una disponibilidad operacional de 90% quiere decir que de 100 horas programadas para la maquina, realmente podemos utilizarla 90, debido a que hay reparaciones, mantenimientos preventivos y demoras logísticas o administrativas.

#### **CONFIABILIDAD**

Es la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente, durante un período de tiempo especificado sin que se produzca una falla.

---

<sup>9</sup> MORA, Alberto. Mantenimiento industrial efectivo. Colombia . Fuentes litográficas Ltd. 2014.

Ejemplo: la probabilidad de que una maquina dure 200 horas sin fallar es del 50% (dato que vamos a leer de la curva de confiabilidad de la maquina del ejercicio)

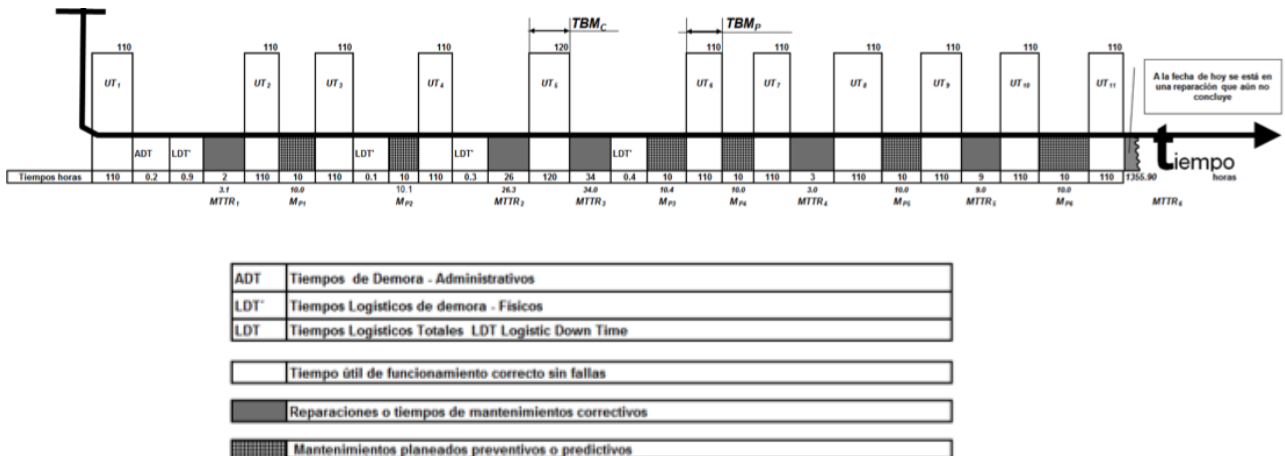
Con las dos definiciones vamos a asumir que la maquina se esta utilizando dentro de sus condiciones normales de operación (carga, velocidad, etc.)

## CURVA DE CONFIABILIDAD

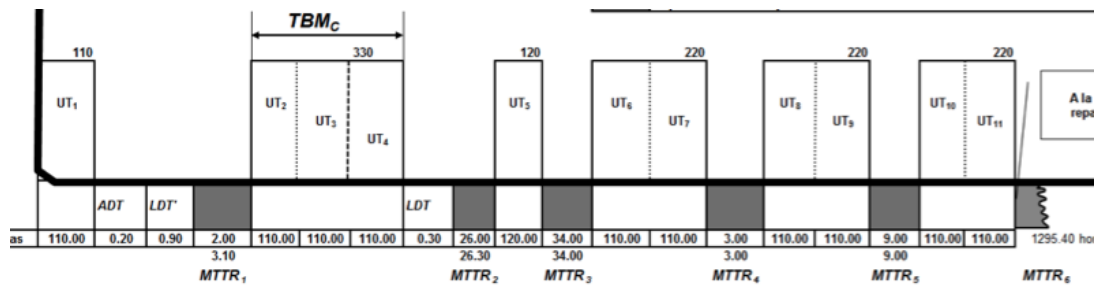
La forma gráfica de expresar la confiabilidad en función del tiempo. Con esta grafica vamos a conocer la forma en que disminuye la confiabilidad a través del tiempo. Esta grafica la calculamos con el programa Weibull ++ utilizando datos históricos del equipo. Pasos:

Paso 1. Obtención de datos

Graficamos la condición operacional del equipo para cualquier etapa de funcionamiento: estados operacionales UT (arriba) y no operacionales (abajo)



Organizamos el grafico de la misma forma que lo hicimos para calcular MTBMc y el MTTR. Para esto eliminamos de la grafica los mantenimientos preventivos y las demoras logísticas de los mantenimientos preventivos.



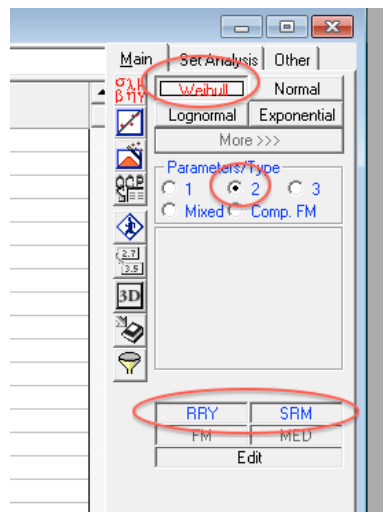
Organizamos de manera descendente los estados operacionales del equipo (Ut)

110
120
220
220
220
330

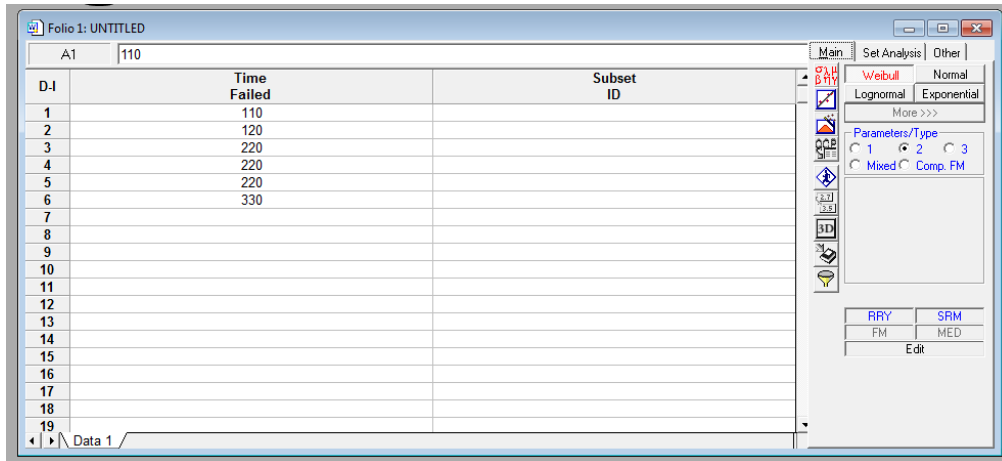
**OJO: Para hacer un calculo confiable de la curva de confiabilidad debemos hacerlo con mínimo 31 datos . A modo de explicación se hace con 6.**

Paso 2. Configuración del programa Weibull

- Doble clic sobre el icono de Weibull++ y cerramos las ventanas emergentes.
- Presionamos File\new, a la ventana que sale le presionamos next hasta que nos salen las tablas de datos.
- Se configura el análisis de los datos de la siguiente forma:

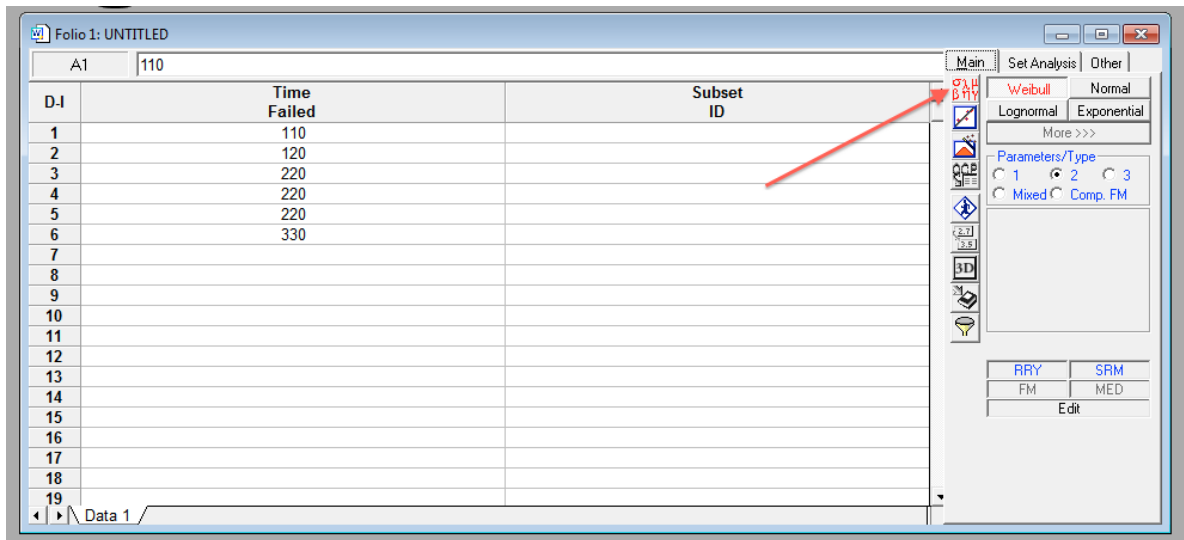


### Paso 3. Ingreso de datos



### Paso 4. Calculo automático de parámetros de la curva de confiabilidad.

- Damos clic en el botón que esta señalando la flecha.



- El programa estimara los parámetros de la curva de confiabilidad (vamos a analizarlos luego)

Beta	2,3730
Eta	234,1254
Rho	0,9366
Lk Value	-34,5076



Obtenemos por fin la grafica de confiabilidad-tiempo:



Datos que obtenemos con la grafica:

Vemos que la confiabilidad va disminuyendo a medida que utilizamos el equipo.

Tiempo en Horas - t	Funcion de probabilidad de fallas acumuladas - f.d.p.s. - Suma de fallas hasta el tiempo t $P(t) = 1 - R(t)$ <b>= F(t)</b>	Curva de Confiabilidad $R(t) = 1 - F(t)$
1	0.00%	100.00%
50	2.44%	97.56%
100	13.00%	87.00%
150	31.78%	68.22%
200	54.31%	45.69%
250	74.48%	25.52%
300	88.37%	11.63%
350	95.75%	4.25%
400	98.78%	1.22%
450	99.73%	0.27%
500	99.95%	0.05%
550	99.99%	0.01%
600	100.00%	0.00%
650	100.00%	0.00%
700	100.00%	0.00%

Conclusiones:

Inicio de la grafica: durante una hora de trabajo el equipo será 100% confiable (no va a fallar)

Final de la grafica: luego de las 600 horas de trabajo la probabilidad de que el equipo falle es del 100%

Veamos ahora que cuando la maquina a trabajado 200 horas hay una probabilidad de fallo del 54%, vamos a decidir si le hacemos preventivo para que la maquina vuelva a ser 100% confiable o la seguimos trabajando hasta que falle. (vemos como se decide en otra reunión de acuerdo a la criticidad de la falla o del equipo)

#### **Entregable 4 Reunión 5 de junio de 2014**

**Objetivos: Formación para el Taller RCM**

#### **Evaluación de consecuencias de las fallas**

**Fallos ocultos:**

Cuando un fallo en uno de los componentes sólo es percibido hasta que su función es requerida ya sea por condiciones del proceso o estados de la misma maquina.

*Ejemplo: Función de parada de emergencia en una extrusora por sobre-presión.*

El sensor de presión debe medir la presión interna del cañón, para que cuando supere los 5000 PSI el panel meter haga un corte en la señal que desactiva el variador del motor principal.

Solamente cuando la presión supere los 5000 PSI se sabrá si la protección funciona correctamente, si no lo hace puede ocasionar fallas múltiples con consecuencias desastrosas.

Todos los equipos o componentes que funcionan en casos de emergencia con funciones de seguridad, sus fallos tienen consecuencias ocultas y se califican así :

Fallos ocultos	
Descripción	Calificación
El modo de falla nunca será oculto y no llevara a otras fallas múltiples	0
Existe posibilidad baja de que el modo de falla no sea detectada y ocasione fallas múltiples	1
Existe posibilidad media de que el modo de falla no sea detectada y ocasione fallas múltiples	2
Existe la posibilidad alta de que la falla no sea detectada y ocasione fallas múltiples	3
El modo de falla siempre es oculto y ocasionara fallas múltiples con consecuencias graves	4

### **Seguridad física:**

Se evalúa el impacto que tiene la falla en los trabajadores de la fabrica.

Seguridad física	
Descripción	Calificación
No afecta al personal .	0
Afecta a una persona y es posible que le genere incapacidad temporal.	1
Afecta de dos a cinco personas y puede generar incapacidad temporal.	2
Afecta a mas de cinco personas o puede generar incapacidad temporal.	3
Genera incapacidad temporal o la muerte a una o mas personas .	4

### **Medio ambiente**

Se evalúa el impacto que tiene la falla en el medio ambiente.

Medio ambiente	
Descripción	Calificación
No afecta el medio ambiente.	0
Afecta el medio ambiente pero se puede controlar y no afecta el ecosistema.	1
Afecta la disponibilidad de los recursos naturales y al ecosistema. Puede ser revertido en menos de seis meses con un costo inferior a 10 millones de pesos.	2
Afecta la disponibilidad de los recursos naturales y al ecosistema. Puede ser revertido en menos de tres años con un costo inferior a 100 millones de pesos.	3
Afecta la disponibilidad de los recursos naturales y al ecosistema. Puede ser revertido en mas de tres años o no es reversible , con un costo superior a 10 millones de pesos.	4

### **Imagen corporativa**

Se evalúa el impacto que tiene la falla en la imagen corporativa.

Imagen corporativa	
Descripción	Calificación
No afecta la imagen corporativa	0
Afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con explicaciones directas.	1
Afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con costo inferior a un millón de pesos	2
Afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con costo inferior a diez millones de pesos	3
Afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con costo superior a diez millones de pesos	4

### Costos de reparación

Se evalúan los costos de la reparación de acuerdo a los siguientes rangos:

Costos de reparación	
Descripción	Calificación
Los costos de reparación son menores a \$100.000	0
La reparación cuesta entre \$100.000 y un millón de pesos	1
La reparación cuesta entre un millón de pesos y 10 millones	2
La reparación cuesta entre 10 millones de pesos y 20 millones	3
El costo de reparación supera los 20 millones de pesos.	4

### Efectos en cliente (producción)

Se evalúan los efectos económicos que acarrea la falla en el cliente causados por la interrupción de la producción y por los desperdicios generados por la parada y arranque de la maquina.

Efectos en cliente	
Descripción	Calificación
Los costos son menores a \$100.000	0
Los costos están entre \$100.000 y un millón de pesos	1
Los costos están entre un millón de pesos y 10 millones	2
Los costos están entre 10 millones de pesos y 20 millones	3
Los costos superan los 20 millones de pesos.	4

## Ocurrencia

Se evalúa la probabilidad de que la falla ocurra.

Ocurrencia	
Descripción	Calificación
1 falla en un mes	4
1 falla en seis meses	3
1 falla anual	2
1 falla en mas de un año	1

## Detección

Se evalúa la probabilidad de identificar la causa raíz.

Detección	
Descripción	Calificación
Difícil detección del fallo y no se puede identificar la causa raíz.	4
Difícil detección del fallo y Baja posibilidad de detectar causa raíz	3
Fácil detección del fallo y Mediana posibilidad de identificar causa raíz .	2
Fácil detección del fallo Siempre se identificara la causa raíz.	1

## ANALISIS DE CRITICIDAD

PRN (probability/risk number)

Numero que cuantifica la gravedad de la falla y nos permite decidir que bienes deben tener la prioridad para ser analizados y beneficiados por la metodología. Nos permite ordenar las fallas según su importancia: las de un PRN alto serán las mas criticas, las de un PRN bajo serán las menos criticas.

- Técnicamente factible: Físicamente posible
- Merecer la pena: la actividad debe resolver adecuadamente la consecuencia del fallo que se pretende evitar.

#### Tarea a condición:

Consiste en inspeccionar los equipos en búsqueda de condiciones que advierten de su deterioro , si en la inspección encontramos alguna de estas condiciones debemos tomar acción para prevenir la falla o su consecuencia.

Las inspecciones se hacen en intervalos de tiempo definidos que se ajustaran de acuerdo al histórico de fallos, dependiendo de la condición que se quiere detectar se pueden utilizar equipos de medición o simplemente detectar por medio de los sentidos.

#### Tarea de reacondicionamiento cíclico:

Implica la reparación o re manufactura del componente antes del limite de edad, sin importar la condición en la que se encuentre en el momento de la tarea. Las tareas de re-acondicionamiento se realizan en intervalos de tiempo calculados de acuerdo al ciclo de vida del componente.

#### Tarea de sustitución cíclica:

Implica el cambio del componente antes del limite de edad, sin importar la condición en la que se encuentre en el momento de la tarea. Las tareas sustitución se realizan en intervalos de tiempo calculados de acuerdo al ciclo de vida del componente.

#### Ningún mantenimiento proactivo:

Simplemente mientras el componente no presente algún fallo no lo cambiamos.

#### Rediseño obligatorio:

Implica el análisis ingenieril del diseño actual de la maquina con el objetivo de proponer mejoras que nos garanticen la confiabilidad. Utilizamos este recurso cuando ninguna de las tareas descritas anteriormente nos garantizan mitigar los fallos o sus efectos.