



ANALISIS RCM DE LA INYECTORA REED H29 PERTENECIENTE A LA  
EMPRESA INDUSTRIAS ESTRA S.A. MEDELLIN

LAURA CESPEDES ZAPATA

UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA  
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
MEDELLIN  
2009

ANALISIS RCM DE LA INYECTORA REED H29 PERTENECIENTE A LA  
EMPRESA INDUSTRIAS ESTRA S.A. MEDELLIN

LAURA CESPEDES ZAPATA

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniera Mecánica

Asesor: IM. Roberto Rave Serna

UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA  
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
MEDELLIN

2009

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme paciencia y entendimiento para la realización de este proyecto.

A mis padres, hermano y abuela Tilita por su apoyo incondicional y la motivación que me dieron en el transcurso de estos años de mi vida como estudiante, por confiar en mí y nunca fallarme.

Al personal del Ingeniería de Servicios y Mantenimiento de ESTRA, especialmente a los ingenieros Roberto Rave y Carlos Ignacio Moncada; al practicante Juan Esteban Vergara y a los técnicos Orlando Monsalve, Rubén Darío Montoya y Hubeimar Franco por su buena disposición para colaborarame, por su acogida en la empresa y sus valiosos aportes en las reuniones realizadas para la elaboración del presente trabajo.

## CONTENIDO

	pág.
0. INTRODUCCION	19
0.1 OBJETIVO GENERAL	19
0.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	19
1. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)	21
2. FUNCIONES OPERACIONALES DE LA INYECTORA REED H29	26
2.1 OBJETIVO	26
2.2 COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA INYECTORA	26
2.2.1 Unidad de inyección	27
2.2.2 Unidad de cierre	29
2.2.3 Sistema hidráulico	30
2.2.4 Sistema de control y potencia	31
2.3 DETERMINACION DE LAS FUNCIONES	32

2.3.1	Función principal de la inyectora REED H29	32
2.3.2	Funciones de la unidad de inyección	33
2.3.3	Funciones de la unidad de cierre	34
2.3.4	Funciones del sistema hidráulico	36
2.3.5	Funciones del sistema de control y potencia	37
2.4	CONCLUSIONES DEL CAPITULO 2	37
3.	PROCESO DE ANALISIS DE FALLAS PARA LA INYECTORA H29	38
3.1	OBJETIVO	38
3.2	BREVE EXPLICACION DEL PROCESO DE ANALISIS DE FALLAS	38
3.3	ANALISIS DE FALLAS PARA LA INYECTORA REED H29	39
3.4	CONCLUSIONES DEL CAPITULO 3	75
4.	TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA LA INYECTORA H29	76
4.1	OBJETIVO	76
4.2	TAREAS PROACTIVAS	76
4.3	TAREAS “A FALTA DE”	79

4.4	TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA LA INYECTORA H29	81
4.5	CONCLUSIONES DEL CAPITULO 4	99
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
	BIBLIOGRAFIA	102

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Funciones de los elementos principales de la unidad de inyección	33
Tabla 2. Funciones de los elementos principales de la unidad de cierre	35
Tabla 3. Funciones de los elementos principales del sistema hidráulico	36
Tabla 4. Funciones de los elementos principales del sistema de control y potencia	37
Tabla 5. Hoja de trabajo de información RCM para la tolva	40
Tabla 6. Hoja de trabajo de información RCM para el husillo	44
Tabla 7. Hoja de trabajo de información RCM para el barril	49
Tabla 8. Hoja de trabajo de información RCM para la válvula cheque	50
Tabla 9. Hoja de trabajo de información RCM para la boquilla	51
Tabla 10. Hoja de trabajo de información RCM para las resistencias eléctricas	53
Tabla 11. Hoja de trabajo de información RCM para las placas fija y móvil	54

Tabla 12. Hoja de trabajo de información RCM para el mecanismo de ajuste	55
Tabla 13. Hoja de trabajo de información RCM para el mecanismo de expulsión	56
Tabla 14. Hoja de trabajo de información RCM para el mecanismo de cierre	57
Tabla 15. Hoja de trabajo de información RCM para las zapatas	58
Tabla 16. Hoja de trabajo de información RCM para la bancada	60
Tabla 17. Hoja de trabajo de información RCM para las columnas y tuercas	60
Tabla 18. Hoja de trabajo de información RCM para las bombas hidráulicas	61
Tabla 19. Hoja de trabajo de información RCM para los motores hidráulicos	62
Tabla 20. Hoja de trabajo de información RCM para los cilindros hidráulicos	63
Tabla 21. Hoja de trabajo de información RCM para los filtros de aceite	65
Tabla 22. Hoja de trabajo de información RCM para las mangueras	65
Tabla 23. Hoja de trabajo de información RCM para el intercambiador de calor	66
Tabla 24. Hoja de trabajo de información RCM para el tanque de aceite	68
Tabla 25. Hoja de trabajo de información RCM para las válvulas hidráulicas	69
Tabla 26. Hoja de trabajo de información RCM para el motor eléctrico principal	70

Tabla 27. Hoja de trabajo de información RCM para el térmico y el contactor	72
Tabla 28. Hoja de trabajo de información RCM para el PLC	72
Tabla 29. Hoja de decisión para la tolva	82
Tabla 30. Hoja de decisión para el husillo	84
Tabla 31. Hoja de decisión para el barril	85
Tabla 32. Hoja de decisión para la válvula cheque	85
Tabla 33. Hoja de decisión para la boquilla	86
Tabla 34. Hoja de decisión para las resistencias eléctricas	87
Tabla 35. Hoja de decisión para las placas fija y móvil	88
Tabla 36. Hoja de decisión para el mecanismo de ajuste	89
Tabla 37. Hoja de decisión para el mecanismo de expulsión	89
Tabla 38. Hoja de decisión para el mecanismo de cierre	90
Tabla 39. Hoja de decisión para las zapatas	90
Tabla 40. Hoja de decisión para la bancada	91
Tabla 41. Hoja de decisión para las columnas y tuercas	91

Tabla 42. Hoja de decisión para las bombas hidráulicas	91
Tabla 43. Hoja de decisión para los motores hidráulicos	92
Tabla 44. Hoja de decisión para los cilindros hidráulicos	92
Tabla 45. Hoja de decisión para los filtros de aceite	93
Tabla 46. Hoja de decisión para las mangueras	93
Tabla 47. Hoja de decisión para el intercambiador de calor	94
Tabla 48. Hoja de decisión para el tanque	95
Tabla 49. Hoja de decisión para las válvulas hidráulicas	96
Tabla 50. Hoja de decisión para el motor eléctrico principal, térmico y contactor	97
Tabla 51. Hoja de decisión para el PLC	98

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Desempeño deseado Vs. Capacidad inherente	22
Figura 2. Esquema de una inyectora	27
Figura 3. Elementos principales de una unidad de inyección	28
Figura 4. Elementos principales de una unidad de cierre	29
Figura 5. Fallas relacionadas con la edad	77
Figura 6. Estado de falla en el tiempo	78
Figura 7. Proceso de decisión de tareas para las funciones ocultas	106
Figura 8. Proceso de decisión de tareas para los fallos con consecuencias para la seguridad y el medio ambiente	107
Figura 9. Proceso de decisión de tareas para los fallos con consecuencias operacionales y no operacionales	107

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A	104
ANEXO B	106

## GLOSARIO

AM: es la sigla de “Administrador de Mantenimiento” y es un CMMS que complementa la gestión de mantenimiento dentro de una compañía. Este software es desarrollado por la empresa Winsoftware y permite realizar varias acciones que apoyan la planeación, programación, control y seguimiento sobre los mantenimientos que se realizan a cada uno de los bienes de una empresa (@winsoftware, 2007).

CAPACIDAD INHERENTE: característica de funcionamiento que es capaz de realizar un activo.

CAPACIDAD INICIAL: es la capacidad inherente que tiene un equipo cuando inicia su operación.

CIRCUNSTANCIAS NORMALES: son las características normales de operación de una máquina en donde las variables del activo están dentro de los rangos requeridos de diseño.

CMMS: sistema de administración de mantenimiento computarizado, “*Computerized Maintenance Management System*”.

CONSECUENCIAS DE FALLA: indican el nivel de importancia que tiene una falla.

DESEMPEÑO DESEADO: característica de funcionamiento que el usuario de un activo desea que haga.

DOSIFICACION: etapa del ciclo de inyección en donde el husillo retrocede hacia atrás permitiendo que determinada cantidad del material plastificado quede en la parte delantera del tornillo.

EFEECTO DE FALLA: es lo que ocurre cuando un modo de falla se manifiesta. (Norma SAE JA 1011)

EQUIPO DE OPERACIONES: son las personas que operan la máquina y sus respectivos supervisores.

FALLA: es un estado insatisfactorio de un elemento físico y se asocia a la desviación en los parámetros de funcionamiento de éste. (Norma SAE JA 1011)

FALLA FUNCIONAL: un estado en el cual un activo físico o sistema es incapaz de realizar una función deseada por el usuario. (Norma SAE JA 1011)

FALLA MULTIPLE: ocurre cuando un elemento protegido falla y su dispositivo de seguridad ha fallado previamente.

FALLA OCULTA: es una falla que si ocurre por sí sola, no es detectable por el equipo de operaciones bajo circunstancias normales.

FALLA POTENCIAL: es un estado físico identificable que indica cuándo está a punto de producirse una falla funcional o está ocurriendo ya. (curso de formación en RCM)

FUNCION: lo que el dueño o usuario de un activo físico o sistema quiere que haga. (Norma SAE JA 1011)

**FUNCION PRIMARIA:** función que es la razón principal por la que un activo es adquirido por el usuario. (Norma SAE JA 1011)

**FUNCION SECUNDARIA:** es la función que el activo tiene para que se cumpla su función primaria. (Norma SAE JA 1011)

**FUERZA DE CIERRE** en una inyectora, es la fuerza necesaria para soportar la fuerza ejercida por la presión de inyección.

**HUSILLO EMBOTADO:** es una terminología empleada por los técnicos, supervisores y operarios de la empresa ESTRA S.A., para expresar que el husillo tiene una capa dura de materia prima en los filetes.

**INYECTORA REED H29:** es una de las inyectoras de la empresa Industrias ESTRA S.A. Medellín cuyo fabricante es REED. El nombre de este activo es dado por una H que hace referencia a una inyectora y el número que le sigue se refiere al orden de inicio de operación de la máquina siendo la inyectora H68 la última que entró a operar.

**MODO DE FALLA:** es un único evento que causa un fallo funcional. (Norma SAE JA 1011)

**PELLET:** es una pequeña porción de material, generalmente plástico.

**PLC:** es la sigla en inglés de "*Programmable Logic Controller*" y es un dispositivo electrónico que permite la automatización de los procesos industriales.

**PRESION DE INYECCION:** es la presión con la cual el material plastificado es inyectado al molde para manufacturar un artículo.

RCM: son las siglas en inglés de “*Reliability Centered Maintenance*” que al español traducen Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

TAREA “A FALTA DE”: tarea que se le realiza a un activo cuando no es posible encontrar una tarea proactiva que evite la manifestación de un modo de falla

TAREA PREDICTIVA: tarea de mantenimiento proactivo que detecta una falla potencial con el fin de tomar acciones que prevengan fallas funcionales o las consecuencias de una falla funcional.

TAREA PREVENTIVA: es una acción que se realiza sobre un activo o un componente para evitar que éste falle.

TAREA PROACTIVA: es una tarea que se realiza sobre un activo o un componente antes de que una falla ocurra o antes de que se manifiesten los efectos de la falla.

TERMOCUPLA: es un dispositivo que convierte una magnitud física en una señal eléctrica y sirve como sensor de temperatura

## RESUMEN

El presente proyecto inicia describiendo brevemente la fundamentación teórica que se empleó como punto de partida para la para la realización del análisis RCM a la inyectora H29 de Industrias ESTRA S.A., luego enuncia las funciones operacionales que debe realizar dicha máquina con el fin de proceder a realizar un análisis de fallas de la inyectora que incluye la identificación de: fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla. Finalmente, de acuerdo con los resultados del análisis de fallas y las consecuencias de éstas se definen las acciones a realizar para mejorar el funcionamiento del activo mencionado.

## 0. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería de Servicios y Mantenimiento de la empresa Industrias ESTRA S.A. empieza a implementar, a mediados de abril del año 2006, indicadores de mantenimiento basados en la metodología RCM con el fin de medir su desempeño y eficiencia dentro de la empresa. Para complementar la implementación de los indicadores, se realiza un análisis RCM a la inyectora REED H29, con el objetivo de mejorar la disponibilidad y confiabilidad que el activo tiene actualmente, logrando de esta manera, apoyar el proceso de mantenimiento centrado en la confiabilidad que ha ido implementando el departamento en los últimos años.

### 0.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis RCM a la inyectora REED H29 de la empresa Industrias ESTRA S.A. siguiendo los pasos propuestos por dicha metodología.

### 0.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Objetivo 1: realizar un diagnóstico básico inicial de las funciones operacionales principal y secundarias según las expectativas que el usuario de la inyectora REED H29 tiene sobre este activo.

- Objetivo 2: realizar un análisis de fallas a la inyectora elegida basado en la metodología descrita por el RCM, identificando cuales son los modos de falla que afectan el cumplimiento de las expectativas encontradas en el objetivo 1.
- Objetivo 3: definir las acciones a realizar en la inyectora REED H29 según los resultados arrojados por el análisis de fallas de dicha máquina, basadas en las consecuencias y en las características técnicas de cada modo de falla encontrada que afectan las expectativas del usuario.

## 1. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)

La información que se muestra en este capítulo sobre el proceso RCM fue tomada de *Reliability Centered Maintenance* (RCM) por John Moubray y del Curso de formación en RCM.

El proceso RCM debe responder las siguientes 7 preguntas:

1. ¿Cuáles son las funciones y el desempeño deseado del activo en el contexto operacional?
2. ¿En qué formas falla el activo afectando el cumplimiento de dichas funciones?
3. ¿Qué causa cada falla funcional?
4. ¿Qué pasa cuando cada falla ocurre?
5. ¿Qué grado de importancia tiene cada falla?
6. ¿Qué se puede hacer para predecir o prevenir cada falla?
7. ¿Qué se podría hacer si no se encuentra una tarea proactiva viable?

La pregunta 1, se responde al describir la función del activo de la siguiente forma:  
verbo en infinitivo + objeto + estándar de desempeño deseado

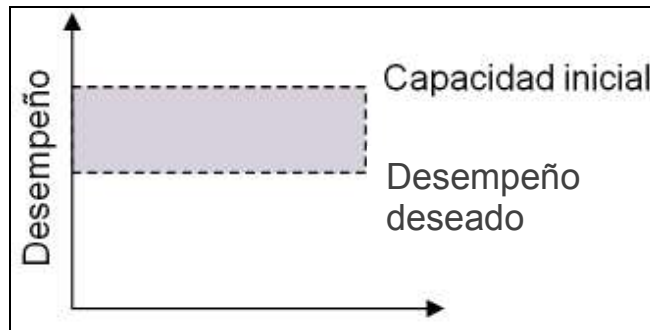
Por ejemplo la función de una bomba sería:

bombear + agua + a una razón de 200 litros por minuto

Es importante saber diferenciar entre desempeño deseado y capacidad inicial del activo:

- desempeño deseado: lo que el usuario quiere que haga el activo.
- capacidad inicial o inherente: lo que el activo es capaz de hacer

Figura 1. Desempeño deseado Vs. Capacidad inherente



Moubray, John

Como punto de partida para el proceso RCM, se debe tener claro que:

- mantenimiento no puede aumentar la capacidad del activo sobre el nivel de la capacidad inicial.
- mantenimiento busca asegurar que la capacidad del activo esté por encima del desempeño deseado
- mantenimiento logra su fin al mantener la capacidad de los activos dentro de la zona sombreada de la figura 1

Para definir las funciones es importante tener en cuenta el contexto operacional que se refiere al tipo de proceso, estándares de calidad, condiciones del medio ambiente, seguridad, producto en proceso, repuestos, tiempo de operación, etc.

La pregunta 2 hace referencia a las fallas funcionales que se definen como la incapacidad de cualquier activo para cumplir una función. Puede haber fallas parciales o totales, siguiendo con el ejemplo de la bomba, la falla total sería que no bombeara agua y las fallas parciales serían: bombear 200lt de agua en un tiempo mayor al minuto, bombear agua a una razón menor de 200lt por minuto.

Los modos de falla son los que responden la tercera pregunta, definiéndolos como cualquier evento que causa un fallo funcional. La descripción de un modo de falla debe tener como mínimo:

sujeto + verbo, evitando usar el verbo “fallar” y sus sinónimos.

Categorías de los modos de falla:

- capacidad del equipo menor al desempeño deseado: son fallas relacionadas con el deterioro del equipo, suciedad, falta de lubricación, desensamble, etc.
- aumenta el desempeño deseado: puede ocurrir que el desempeño deseado va aumentando gradualmente hasta que el activo no es capaz de cumplirlo, o aumentan los esfuerzos de la máquina por lo que se deteriora más rápido y en consecuencia el activo falla con mayor frecuencia. Ambas situaciones se pueden presentar porque aumenta la demanda del producto, producción con características muy diferentes, operación y ensamble incorrectos, daños externos, empleo de materias primas fuera de especificaciones.
- capacidad inicial es menor que el desempeño deseado.

No todos los modos de falla se deben listar en las tablas de información de RCM, para saber cuáles enunciar hay que tener en cuenta:

- se listan los de mayor probabilidad de ocurrencia: como los que han ocurrido en un activo similar, los que son objeto del mantenimiento preventivo actual, fallos posibles.
- se enumeran aquellos con consecuencias severas.

La pregunta 4 se refiere a los efectos de falla definidos como lo que ocurre cuando una falla se presenta.

La descripción de un efecto de falla debe contener:

- si hay alguna evidencia de que la falla ha ocurrido, por ejemplo: suena una alarma, humo, la máquina se para, fugas de aceite, el control lo indica, productos defectuosos, etc.
- en qué forma se afectan la seguridad y el medio ambiente: aumenta el riesgo de un incendio, un objeto se cae, altas temperatura, mucho ruido, etc.
- en qué forma se afectan las operaciones y la producción: calidad del producto se afecta, tiempo de paro del equipo (tiempo de detección, tiempo de reparación, tiempo de puesta en marcha), costos, daños secundarios.
- qué daño físico causa la falla y qué se debe hacer para reparar la falla.

La pregunta 5 se remite a las consecuencias de las fallas las cuales indican cuánto importa cada modo de falla.

Algunos de los componentes de una máquina cumplen funciones evidentes dentro de ella, pero algunos elementos cumplen funciones ocultas, aquellas cuya falla no es evidente bajo circunstancias normales para el equipo de operaciones. Por dicha razón, las consecuencias de las fallas se clasifican en:

- evidentes
- no evidentes

Las funciones ocultas son propias de dispositivos de seguridad que protegen una función propia de un elemento de la máquina. Las consecuencias de una falla de una función oculta es que se produzca un fallo múltiple, es decir que falle el elemento protegido mientras está en falla el dispositivo de seguridad.

Dentro de la categoría de fallas evidentes se encuentran:

- consecuencias para la seguridad y el medio ambiente
- consecuencias operacionales
- consecuencias no operacionales

Un modo de falla tiene consecuencias para la seguridad si causa una pérdida de función u otros daños que pudieran lesionar o matar a alguien, y tiene consecuencias para el medio ambiente, si el modo de falla origina una pérdida de la función u otros daños que pudieran conducir a la infracción de cualquier norma o reglamento relacionados con el medio ambiente.

Un fallo trae consecuencias operacionales si tiene un efecto adverso directo sobre la capacidad operacional, afectando el rendimiento, la calidad del producto y/o el servicio al cliente. Un modo de fallo con consecuencias no operacionales trae consigo costos de reparación, pero no afecta la seguridad, ni el medio ambiente, ni las operaciones.

La pregunta 6 del proceso RCM hace alusión a las tareas preventivas y predictivas que se le pueden realizar a un activo para evitar cada modo de falla. Las tareas preventivas, como su nombre lo indica, son las que tienen como fin prevenir la ocurrencia de una falla. Por su parte, las tareas predictivas son las que ayudan a predecir la ocurrencia de una falla o a establecer que una falla comenzó a ocurrir.

Las tareas “a falta de” se realizan a los activos sino se encuentra alguna tarea preventiva y/o predictiva viable para evitar las consecuencias de una falla. Hay varias categorías de acciones “a falta de” que responden la pregunta 7 del RCM.

En el capítulo 4 del presente proyecto, se explica con más detalle las categorías de las diferentes tareas de mantenimiento.

## 2. FUNCIONES OPERACIONALES DE LA INYECTORA REED H29

El primer paso del proceso RCM es establecer cuál debe ser el funcionamiento deseado de cada elemento del equipo analizado. Esta es la razón del desarrollo de este capítulo, para ello, primero se determinan los elementos de la inyectora REED H29 a los cuales se les definen sus funciones según los requerimientos de sus usuarios.

### 2.1 OBJETIVO

Realizar un diagnóstico básico inicial de las funciones operacionales principal y secundarias según las expectativas que el usuario de la inyectora REED H29 tiene sobre este activo.

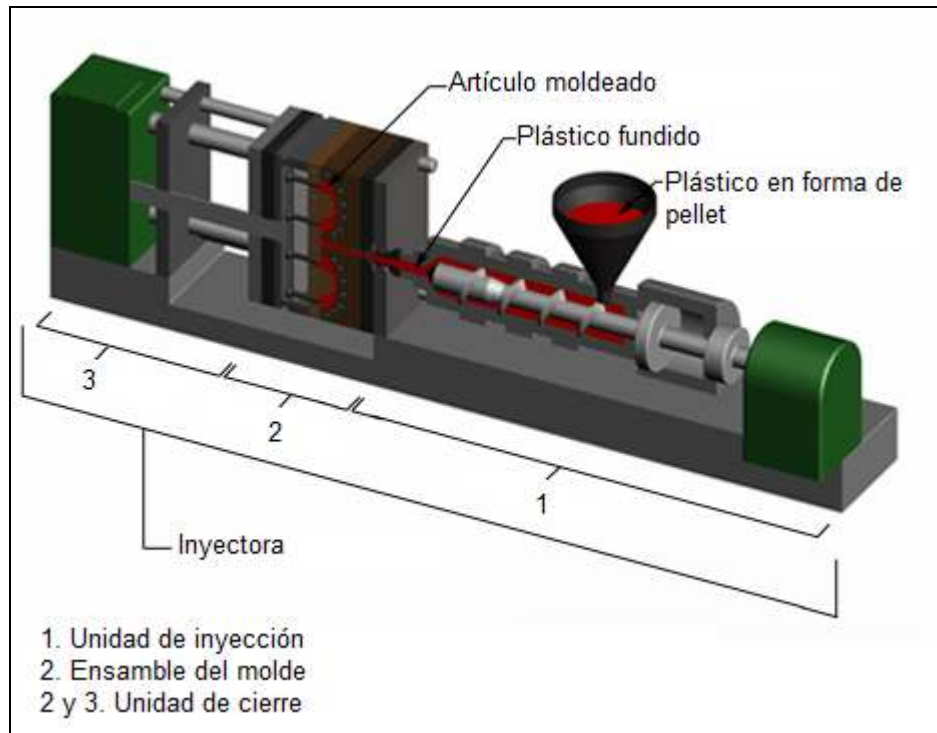
### 2.2 COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA INYECTORA

La información contenida en este subcapítulo fue tomada de Seminario: Inyección básica de plásticos por el SENA y de *Injection Molding: an Introduction* por Gerd Potsch y Walter Michaeli.

Una inyectora se clasifica de la siguiente forma:

- unidad de inyección
- unidad de cierre
- sistema hidráulico
- sistema de control y potencia

Figura 2. Esquema de una inyectora

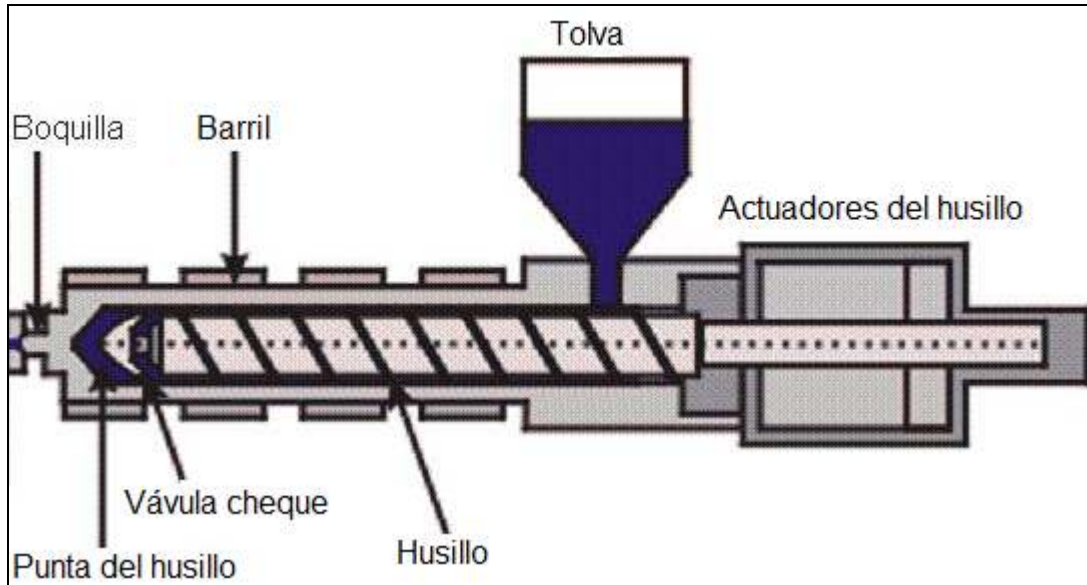


<http://www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding>

A continuación se describen las funciones principales y los elementos más importantes de las partes mencionadas.

2.2.1 Unidad de inyección. En la unidad de inyección es donde la materia prima, plástico en forma de pellet, se funde para luego ser inyectado al molde y así conformar el producto deseado.

Figura 3. Elementos principales de una unidad de inyección



[http://www.azom.com/work/xJsvgJIA1KoVb360Z4UW\\_files/image003.gif](http://www.azom.com/work/xJsvgJIA1KoVb360Z4UW_files/image003.gif)

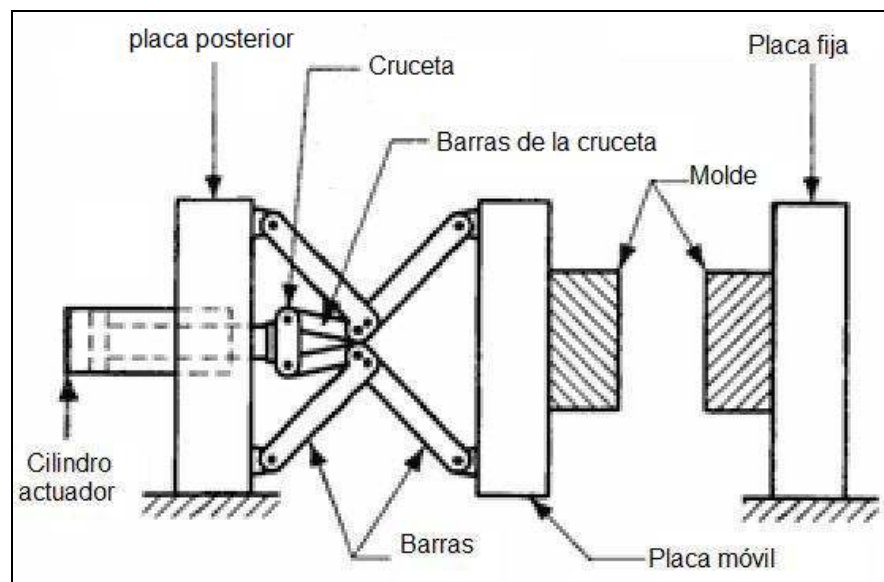
En la figura 3 se observan los componentes más importantes de la unidad de inyección teniendo cada uno de ellos las siguientes funciones:

- la tolva es la encargada de almacenar la materia prima para luego, cuando sea requerido, alimentar el barril con plástico en forma de pellet.
- el husillo o tornillo, gracias a su movimiento rotacional, transporta la materia prima hasta la boquilla, además funde y homogeniza el material. Cuando el tornillo se mueve axialmente hacia la boquilla, la punta del husillo funciona como pistón, inyectando el plástico ya fundido en el molde.
- las resistencias eléctricas junto con la fricción del material en las paredes del barril o cilindro, calientan el plástico permitiendo su fusión.
- la boquilla conecta la unidad de inyección con el molde.
- la válvula cheque impide, en el momento de la inyección, que el plástico fundido se devuelva.
- los actuadores del husillo en el caso de la inyectora REED H29 son: un cilindro hidráulico encargado de darle un movimiento axial al husillo y un motor

hidráulico que se encarga de imprimirle giro al tornillo. Estos actuadores a pesar de ser parte de la unidad se clasifican como componentes del sistema hidráulico.

2.2.2 Unidad de cierre. Puede ser mecánica o hidráulica y su función principal es mantener el molde cerrado durante el llenado de éste. Para ello se debe aplicar una fuerza mayor a la generada por la presión de inyección para evitar que el molde se abra. Otras funciones de esta unidad son abrir y cerrar el molde, y expulsar el producto cuando esté adecuadamente solidificado.

Figura 4. Elementos principales de una unidad de cierre



<http://plastics.turkavkaz.ru/equipment/injection-molding-machine/injectionMolded8.gif>

La figura 4 ilustra los elementos principales de una unidad de cierre, en donde:

- el cilindro actuador es el que genera y transmite la fuerza de cierre. Este a pesar de ser un elemento de la unidad de cierre, se analiza y clasifica dentro del sistema hidráulico.
- el mecanismo de cierre compuesto por barras, bielas y cruceta multiplica y transmite la fuerza de cierre generada por el cilindro actuador, permitiendo que el molde se mantenga cerrado durante la aplicación de la presión de inyección. Este sistema también se encarga del cierre y apertura del molde.
- las placas fija y móvil son las que sostienen al molde.
- la placa posterior sirve de apoyo al sistema de cierre y mediante su movimiento propicia el espacio requerido para alojar el molde

Adicionalmente, la unidad de cierre tiene otros elementos complementarios que son de importancia mencionar y analizar:

- mecanismo de ajuste: mediante el desplazamiento de la placa posterior, propicia el espacio requerido para el ajuste del molde. Este espacio denominado altura, es muy preciso y varía según el molde.
- el mecanismo de botación es el que permite la expulsión del artículo moldeado.
- las barras guías o columnas orientan el movimiento de la placa móvil conservando el paralelismo con la placa fija.
- zapatas: sirven de apoyo y facilitan mediante elementos de baja fricción, el deslizamiento de la placa móvil sobre la bancada de la unidad de cierre. Son a su vez elementos de recambio que garantizan una rápida y económica reparación de este elemento de desgaste
- bancada: soporta la unidad de cierre y da rigidez a la máquina

2.2.3 Sistema hidráulico. Su función principal es dar movimiento lineal en el cierre del molde y en el proceso de inyección (llenado del molde) y movimiento rotatorio al motor hidráulico del husillo.

Consta de:

- bombas y válvulas hidráulicas: generan el flujo y la presión de aceite que requieren los actuadores hidráulicos del sistema (motor hidráulico, cilindros hidráulicos)
- motor: se encarga de girar el husillo durante la dosificación de la resina plástica a una velocidad tal que permita la generación de calor por fricción necesaria para la fusión de la resina
- cilindros: los hay de inyección, de cierre y de expulsión. Transforman la energía suministrada por las bombas, a través del aceite, en energía mecánica que da el movimiento lineal a:
  - o el husillo en el momento de la inyección
  - o la placa móvil para abrir, cerrar el molde y generar la fuerza de cierre
  - o la placa de expulsión para extraer el artículo moldeado.
- filtros de aceite: limpian el aceite del sistema.
- mangueras: conducen el aceite.
- intercambiador de calor: encargado de refrigerar el aceite.
- tanque: almacena el aceite del sistema.
- válvulas: las hay direccionales, controladoras de presión y reguladoras de caudal.

2.2.4 Sistema de control y potencia. El componente principal de potencia es un motor eléctrico que le da movimiento a las bombas hidráulicas que a su vez generan el flujo y la presión de aceite que requieren los actuadores hidráulicos (motor y cilindros). Incluye también todos los dispositivos de maniobra relacionados con la potencia de alimentación (breakers, arrancador, capacitor, entre otros).

Para que el proceso de inyección sea óptimo, es necesario controlar una multiplicidad de variables. Esto es posible por los dispositivos del sistema de control, que específicamente se encargan de la lógica secuencial y por tanto del manejo de las señales eléctricas (entradas y salidas) a los diferentes componentes eléctricos e hidráulicos. Es común el uso de PLCs (*Progammable Logic Control*) o de computadores dedicados para este tipo de funciones.

Entre las variables más importantes a controlar se encuentran: la temperatura del material en el barril de la unidad de inyección y en el molde, para lo cual se emplean generalmente termocuplas que dan información al control para que éste prenda o apague las resistencias según las necesidades del ciclo de inyección.

### 2.3 DETERMINACION DE LAS FUNCIONES

La explicación de los componentes de una inyectora es el punto de partida para hallar las funciones principales y secundarias, puesto que para ello es necesario conocer los elementos más importantes que conforman la inyectora de tal forma que se pueda establecer el funcionamiento deseado de cada componente principal de la máquina.

Vale la pena aclarar que no fue posible entregar valores cuantitativos de las funciones puesto que éstos varían constantemente, dependiendo del molde que se monte en la inyectora, del polímero, de los aditivos y de los pigmentos empleados.

2.3.1 Función principal de la inyectora REED H29. Procesar el plástico que entra en forma de pellet, introducirlo en el molde destinado para tal fin y garantizar una fuerza de cierre de hasta 1200 US TON. de tal forma que garantice el cierre del molde durante el proceso.

2.3.2 Funciones de la unidad de inyección. Como ya se mencionó, las funciones principales de la unidad de inyección son fundir, homogenizar, dosificar e inyectar al molde la materia prima. Para que ello se cumpla cada componente tiene funciones específicas que se describen a continuación

Tabla 1. Funciones de los elementos principales de la unidad de inyección

Elemento	Funciones
Tolva	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Almacenar materia prima</li> <li>2. Alimentar de materia prima la unidad de inyección con una baja presión</li> <li>3. Interrumpir el flujo de materia prima cuando sea requerido</li> <li>4. Dosificar la cantidad de pigmento que se le debe agregar a determinada masa de materia prima</li> <li>5. Mezclar materia prima con el pigmento</li> <li>6. Prevenir la contaminación de la materia prima</li> <li>7. Separar metales magnéticos</li> </ol>
Husillo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Transportar la materia prima proveniente de la tolva</li> <li>2. Fundir la mezcla polímero, pigmentos y aditivos hasta que tenga determinadas propiedades reológicas y térmicas</li> <li>3. Homogenizar material mediante la generación de la adecuada mezcla dispersiva y distributiva de sus componentes</li> <li>4. Inyectar la masa plástica en el molde</li> <li>5. Construir presión</li> </ol>

Elemento	Funciones
Barril	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Contribuir a la fusión del material mediante la generación de fricción y la conducción de calor entregado por las resistencias eléctricas</li> <li>2. Soportar presión</li> <li>3. Evitar pérdidas del flujo plástico</li> <li>4. Enfriar el material en el ducto de alimentación</li> </ol>
Válvula cheque del husillo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Garantizar el sellado en la punta del husillo durante la inyección de tal forma que se dispare la misma cantidad de masa en cada ciclo</li> <li>2. Permitir el paso de material fundido a la cámara delantera del husillo garantizando la repetitividad de lo inyectado</li> </ol>
Boquilla	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generar un canal de flujo entre la unidad de inyección y los canales de llenado del molde</li> <li>2. Suministrar calor al material fundido de tal forma que no se solidifique antes de llegar al molde</li> <li>3. Soportar los esfuerzos de asiento entre la boquilla de la unidad de inyección y la boquilla del molde</li> </ol>
Resistencias eléctricas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generar calor convirtiendo la energía eléctrica en energía térmica para contribuir por conducción a través del barril a fundir y garantizar la uniformidad de lo fundido</li> </ol>

2.3.3 Funciones de la unidad de cierre. La función más importante de la unidad de cierre es mantener el molde cerrado durante el llenado y aplicación de la presión de inyección. Las funciones que complementan o permiten la realización de esta función se describen en la tabla 2.

Tabla 2. Funciones de los elementos principales de la unidad de cierre

Elemento	Funciones
Placas (fija y móvil)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Transmitir y distribuir uniformemente la fuerza de cierre al molde</li> <li>2. Sostener el molde</li> </ol>
Mecanismo de ajuste	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dar movimiento lineal a la placa posterior para garantizar un correcto ajuste durante el cierre del molde y el espacio suficiente para alojar el molde</li> <li>2. Transmitir la fuerza de cierre</li> </ol>
Mecanismo de expulsión	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Expulsar el artículo de la cavidad del molde</li> </ol>
Mecanismo de cierre	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Multiplicar la fuerza generada por los cilindros de cierre</li> <li>2. Transmitir la fuerza de cierre a la placa móvil</li> <li>3. Generar movimientos de apertura y cierre de molde</li> </ol>
Zapatas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nivelar placas posterior y móvil</li> <li>2. Servir como elemento de deslizamiento para la placa móvil</li> <li>3. Soportar placas posterior y móvil</li> </ol>
Bancada	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Soportar unidad de cierre</li> </ol>
Columnas y tuercas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Guiar el movimiento lineal de la placa móvil</li> <li>2. Absorber los esfuerzos generados durante el cierre y la inyección</li> </ol>

2.3.4 Funciones del sistema hidráulico. Se describen en las tabla 3.

Tabla 3. Funciones de los elementos principales del sistema hidráulico

Elemento	Funciones
Bombas	1. Entregar un caudal de aceite con presión a los actuadores hidráulicos del sistema
Motor	1. Transformar la energía entregada por las bombas en giro del husillo a determinada velocidad
Cilindros (inyección, cierre y expulsión)	1. Transmitir fuerza generando un movimiento lineal
Filtros de aceite	1. Limpiar el aceite según un estándar
Mangueras	1. Transportar aceite 2. Soportar presión
Intercambiador de calor	1. Enfriar el aceite del sistema 2. Inhibir corrosión
Tanque	1. Almacenar aceite manteniendo su nivel dentro de un rango determinado 2. Refrigerar el aceite del sistema permitiendo la entrada de aire filtrado
Válvulas	1. Direccionar el flujo de aceite en el sentido requerido por la operación de la inyectora 2. Controlar la presión del sistema 3. Controlar el caudal de aceite requerido en cada punto y momento del sistema hidráulico y la operación de la máquina

2.3.5 Funciones del sistema de control y potencia. El sistema de control consta básicamente de sensores y de un PLC, compuesto por una CPU y tarjetas de entrada y de salida. En la tabla 4, que se muestra a continuación se describen las funciones de estos componentes.

Tabla 4. Funciones de los elementos principales del sistema de control y potencia

Elemento	Funciones
Motor eléctrico principal	1. Generar y transmitir la potencia requerida para la operación de la inyectora
Térmico y contactor	1. Permitir el arranque del motor, protegiéndolo de sobrecargas
PLC	1. Recibir señales de entrada de temperatura, posiciones y presión 2. Interpretar las señales de entrada 3. Generar señales de salida según una secuencia específica

## 2.4 CONCLUSIONES DEL CAPITULO 2

Cada uno de los componentes de la inyectora REED H29 contribuye al cumplimiento de la función principal de esta máquina que es manufacturar una pieza plástica con las formas y medidas deseadas realizando el proceso de inyección que se explica en el anexo A.

Los componentes de la unidad de inyección, la unidad de cierre; los sistemas hidráulico, de control y potencia, cumplen funciones importantes dentro de la operación de la inyectora permitiendo que la función principal de ésta se cumpla a cabalidad; es por ello que si falla alguno de estos componentes dicha función no se ejecutará con los requerimientos necesarios y deseados.

### 3. PROCESO DE ANALISIS DE FALLAS PARA LA INYECTORA H29

El proceso de análisis de fallas se ha clasificado en tres pasos en donde se analizan las formas de los fallos, las causas y efectos de éstas.

#### 3.1 OBJETIVO

Realizar un análisis de fallas a la inyectora elegida basado en la metodología descrita por RCM, identificando cuáles son los modos de fallo que afectan el cumplimiento de las expectativas encontradas en el objetivo 1.

#### 3.2 BREVE EXPLICACION DEL PROCESO DE ANALISIS DE FALLAS

El análisis de fallas para un activo se ha organizado en tres pasos incluidos en la metodología RCM y se parte del supuesto de que las funciones de los componentes del equipo están definidas, siendo este ítem la primera etapa del RCM.

El primer paso del análisis de fallas y el segundo en el proceso RCM es determinar los fallos funcionales que se definen como la incapacidad de un elemento o equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado. Un fallo funcional se puede presentar en dos formas, la primera es cuando el elemento no funciona y por tanto hay una pérdida total de la función; el segundo caso es cuando el componente funciona ineficazmente y hay una pérdida parcial de la función. Se recomienda que se registren todos los fallos funcionales asociados con cada función. (curso de formación en RCM)

La segunda etapa en el análisis de fallas es hallar los modos de falla que son los eventos causantes de un fallo funcional. No todos los modos de falla se recomiendan registrar, antes de hacerlo se deben considerar las posibilidades de ocurrencia de cada modo de falla y se enumeran aquellos que tengan una probabilidad razonable de producirse como lo son los fallos que se han producido anteriormente en el mismo equipo u en otro similar, o los fallos que son objeto del mantenimiento cíclico preventivo. Las mejores fuentes de información para determinar los modos de falla son: operarios y especialistas de la máquina, fabricante o vendedor del equipo, otros usuarios del activo y la hoja de vida técnica de la máquina. (curso de formación en RCM), (Moubray)

El cuarto paso del RCM y el tercero del análisis de fallas es definir lo que puede llegar a pasar en el caso de presentarse un modo de falla, esto se conoce como efecto de falla y cuando se describe se hace como si no se estuviera haciendo nada para impedir que el modo de falla ocurra y se deben describir las maneras como dicho modo de falla amenazan la seguridad, el medio ambiente y la producción. (@slideshare.net)

### 3.3 ANALISIS DE FALLAS PARA LA INYECTORA REED H29

El registro de las funciones operacionales, de los fallos funcionales, de los modos de fallo y de los efectos de falla, se recomienda hacerlo para cada componente analizado. Se recuerda que no todos los modos de falla posibles se registran, sólo se analizan los que tienen mayor posibilidad de ocurrencia, para ello se consulta el historial técnico de la máquina en el AM y se entrevista al personal técnico de mantenimiento.

En las tablas que se muestran a continuación, cuando en los efectos de falla se indica tiempo, éste hace referencia solamente al tiempo de reparación, partiendo del supuesto que el repuesto requerido se encuentra en el almacén.

Tabla 5. Hoja de trabajo de información RCM para la tolva

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: tolva				
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla	
1	Almacenar materia prima	A	No almacena materia prima	1	No hay succión porque la bomba de vacío está apagada	Sin vacío no hay suministro ni transporte de material, por lo tanto no es posible producir artículo alguno. Se prende la bomba y se revisa su funcionamiento en un tiempo máximo de 15 minutos
				2	No hay succión porque hay fuga de vacío	Sin vacío no hay transporte de material. Se procede a verificar si la fuga está en la bomba o en una manguera para su respectiva corrección
				3	No hay succión porque la manguera está obstruida	Se afecta la producción de artículos porque no hay materia prima. Se limpia el filtro de la manguera por soplado, lo cual hace que se dispersen pelusas en el aire
				4	Sensor de nivel máximo se queda prendido	El sensor prendido indica que no es necesario el suministro de materia prima por lo que la tolva se vacía completamente. Se repara el sensor en un tiempo máximo de 20 minutos
		B	Almacena menos materia prima de su capacidad máxima	1	Sensor de nivel mínimo no da señal	Se vacía la tolva y no hay transporte de material. Se cambia o repara el sensor según su estado.

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: tolva	
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla
2 Alimentar de materia prima la unidad de inyección con una baja presión	A No alimenta unidad de inyección  B Alimenta deficientemente la unidad de inyección	2 Cara del sensor de nivel sucia	El sensor indica que hay material sin ser así, por lo tanto la tolva se vacía y se interrumpe el suministro de material a la unidad de inyección. Se limpia el sensor de pelusas en un tiempo máximo de 15 minutos
		1 Tal como 1A1, 1A2, 1A3, 1A4, 1B1 y 1B2	Tal como 1A1, 1A2, 1A3, 1A4, 1B1 y 1B2
		1 Granulometría del material no es la apropiada	Puede ocurrir que los gránulos del material sean muy gruesos o muy delgados (mucha dispersión granulométrica), afectando la correcta alimentación de la unidad de inyección y por lo tanto la producción de un artículo de calidad. Para corregir dicha falla es necesario cambiar de material
		2 Imán de la tolva taponado	Impide que haya una correcta alimentación de materia prima, alargando el tiempo de dosificación de material y por ende el del ciclo. El imán se debe limpiar
		3 Compuerta se queda atrancada	Para evitar retardos en el ciclo de inyección se procede a reorganizar compuerta para que no se quede atrancada

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: tolva				
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla			
3	Interrumpir flujo de materia prima cuando sea requerido	C	Alimenta la unidad de inyección sin baja presión	1	No hay suministro de material	Tal como 1A1, 1A2, 1A3, 1A4, 1B1 y 1B2
		A	No interrumpe flujo de materia prima	1	Igual que 2C1	Igual que 2C1
4	Dosificar la cantidad de pigmento que se le debe agregar a determinada masa de materia prima	A	No dosifica pigmento	1	Motor pigmentador recalentado	El artículo queda sin el color deseado. Se procede a organizar cableado y posibles cortos, se cambian fusibles quemados
				2	Térmico del motor pigmentador disparado	Artículo manufacturado sin el color deseado. Se revisa si hay cortocircuito y se corrige
				3	Fusibles del motor pigmentador quemados	Producto sale sin color. Se procede a cambiar fusibles quemados y a corregir el posible cortocircuito
				4	Pin del acople motor-tarro reventado	Producto sale sin color. Se cambia pin reventado

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: tolva	
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla
5 Mezclar materia prima con el pigmento	B Dosifica una cantidad de pigmento diferente a la requerida	5 Giro del motor pigmentador invertido	Si no hay dosificación del pigmento, el artículo se moldea sin el color deseado. Se cambia el sentido de giro del motor
		6 Broches que unen tarro con motor sueltos	Se aseguran los broches para permitir la pigmentación
	1 Sensor de conteo de cámaras quebrado	Si se dosifica más o menos pigmento, el artículo sale con un color diferente al especificado. Se procede a bajar motor para cambiar el disco del sensor, acción que puede demorar de 1 - 1:30 horas	
	A No mezcla materia prima con el pigmento	1 Motor mezclador con fallas mencionadas en 4A1, 4A2, 4A3 y 4A4	Si no se mezcla el pigmento con la materia prima no se da una correcta homogenización y por lo tanto el artículo puede salir defectuoso. Se procede tal como se indicó en 4A1, 4A2, 4A3 y 4A4
		2 Aspa del motor suelta o reventada	Se asegura o cambia la cuña del aspa, o se cambia aspa para que el motor mezclador funcione y se pueda dar una adecuada mezcla de materia prima y pigmento

SISTEMA: unidad de inyección			COMPONENTE: tolva			
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de la falla
6	Prevenir la contaminación de la materia prima	A	Polvo en la materia prima	1	Tolva sin tapa	El artículo se moldea con puntos negros. Es necesario mantener la tolva tapada
7	Separar metales magnéticos	A	No separa metales magnéticos	1	Imán perdió fuerza magnética	Si material magnético entra a la unidad de inyección se rayan el husillo, el barril y boquilla, afectando el desempeño de éstos componentes. Se debe cambiar el imán

Tabla 6. Hoja de trabajo de información RCM para el husillo

SISTEMA: unidad de inyección			COMPONENTE: husillo			
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de la falla
1	Transportar materia prima proveniente de la tolva	A	No transporta material	1	Material empastado en ducto de alimentación	Se interrumpe el ciclo de inyección hasta que se solucione el problema que puede ser por diversas causas: llaves de agua refrigerante cerradas, limpieza del horno; boquilla de la máquina o del molde obstruida porque está fría o taponada por contaminantes; error humano al operar la máquina. Desempastar el ducto de alimentación puede llevar 1-1:30 horas y pone en riesgo al técnico de quemarse

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: husillo	
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla
		2 Husillo no gira por falla en el motor hidráulico (ver tabla 19)	El modo de falla del motor hidráulico determina el tiempo de paro de la máquina. Si el husillo no gira, no hay alimentación ni transporte de materia prima, tampoco ésta se calienta. Ver tabla 19
		3 Husillo embotado	Se sube la temperatura de las resistencias para lograr fundir material en los filetes que impide el giro del husillo.
		4 Horno frío	La máquina se para. El horno puede estar frío por error en la programación o porque las resistencias no están calentando, fallas que se analizan más adelante
	B Transporta materia prima ineficazmente	1 Husillo desgastado	El husillo se tiene que desmontar para cambiarlo o para que se le haga una reparación que consiste en reconstruirle su filete externo hasta que recupere el diámetro original. Esta reparación es necesaria porque así se evita una carga lenta del material, lo cual retarda el ciclo
		2 Altas o bajas temperaturas en el horno	Se retarda el ciclo y la calidad del producto. Es necesario evaluar qué ocurre en las resistencias del horno (ver tabla 10)

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: husillo			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla		
2	Fundir la mezcla polímero, pigmentos y aditivos hasta que tenga determinadas propiedades reológicas y térmicas	A	No funde la mezcla	1 Husillo no está girando. Tal como 1A1, 1A2, 1A3 y 1A4	Igual que 1A1, 1A2, 1A3 y 1A4
		B	Funde la mezcla sin las propiedades reológicas y térmicas requeridas	1 Husillo desgastado	El husillo se tiene que desmontar para cambiarlo o para que se le haga una reparación que consiste en reconstruirle su filete externo hasta que recupere el diámetro original, esta reparación puede llevar 2 semanas y es necesaria porque así se evita una carga lenta del material, lo cual retarda el ciclo
			2 Husillo gira a menor velocidad de la requerida (bajas RPM)	La baja velocidad rotacional se debe a falla en el motor hidráulico o en las bombas (ver tablas 18 y 19) A unas RPM menores, hay menos fricción entre el barril y husillo, lo cual retarda la plastificación de la materia prima y esto a su vez alarga el tiempo del ciclo de inyección. Adicionalmente, no se da una buena plastificación por lo que el material no queda con las propiedades deseadas para el moldeo, afectando la calidad del producto	

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: husillo			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla		
3	Homogenizar material mediante la generación de la adecuada mezcla dispersiva y distributiva de sus componentes	A	No homogeniza material	1 Husillo no está girando por las razones expuestas en 1A1, 1A2, 1A3 y 1A4	Tal como 1A1, 1A2, 1A3 y 1A4
		B	Material homogenizado sin la adecuada mezcla dispersiva y distributiva de sus componentes	1 Igual que 2B1, 2B2, 2B3 y 2B4	Igual que 2B1, 2B2, 2B3 y 2B4
4	Inyectar la masa plástica en el molde	A	No inyecta masa plástica	1 Material empastado	Se interrumpe el ciclo de inyección puesto que con el material empastado no hay material disponible para la inyección. Remitirse a 1A1
			2 Horno frío	Como 1A4	
		B	Inyecta deficientemente la masa plástica	1 Fugas de aceite internas en cilindro de inyección	La causa de las fugas se analizan en la tabla 20. Cuando hay fugas, la presión y la velocidad de inyección son menores a las requeridas, afectando el ciclo y por ende la producción
			2 Boquilla o válvula cheque con problemas	En las tablas 8 y 9 se analizan los posibles problemas que pueden tener la boquilla y válvula cheque que impiden una correcta inyección de la masa plástica	

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: husillo			
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
5	Construir presión	A	No construye la presión requerida	1 Cilindro de inyección con fuga	La presión hidráulica disminuye perjudicando el correcto llenado del molde, lo cual conlleva a que el artículo se moldee defectuosamente. Ver tabla 20
				2 Bombas no entregan presión ni caudal suficientes	Consecuencias iguales a las mencionadas en 5A1. Ver tabla 18
				3 Fuga interna o externa de material	Las consecuencias se mencionan en 1A5. La fuga se presenta generalmente porque el tren de inyección está descentrado, por lo tanto hay que centrarlo nuevamente, o porque hay problemas en la válvula cheque y el material se devuelve (fuga internamente)

Tabla 7. Hoja de trabajo de información RCM para el barril

SISTEMA: unidad de inyección			COMPONENTE: barril				
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de la falla	
1	Contribuir a la fusión del material mediante la generación de fricción y la conducción de calor entregado por las resistencias eléctricas	A	Fusión del material insuficiente	1	Barril desgastado	La holgura máxima permitida entre el barril y husillo se excede y no se genera la fricción mínima requerida. El barril se debe reparar o cambiar. Se afecta negativamente el proceso de inyección puesto que la materia prima no se funde y homogeniza bien, además el plástico fundido puede devolverse haciendo que el materia se empaste en la zona de alimentación	
				2	Resistencias del horno no están entregando calor	Sin suficiente calor la mezcla no se funde bien y el material queda sin las propiedades térmicas deseadas para el moldeo de un producto de calidad. Ver tabla 10	
2	Soportar presión	A	No soporta presión	1	Barril con fisura	El barril no es capaz de resistir las presiones que en éste se da y se revienta, con el barril reventado no es posible continuar con el proceso de inyección. Es necesario reparar o cambiar el barril	
3	Evitar pérdidas del flujo plástico	A	Hay pérdidas del flujo plástico	1	Cabezote mal apretado	No se afecta la operación de la máquina, es necesario apretar el cabezote	
4	Enfriar material en el ducto de alimentación	A	No enfría material	1	No hay suministro de agua	El plástico se funde prematuramente por la fricción y se puede empastar la unidad de inyección. El husillo gira en el mismo sitio sin que se genere desplazamiento axial o carga. Se revisa el suministro y llaves de agua fría	

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: barril	
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla
	B Enfría deficientemente el material	1 Manguera de agua fría obstruida	Ocurre fusión prematura del plástico, lo cual afecta el ciclo de inyección y la calidad del producto. Se procede a revisar manguera u obstrucción y a limpiarla
		2 Suministro deficiente de agua fría	Se revisa el suministro y estado de las llaves de agua fría. Puede haber problemas en el sistema de la torre de enfriamiento

Tabla 8. Hoja de trabajo de información RCM para la válvula cheque

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: válvula cheque	
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla
1 Garantizar el sellado en la punta del husillo durante la inyección de tal forma que se dispare la misma cantidad de masa en cada ciclo	A No sella bien en la punta del husillo	1 Superficies de selle de la válvula desgastadas	Según el desgaste se cambia la válvula o se rectifica la superficie. Desmontar la válvula y montar una nueva demora 3 horas aproximadamente, si se rectifica, el arreglo puede llevar 5 horas. Sin válvula cheque, la máquina no puede operar
		2 Anillo partido	No es posible inyectar material, por lo que es necesario cambiar el anillo
		3 Inserto reventado	Este daño no permite el paso del material al molde, por lo tanto, no se moldea artículo alguno. El inserto se tiene que cambiar

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: válvula cheque			
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
2	Permitir el paso de material fundido a la cámara delantera del husillo garantizando la repetitividad de lo inyectado	A	Paso irregular de material a la cámara delantera del husillo	1 Torpedo desgastado	La cantidad de material inyectado en cada ciclo es diferente, lo cual afecta la calidad de los productos terminados. El torpedo se debe rectificar o si está muy desgastado se cambia

Tabla 9. Hoja de trabajo de información RCM para la boquilla

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: boquilla			
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
1	Generar un canal de flujo entre la unidad de inyección y los canales de llenado del molde	A	No hay flujo de material entre la unidad de inyección y los canales de llenado del molde	1 Boquilla obstruida	Es necesario bajar boquilla y limpiarla, de lo contrario, no se inyecta material al molde y por lo tanto no hay producto
				2 Filtro de moneda obstruido	Es necesario bajar y limpiar el filtro, para garantizar el paso de masa plástica al molde y así poder continuar con el ciclo de inyección
		B	Flujo de material disminuido entre la unidad de inyección y los canales de llenado del molde	1 Resistencias de la boquilla quemadas	El material se inyecta con una temperatura baja, lo cual hace que el materia no fluya bien y por consiguiente el artículo puede salir defectuoso. Es necesario cambiar las resistencias de la boquilla y revisar conexiones eléctricas para corregir cortos

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: boquilla		
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla	
2	A	2	Tren de inyección descentrado	Se produce fuga de material que puede quemar al operario, el producto no llena completo. Se estima que para corregir esta falla se puede llevar de 30 min a 1 hora.
		3	Tip inadecuado	Hay fuga de material. Es necesario cambiar el tip por una apropiado
		4	Boquilla suelta	Se presenta fuga de material. Hay que asegurar bien la boquilla
2	A	1	Falla en las resistencias	Ver tabla 10
3	A	1	Material empleado no es el apropiado para la boquilla	Se acelera el desgaste de la boquilla. Esto conllevaría a un debilitamiento de las paredes y a su consecuente fallo prematuro. Es necesario cambiar de material
		2	Acero o tratamiento térmico de fabricación mal seleccionado	No soporta los esfuerzos de asiento y falla. Se debe cambiar la boquilla por una con el acero adecuado
		3	Boquilla descentrada	La áreas que soportan la fuerza se reducen, los esfuerzos se incrementan y el acero falla. Hay que cambiar la boquilla y centrarla

Tabla 10. Hoja de trabajo de información RCM para las resistencias eléctricas

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: resistencias eléctricas	
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla
1 Generar calor convirtiendo la energía eléctrica en energía térmica para contribuir por conducción a través del barril a fundir y garantizar la uniformidad de lo fundido	A No se genera suficiente calor	1 Fusibles quemados por cortocircuito	Los fusibles quemados no permiten el paso de corriente a las resistencias evitando que prendan. Esta deficiencia de calor retarda la fusión o genera un fundido de mala calidad con lo que se retarda el ciclo y se afecta la calidad de la pieza. Cambiar fusibles toma 15 min
		2 Cables quemados o reventados	Cuando alguna resistencia no prende, la fundición y homogenización del material se retarda, haciendo que el ciclo se alargue. Se procede a organizar bien el cableado en un tiempo máximo de 30 minutos
		3 Cortocircuito en cables que alimentan las resistencias por malas conexiones	Se alarga el ciclo de inyección porque se toma más tiempo del programado la homogenización y fundición del material. Se revisa el cableado, algunas veces hay cables sueltos y otras veces están trocados, se organiza el cableado en un tiempo máximo de 20 minutos
		4 Termocuplas de las resistencias descalibradas	Se calibran las termocuplas, se revisa los cables y sus conexiones, se cambian fusibles si es necesario. Cuando las termocuplas están descalibradas, las resistencias entregan una calor inferior o superior al requerido en el ciclo, lo cual alarga el tiempo de producción

SISTEMA: unidad de inyección		COMPONENTE: resistencias eléctricas			
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
				5 Relé de estado sólido quemado	No hay paso de corriente a las resistencias por lo tanto éstas no pueden generar calor y es necesario cambiar el relé, igual que 1A1

Tabla 11. Hoja de trabajo de información RCM para las placas fija y móvil

SISTEMA: unidad de cierre		COMPONENTE: placas fija y móvil			
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
1	Transmitir y distribuir uniformemente la fuerza de cierre al molde	A	No transmite ni distribuye la fuerza de cierre uniformemente	1 Zapatas que sostienen la placa están descalibradas	No se garantiza la mínima deflección del molde durante el cierre, no hay un buen ajuste entre la parte fija y móvil del molde, lo cual puede repercutir en un producto de menor calidad a la deseada. Se calibran la zapatas en un tiempo promedio de 30 minutos
				2 Desgaste del buje de la biela	Iguals consecuencias que 1A1. Se cambia buje
				3 Barras de tonelaje descalibradas	Las mismas consecuencias de 1A1. Se procede a calibrar barras
2	Sostener el molde	A	No hay una buena sujeción del molde con la placa	1 Roscas de sujeción del molde desgastadas	El molde no queda bien amarrado a la placa y se puede caer. Es necesario parar la máquina para reparar las roscas, paro que dura mínimo 4 horas

Tabla 12. Hoja de trabajo de información RCM para el mecanismo de ajuste

SISTEMA: unidad de cierre		COMPONENTE: mecanismo de ajuste	
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla
1 Dar movimiento lineal a la placa posterior	A No da movimiento lineal a la placa posterior	1 Tuercas de ajuste con grano o rayadas	La placa móvil se queda bloqueada y no es posible continuar con el ciclo de inyección. Se procede a bajar tuercas para rectificarlas y limpiarlas
		2 Cadena reventada	Las placas posterior y móvil se quedan bloqueadas, por lo que no es posible el ajuste del molde durante el cierre de éste, impidiendo que continúe el ciclo de inyección. Se cambian eslabones de la cadena reventados y se revisa la tensión de la cadena
		3 Falla en motor hidráulico de cadena	No es posible continuar con el ciclo hasta que se solucionen el problema del motor. Ver tabla 19
		4 Cadena suelta	Las tuercas de ajuste se pegan, bloqueando las placas posterior y móvil, lo cual impide que haya un buen ajuste en el molde. Se procede a organizar tensión de la cadena
2 Transmitir la fuerza de cierre	A No transmite fuerza de cierre	1 Cilindros de cierre no generan fuerza de cierre	Ver tabla 20. Al no generarse fuerza de cierre, no es posible el llenado del artículo
	B No hay una buena transmisión de la fuerza de cierre	1 Buje de la biela desgastado	No se da un buen ajuste del molde lo cual repercute en la calidad del producto. Se cambia buje

Tabla 13. Hoja de trabajo de información RCM para el mecanismo de expulsión

SISTEMA: unidad de cierre		COMPONENTE: mecanismo de expulsión			
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
1	Expulsar el artículo de la cavidad del molde	A	El artículo no se expulsa	<p>1 Cilindro de expulsión malo</p> <p>2 Baja presión hidráulica en el mecanismo</p> <p>3 Sensor que detecta el artículo mal conectado</p>	<p>Ver tabla 20. La máquina se queda bloqueada hasta que el artículo se expulsa del molde.</p> <p>La máquina se queda bloqueada. Es necesario revisar la causa de la baja presión, generalmente es por fuga de aceite en el sistema la cual se corrige cambiando las partes malas</p> <p>Se reorganiza el cableado del sensor para que éste puede detectar el artículo que debe expulsar, de no ser así, la botación se bloquea porque no detecta el artículo que debe expulsar, interrumpiendo el ciclo</p>

Tabla 14. Hoja de trabajo de información RCM para el mecanismo de cierre

SISTEMA: unidad de cierre		COMPONENTE: mecanismo de cierre		
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla	
1	Multiplicar la fuerza generada por los cilindros de cierre	A	No multiplica la fuerza de cierre	<p>1 Pasador reventado</p> <p>La máquina no puede seguir operando puesto que un pasador partido en el mecanismo de cierre implica que el sistema no puede multiplicar ni transmitir la fuerza de cierre, tampoco mover la placa móvil para el ajuste. Se cambia el pasador en un tiempo de 3-4 horas</p>
		B	No hay una correcta multiplicación de la fuerza de cierre	<p>2 Buje de biela desgastado</p> <p>No es posible transmitir ni multiplicar la fuerza de cierre por lo tanto no se puede llenar el molde, lo cual conlleva a que pare el ciclo. Hay que cambiar el buje</p> <p>1 Barras de tonelaje descalibradas</p> <p>Se debe tomar medidas del tonelaje de barras para saber la presión de cierre que cada una de ellas está ejerciendo y poderlas calibrar. La presión en las barras y en el molde no se distribuye bien, lo que conlleva a que el artículo no se llene correctamente durante el moldeo, posible pandeo de las placas y daño del molde</p>
2	Transmitir la fuerza de cierre a la placa móvil	A	No transmite fuerza de cierre	1 Tal como 1A1 y 1A2 Igual que 1A1 y 1A2
		B	No transmite la fuerza de cierre correctamente	1 Como 1B1 Lo mismo de 1B1

SISTEMA: unidad de cierre		COMPONENTE: mecanismo de cierre			
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
3	Generar movimientos de apertura y cierre de molde	A	Placa móvil bloqueada	1 Potenciómetro de prensa mal conectado	Se organiza conexión del potenciómetro. Si la prensa no se mueve, el ciclo queda interrumpido y no se puede continuar con la producción pues no se puede garantizar el cierre para el moldeo del producto o la apertura para la expulsión del artículo
		B	Apertura y cierre de la placa móvil lenta	1 Problema en microsuiches de apertura 2 Llave hidráulica cerrada	La leva del microsuiche puede estar reventada o descalibrada, se reorganizan cables. No hay tiempo de paro, pero si se retarda el ciclo  Máquina no se tiene que parar, sólo se abre la llave para permitir un mayor flujo de aceite y así se dan las presiones necesarias en el sistema hidráulico para controlar el movimiento de la prensa

Tabla 15. Hoja de trabajo de información RCM para las zapatas

SISTEMA: unidad de cierre		COMPONENTE: zapatas			
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
1	Nivelar placas posterior y móvil	A	Placas posterior y móvil desniveladas	1 Zapatas descalibradas	Las zapatas no soportan el peso de las placas, haciendo que sobre las columnas recaiga el peso de las placas, acelerando el desgaste de las columnas. Es necesario organizar el apriete de los tornillos de nivelación

SISTEMA: unidad de cierre		COMPONENTE: zapatas	
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla
2 Servir como elemento de deslizamiento para la placa móvil	A Placa móvil se atranca cuando rueda	2 Platina de rodadura desgastada	Se da un roce entre la bancada y la parte metálica de la zapata, lo cual genera desgaste de ambas piezas, es necesario cambiar la platina para que no recaiga todo el peso de las placas sobre las columnas
		3 Roscas de los tornillos de nivelación desgastadas	Las zapatas se descalibran, repitiéndose lo dicho en 1A1. Los bujes de bronce de la placa móvil se desgastan. La placa móvil desnivelada puede ocasionar sobreesfuerzos de cierre en el molde. Se procede a rectificar las rocas o a cambiarlas, según su desgaste
3 Soportar placas posterior y móvil	A No soporta placas posterior y móvil	1 Falta de lubricación de la zapata	El roce entre la bancada y zapata por falta de lubricación hace que la platina de rodadura de la zapata se desgaste más rápidamente. Se procede a limpiar la zapata y a lubricarla. Si es necesario se cambia la platina de rodadura
		2 Igual que 1A2	Tal como 1A2
		1 Como 1A1	Lo mismo que 1A1
		2 Zapatas sueltas	Es necesario reorganizar la zapata o si se justifica, cambiarla, de lo contrario no soportará correctamente a las placas y se repite las consecuencias de 1A1

Tabla 16. Hoja de trabajo de información RCM para la bancada

SISTEMA: unidad de cierre			COMPONENTE: bancada				
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de la falla	
1	Soportar unidad de cierre	A	No soporta unidad de cierre	1	Flejes de la bancada no están bien asegurados	Se tiene que asegurar el fleje para que haya una correcta distribución de fuerzas en la bancada	

Tabla 17. Hoja de trabajo de información RCM para las columnas y tuercas

SISTEMA: unidad de cierre			COMPONENTE: columnas y tuercas				
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de la falla	
1	Guiar el movimiento lineal de la placa móvil	A	Placa móvil no se mueve linealmente	1	Columnas pandeadas	No hay paralelismo entre las placas fija y móvil, lo cual afecta el moldeo de un producto de calidad. Se bajan columnas se mandan a reparar y se vuelven a montar	
				2	Desgaste en las columnas	No se puede garantizar paralelismo entre placas, por lo tanto el artículo no queda bien moldeado. Se deben girar las columnas	
2	Absorber los esfuerzos generados durante el cierre y la inyección	A	No absorbe correctamente los esfuerzos	1	Tuercas sueltas	Se tienen que apretar las tuercas, de no ser así, no se puede garantizar un buen ajuste entre las placas y se pueden producir artículos defectuosos	
				2	Zapatas desgastadas	Ver tabla 15	

Tabla 18. Hoja de trabajo de información RCM para las bombas hidráulicas

SISTEMA: sistema hidráulico		COMPONENTE: bombas hidráulicas	
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla
1 Entregar caudal de aceite con presión a los actuadores hidráulicos del sistema	A No genera flujo de aceite	1 Eje bomba de carga reventado	El eje reventado no transmite la potencia del motor eléctrico a las bombas por lo que el motor hidráulico no puede darle RPM al husillo para la alimentación de la unidad de inyección, sin materia prima, no es posible moldear artículo alguno. Se tiene que cambiar el eje y según el caso, también los rodamientos
		2 Acople de motor eléctrico - bombas reventado	El acople reventado no permite transmitir la potencia del motor hidráulico a las bombas, las consecuencias son las mismas de 1A2. Es necesario cambiar el acople
	B Entrega un flujo de aceite menor al requerido	1 Tornillo y pista reventados	Se genera ruido en las bombas y como no entregan suficiente caudal, no se genera la suficiente presión de inyección que requiere el proceso para el moldeo del producto, por lo tanto el artículo no llena bien o sale con rebabas. Se cambian las piezas reventadas
		2 Empaques de las bombas desgastados	Los empaques desgastados hacen que haya fuga de aceite en las bombas, lo cual reduce el caudal y presión del sistema, repitiéndose las consecuencias de 1B1. Se cambian los empaques

SISTEMA: sistema hidráulico		COMPONENTE: bombas hidráulicas	
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla
		3 Tapas reventadas o desgastadas	Consecuencias tal como 1B1. Hay que cambiar las tapas
		4 Paleta del conjunto rotativo reventada	Se reduce la presión hidráulica y se presenta cavitación, repitiéndose lo dicho en 1B1. Es necesario cambiar el conjunto rotativo

Tabla 19. Hoja de trabajo de información RCM para los motores hidráulicos

SISTEMA: sistema hidráulico		COMPONENTE: motores hidráulicos	
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla
1 Transformar la energía entregada por las bombas en giro del husillo a determinada velocidad	A No transforma energía de las bombas en giro	1 Acople motor hidráulico - husillo reventado	Con el acople reventado, el motor hidráulico no puede entregarle movimiento rotacional al husillo, haciendo que no haya carga de materia prima en la unidad de inyección y por consiguiente no hay producción. Se tiene que cambiar el acople
	B Genera unas RPM menores a las requeridas	1 Fuga interna de aceite	La fuga reduce el caudal y presión de aceite, reduciendo la potencia del motor para entregar los RPM. A menores RPM la duración del ciclo se alarga porque la plastificación del material se retarda y no se puede garantizar una buena plastificación lo que conlleva a moldeo de artículos defectuosos. Es necesario corregir fuga, por lo general basta con cambiar elementos de sellado que estén deteriorados

SISTEMA: sistema hidráulico		COMPONENTE: motores hidráulicos			
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
				2 Desgaste interno	Se pueden generar fugas de aceite. El ciclo de producción se alarga porque la fundición y homogenización del material se retarda cuando el husillo gira a menores RPM que las requeridas. Se debe bajar motor y cambiar o rectificar las piezas con desgaste
				3 Bombas no entregan caudal ni presión suficientes al motor	Tal como 1B1, 1B2, 1B3 y 1B4 de la tabla 18

Tabla 20. Hoja de trabajo de información RCM para los cilindros hidráulicos

SISTEMA: sistema hidráulico		COMPONENTE: cilindros hidráulicos			
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
1	Transmitir fuerza generando un movimiento lineal	A	No transmite fuerza ni genera movimiento	1 Vástago reventado	No se acciona el pistón y por lo tanto éste no puede transmitir fuerza, sin la cual no se puede dar: la inyección del material plastificado al molde (cilindro de inyección), ajuste del molde (cilindro de cierre) o expulsión del material (cilindro de expulsión). Es necesario cambiar el vástago, para ello hay que bajar el cilindro en falla, lo cual puede tardar 1 hora

SISTEMA: sistema hidráulico		COMPONENTE: cilindros hidráulicos	
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla
	B Transmite una fuerza menor que la necesaria	<p>2 Tornillos del cilindro reventados</p> <p>1 Tornillos del vástago y del cilindro sueltas</p> <p>2 Elementos de sellado deteriorados</p> <p>3 Vástago rayado</p>	<p>Por esta falla es necesario parar la máquina para poder extraer los tornillos reventados y cambiarlos, debido a que hay que bajar el cilindro, y sin cilindro no se puede continuar con el ciclo de inyección. Duración 1-2 horas</p> <p>El cilindro se descalibra por lo que no hay una correcta transmisión de fuerza, afectándose:  * La inyección del material (cilindro inyección)  * El ajuste del molde (cilindro de cierre)  * Expulsión del artículo (cilindro de expulsión)  Se procede a apretar tornillos y a calibrar cilindros</p> <p>Cuando no hay un buen sellado se presentan fugas internas que reducen el caudal y presión de aceite en el sistema, lo que conlleva a que no se pueda transmitir correctamente la fuerza requerida para la inyección del material, el ajuste del molde o la expulsión del artículo. Se procede a bajar el cilindro para cambiar los elementos de sellado que estén en mal estado</p> <p>Se presentan fugas internas de aceite, repitiéndose lo dicho en 1B2. Se debe bajar cilindro y cambiar vástago o rectificarlo para luego volver a montarlo y poder continuar con la producción</p>

Tabla 21. Hoja de trabajo de información RCM para los filtros de aceite

SISTEMA: sistema hidráulico			COMPONENTE: filtros de aceite				
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de la falla	
1	Limpiar el aceite según un estándar	A	No limpia el aceite	1	Filtros obstruidos o reventados	Aumenta la presión del sistema y la temperatura del aceite, afectando el desempeño de los actuadores hidráulicos, es necesario limpiar los filtros lo más pronto posible para evitar que se rompan, lo cual podría dañar los dispositivos hidráulicos	

Tabla 22. Hoja de trabajo de información RCM para las mangueras

SISTEMA: sistema hidráulico			COMPONENTE: mangueras				
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de la falla	
1	Transportar aceite	A	Transporta aceite de una manera ineficiente	1	Manguera rota	Se presenta fuga de aceite que reduce la presión y caudal de aceite que debe llegar a los actuadores hidráulicos lo cual afecta su desempeño. Es necesario cambiar la manguera	
				2	Empaques no sellan	Las mismas consecuencias de 1A1. Se deben cambiar los empaques que no estén sellando	
				3	Acople reventado	Se repiten las consecuencias mencionadas en 1A1. Se cambia el acople por uno bueno	
2	Soportar presión	A	No soporta presión	1	Tal como 1A1, 1A2 y 1A3	Igual que 1A1, 1A2 y 1A3	

Tabla 23. Hoja de trabajo de información RCM para el intercambiador de calor

SISTEMA: sistema hidráulico		COMPONENTE: intercambiador de calor				
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla	
1	Enfriar el aceite del sistema	A	No enfría el aceite del sistema	1	Tubo de aceite roto	Se mezclan el agua con el aceite generando una emulsión de baja viscosidad que a su vez genera recalentamiento de la máquina o daños por falta de lubricación en los elementos internos de bombas o válvulas, en consecuencia se debe parar la máquina. Se repara el tubo roto, se limpia intercambiador y se tanquea la inyectora con aceite no contaminado
				2	Tubo de agua obstruido	No hay circulación de agua en el intercambiador por lo que no es posible enfriar el aceite el cual se recalienta generando riesgos de recalentamiento en el sistema hidráulico por pérdida de viscosidad del aceite. Se altera la parametrización de la máquina y se para con el fin de evitar que los dispositivos hidráulicos se dañen. Se procede a desobstruir el tubo
				3	Flujo de agua fría deficiente	Iguals consecuencias en 1A3. Se procede a verificar que las llaves de aguas frías estén abiertas y que si haya suministro de aguas provenientes de la torre de enfriamiento

SISTEMA: sistema hidráulico		COMPONENTE: intercambiador de calor			
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
2	Inhibir corrosión	B	No enfría lo suficiente al aceite	1 Fuga de agua por manguera del intercambiador	Cuando la fuga de agua es considerable, no hay la cantidad de agua necesaria en el intercambiador para que se de una transferencia de calor que enfríe el aceite lo suficiente, por lo tanto el aceite caliente ocasiona que se baje la presión en el sistema hidráulico, afectando el desempeño de los actuadores
		A	No inhibe corrosión	1 Intercambiador no tiene plug  2 Plug del intercambiador desgastado	El agua no recibe esta adición de mecanismo de anticorrosión pudiéndose corroer y fallar las paredes del intercambiador que si se llegan a romper se emulsiona el aceite con las consecuencias enumeradas atrás en 1A1. Se debe poner plug  Es necesario cambiar el plug para evitar las consecuencias mencionadas en 2A1

Tabla 24. Hoja de trabajo de información RCM para el tanque de aceite

SISTEMA: sistema hidráulico			COMPONENTE: tanque		
Función		Falla funcional	Modo de falla		Efectos de la falla
1	Almacenar aceite manteniendo su nivel dentro de un rango determinado	A Almacena menor cantidad de aceite que el nivel mínimo permitido	1	Fugas de aceite en el sistema hidráulico	Se puede quedar el sistema sin aceite y recalentarse pero antes de ocurrir puede cavitarse y deteriorar las bombas con daños severos. Se le suministra aceite al tanque para garantizar un buen funcionamiento de los actuadores hidráulicos
2	Refrigerar el aceite del sistema permitiendo la entrada de aire filtrado	A No refrigera el aceite	1	Respiradero obstruido	Puede perderse el efecto de presión atmosférica. Se alteran las características de la succión y se pueden presentar fenómenos de cavitación con posible daño en bombas. Hay que limpiar respiradero
			2	Corrosión interna en las paredes del tanque	El sistema ha trabajado con aceite emulsionado y la evaporación del agua genera corrosión interna dificultando la transferencia de calor a través de las paredes. Esto ocasiona deterioro del aceite por contaminación, oxidación, depósito de aditivos con grave amenaza de daño para los componentes hidráulicos, especialmente las bombas y las válvulas

Tabla 25. Hoja de trabajo de información RCM para las válvulas hidráulicas

SISTEMA: sistema hidráulico		COMPONENTE: válvulas hidráulicas			
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
1	Direccionar el flujo de aceite requerido por la operación de la inyectora	A	No direcciona flujo de aceite en el sentido requerido	1	Válvula sucia No llegaría la cantidad de aceite requerida a los actuadores hidráulicos, por lo que el desempeño de éstos se afectaría, perjudicando el ciclo de inyección. Se debe bajar válvula, limpiarla y volverla a montar
				2	Componentes internos dañados Iguales efectos que 1A1. Se baja válvula y dependiendo del daño se cambia la válvula completa o el componente en falla
				3	Aceite hidráulico oxidado o contaminado Los elementos internos de la válvula (carretes, resortes, etc.) se atascan y obstaculizan la acción de direccionamiento ocasionando funcionamiento erróneo de la válvula generando así problemas de operación.
2	Controlar la presión del sistema	A	No controla la presión del sistema	1	Válvula sucia Si no se controla la presión del sistema, los dispositivos hidráulicos se podrían dañar, afectando la operación de la máquina. Se baja la válvula, se limpia y se vuelve a montar
				2	Componentes internos dañados Las mismas consecuencias de 2A1. Se procede a desinstalar la válvula, evaluar el daño corregirlo cambiando los componentes en falla o la válvula completa para volverla a montar

SISTEMA: sistema hidráulico		COMPONENTE: válvulas hidráulicas			
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
3	Controlar el caudal de aceite en cada punto y momento del sistema hidráulico y la operación de la máquina	A	No controla caudal de aceite	1 Válvula sucia 2 Componentes internos dañados 3 Aceite hidráulico oxidado o contaminado	Tal como 1A1  Igual que 1A2  Los mismos efectos mencionados en 1A3

Tabla 26. Hoja de trabajo de información RCM para el motor eléctrico principal

SISTEMA: sistema de control y potencia		COMPONENTE: motor eléctrico principal			
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
1	Generar y transmitir la potencia requerida para la operación de la inyectora	A	No genera ni transmite potencia a la inyectora	1 Cortocircuito en el motor  2 Térmico del motor disparado	No es posible que la máquina opere, es necesario cambiar fusibles quemados por el corto para permitir el paso de corriente eléctrica y así lograr que el motor funcione  Se interrumpe el paso de corriente hacia el motor, por tal motivo la máquina no puede prender. Se procede a cambiar cables, organizar conexiones y aislar con cinta

SISTEMA: sistema de control y potencia		COMPONENTE: motor eléctrico principal	
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla
	B No transmite eficientemente energía a la máquina	3 Bobinado del motor en corto	Se recalienta el motor y no puede generar potencia. Es necesario mandar cambiar el bobinado al motor, acción que demora como mínimo 3 días
		4 Variadores del motor recalentados	Se dejan apagados los variadores por 15 minutos para que bajen de temperatura y no sigan apagando el motor, permitiendo así que la máquina pueda seguir operando normalmente
		5 Contactores del motor aislados	Los contactores aislados son consecuencia del desgaste, se procede a cambiar contactores para permitir el paso de corriente eléctrica al motor y así éste pueda generar potencia
		1 Acople reventado	El acople no es capaz de transmitir toda la energía generada por el motor, por lo tanto las bombas no entregan suficientes caudal y presión para la carga e inyección de la materia prima, lo cual retarda el ciclo y produce artículos defectuosos
		2 Rodamientos pegados	Igual efecto descrito en 1B1. Se procede a cambiar rodamientos

Tabla 27. Hoja de trabajo de información RCM para el térmico y el contactor

SISTEMA: sistema de control y potencia		COMPONENTE: térmico y contactor					
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de la falla	
1	Permitir el arranque del motor, protegiéndolo de sobrecargas	A	Motor eléctrico no arranca	1	Térmico disparado	Se interrumpe el paso de corriente hacia el motor, por tal motivo la máquina no puede prender. Se procede a cambiar cables, organizar conexiones y aislar con cinta	
				2	Contactador desgastado	Se aísla el contactor y no permite que la máquina arranque. Se cambia contactor	

Tabla 28. Hoja de trabajo de información RCM para el PLC

SISTEMA: sistema de control y potencia		COMPONENTE: PLC					
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de la falla	
1	Recibir señales de entrada de temperatura, posiciones y presión	A	No recibe señal de entrada	1	Termocupla empastada	Es necesario cambiar la termocupla. Las resistencias a las que están conectadas se quedan prendidas por más tiempo o no prenden, haciendo que el material se recaliente o quede frío, afectando los tiempos del ciclo y la calidad del producto. Transcurrido un tiempo la máquina se para.	
				2	Termocupla golpeada	Igual que 1A1	
				3	Termocupla llegó al fin de su vida útil	Tal como 1A1	

SISTEMA: sistema de control y potencia		COMPONENTE: PLC				
Función		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla	
				4	Potenciómetro con desgaste interno	La máquina se para. Es necesario cambiar el potenciómetro
				5	Potenciómetro golpeado	Igual que 1A4
2	Interpretar las señales de entrada	A	Malinterpreta señales de entrada	1	Potenciómetro mal calibrado	Es posible que la máquina opere con etapas del ciclo retardadas, pero finalmente se para hasta que se calibre correctamente el potenciómetro
				1	Error de programación	Se afectan los tiempos, temperaturas y presiones del ciclo, dificultando la operación de la máquina, la cual finalmente se para. Se reinicia o reprograma el PLC
3	Generar señales de salida según una secuencia específica	A	No genera señal de salida	1	Relés quemados	No hay paso de corriente hacia alguna de las salidas del PLC y puede ocurrir alguna de las siguientes posibilidades: no se controla la presión de inyección, no se controlan las temperaturas de máquina, la prensa queda bloqueada, el artículo no se expulsa o no se mueve el tren de inyección. Hay que cambiar los relés quemados
				2	Error en tarjeta de salida	Se deben organizar los circuitos eléctricos de la tarjeta de salida, y dependiendo de cuál es la tarjeta con error, puede pasar algunas de las consecuencias mencionadas en 3A1

SISTEMA: sistema de control y potencia		COMPONENTE: PLC	
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de la falla
	B Genera una señal de salida errónea	3 Cables sueltos	Se debe reorganizar cableado de las salidas para evitar alguna de las consecuencias citadas en 3A1
		1 Temporizador descalibrado	Se alarga el tiempo del ciclo de inyección, se procede a organizar el temporizador
		2 Error en tarjeta de salida	Se deben organizar los circuitos eléctricos de la tarjeta de salida para que no se alargue el tiempo del ciclo y/o la calidad del producto

### 3.4 CONCLUSIONES DEL CAPITULO 3

Se ha encontrado que los modos de fallo con mayor posibilidad de ocurrencia en la inyectora H29 y que afectan el cumplimiento de las funciones enunciadas en el capítulo 2 son diversos, aunque la mayoría de estos se relacionan con cortocircuitos en los componentes eléctricos, fugas de aceite, problemas de calibraciones; y piezas reventadas, desgastadas, sucias o mal instaladas.

La complejidad de una inyectora que tiene sistema eléctrico, hidráulico, mecánico y electrónico hace que presente modos de fallo con diversos orígenes. Adicionalmente, el hecho de tener que controlar una multiplicidad de variables en el ciclo de inyección que varían según el producto a manufacturar, aumenta la posibilidad de ocurrencia de fallos que afectan en su mayoría, la calidad del producto y los tiempos en cada una de las etapas del ciclo de inyección.

## 4. TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA LA INYECTORA H29

Dependiendo de las consecuencias de los fallos, hay un mapa de decisión para determinar si se justifica hacer mantenimiento preventivo u otro tipo de acción, con el fin de evitar la ocurrencia de un modo de fallo.

### 4.1 OBJETIVO

Definir las acciones a realizar en la inyectora REED H29 según los resultados arrojados por el análisis de fallas de dicha máquina, basadas en las consecuencias y en las características técnicas de cada modo de fallo encontrado que afectan las expectativas del usuario.

### 4.2 TAREAS PROACTIVAS

La información presentada a continuación, sobre las tareas preventivas y predictivas fue tomada de *Reliability-centered Maintenance* (RCM) por John Moubray y de Curso de formación en RCM.

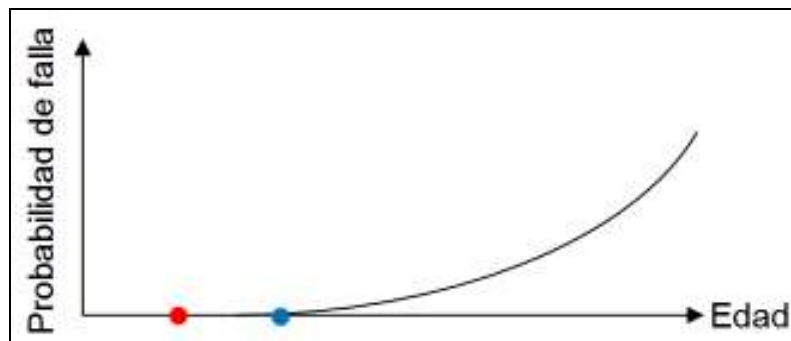
Las tareas proactivas son las que se ejecutan antes de que una falla ocurra y son propias del mantenimiento preventivo y del mantenimiento predictivo. Este tipo de tareas son técnicamente factibles si reducen las consecuencias asociadas con el modo de falla a un nivel aceptable para el usuario del activo.

Hay 2 categorías de tareas preventivas:

- tareas de restauración o de reacondicionamiento cíclicas
- tareas de sustitución cíclicas

Estos tipos de tareas, generalmente se realizan sobre elementos que tienen fallas relacionadas con el envejecimiento, es decir, que hay una relación directa entre la edad del componente y la posibilidad de falla. La frecuencia de realización de estas tareas depende de la edad en la cual el elemento aumenta la probabilidad de falla.

Figura 5. Fallas relacionadas con la edad



Moubray, John

En la figura 4, el punto rojo es llamado límite seguro de vida y el punto azul es la edad en la cual las fallas empiezan a ocurrir y es conocido como límite económico de vida. Para fallas con consecuencias para la seguridad y el medio ambiente, el punto rojo es el referente para determinar la frecuencia de las tareas, para los otros tipos de consecuencias, es el punto azul.

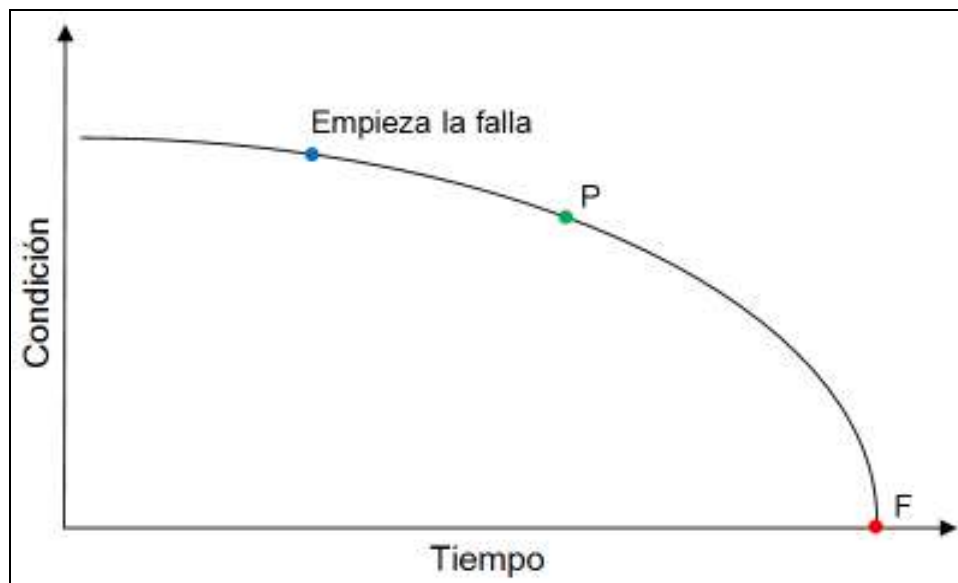
En las tareas de reacondicionamiento cíclicas, los componentes se revisan y se reparan en frecuencias establecidas independientemente de su estado en ese momento. Mientras que en las tareas de sustitución cíclicas, el equipo o algunos de sus componentes se reemplazan en frecuencias de tiempo establecidas, independientemente de su estado en ese momento.

Estas tareas son viables si:

- el elemento tiene una edad determinada en la cual las fallas empiezan a ocurrir
- se conoce cuál es la vida útil del elemento
- la mayoría de elementos sobreviven a esa vida útil
- la tarea restaura la capacidad inicial del componente
- el costo de realizar la tarea es viable económicamente

Las tareas predictivas también se conocen como acciones “a condición” y consisten en el chequeo de fallas potenciales para tomar acciones que prevengan fallas funcionales o prevengan las consecuencias de la falla funcional.

Figura 6. Estado de falla en el tiempo



Moubray, John

El punto P de la figura 5 representa una falla potencial y el punto F es estado falla funcional. El tiempo que hay entre los puntos P y F se conoce como intervalo P-F.

Las tareas “a condición” se deben realizar en un periodo de tiempo menor al intervalo P-F.

Las tareas predictivas son viables si:

- es posible detectar una clara falla potencial
- el intervalo P-F es consistente
- es práctico monitorear el elemento en intervalos menores de tiempo al intervalo P-F
- el intervalo P-F es lo suficientemente largo para alcanzar a tomar acciones antes de que ocurra la falla potencial
- no se recomienda para funciones ocultas
- el costo de realizar la tarea es viable económicamente

En algunos casos, en especial para fallas con consecuencias para la seguridad y el medio ambiente, es posible que se haga una combinación de tareas de diferente categoría, con el fin de evitar la ocurrencia de la falla.

El orden que se recomienda para seleccionar las tareas proactivas por categoría es el siguiente:

- A. tareas “a condición”
- B. tareas de reacondicionamiento cíclico
- C. tareas de sustitución cíclica

#### 4.3 TAREAS “A FALTA DE”

La información que se muestra a continuación sobre las tareas “a falta de” fue tomada de *Reliability Centered Maintenance* (RCM) por John Moubray y de Curso de formación en RCM.

Son acciones que se toman sobre el activo cuando no se encuentran tareas proactivas viables para evitar una falla.

Las tareas “a falta de” más comunes son:

- tareas de búsqueda de fallas
- mantenimiento no programado
- rediseño

Las tareas de búsqueda de fallas sólo aplican cuando las consecuencias de un modo de falla son ocultas, las cuales sólo se presentan en los dispositivos de seguridad que protegen a otro elemento evitando que éste falle. Dichas tareas se encargan de chequear el componente protector en intervalos regulares de tiempo para ver si ha fallado, de ser así, se cambia o arregla con el fin de que el elemento protegido no falle y no ocurra una falla múltiple. Este tipo de acciones son viables si:

- es posible realizar la tarea, puesto que en unos casos, la función no se puede chequear físicamente o la tarea causa la falla
- la tarea no aumenta el riesgo de falla múltiple
- es práctico realizar la tarea en un intervalo definido de tiempo

El mantenimiento no programado consiste en no realizar mantenimiento preventivo ni predictivo, dejando que la falla ocurra, esta opción sólo es válida si:

- no se encuentra una tarea programada viable para una función oculta y la falla múltiple asociada a ésta no tiene consecuencias para la seguridad y el medio ambiente.
- no se encuentra una tarea proactiva viable técnica y económicamente para fallas con consecuencias operacionales y no operacionales

El rediseño se refiere a un cambio en cualquier especificación del elemento, como por ejemplo, cambio de: lista de piezas, ubicación, máquina, prestación deseada,

entre otros. También dentro del rediseño se puede considerar el entrenamiento del personal. Usualmente es costoso y es por ello que es la última opción que se debe considerar.

Los chequeos de ronda complementan las tareas de mantenimiento, pero no las sustituye. Estos chequeos consisten en observar en un periodo de tiempo determinado el funcionamiento de la máquina y su entorno con el fin de:

- detectar daños accidentales
- detectar problemas de ignorancia o de negligencia del personal

#### 4.4 TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA LA INYECTORA H29

Teniendo en cuenta los tipos de tareas de mantenimiento, las consecuencias de cada modo de fallo y los diagramas de decisión del anexo B, se determinaron las acciones a realizar sobre la inyectora H29.

En las tablas que se ilustran a continuación:

- C: consecuencia de falla
- O: consecuencia de falla oculta
- S: consecuencia para la seguridad
- M: consecuencia para el medio ambiente
- P: consecuencia operacional
- N: consecuencia no operacional
- N/A: no aplica
- mtto: mantenimiento
- El intervalo de tiempo que se indica es un intervalo inicial de prueba, dependiendo de los resultados que se obtengan, este intervalo se puede conservar, aumentar o disminuir, según el criterio de mantenimiento.

Tabla 29. Hoja de decisión para la tolva

SISTEMA: unidad de inyección			COMPONENTE: tolva			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	bomba de vacío apagada	P	“a condición” cíclica	verificar que la bomba de vacío esté prendida	diario	mantenimiento
1A2	fuga de vacío	P	“a condición” cíclica	verificar si hay fugas de aire en el sistema de vacío	semanal	mantenimiento
1A3	manguera de vacío obstruida	P	reacondicionamiento cíclico	limpiar la manguera de vacío por soplado o aspirándola	cada 3 días	mantenimiento
1A4	sensor de nivel máximo se queda prendido	P	reacondicionamiento cíclico	limpiar sensor de nivel máximo	semanal	mantenimiento
1B1	sensor de nivel mínimo no da señal	P	reacondicionamiento cíclico	limpiar sensor de nivel mínimo	semanal	mantenimiento
1B2	cara del sensor de nivel sucia	P	reacondicionamiento cíclico	limpiar sensor de nivel	semanal	mantenimiento
2B1	granulometría del material no es la apropiada	P	rediseño	adicionarle al sistema de alimentación de material de la planta una zaranda y capacitar al personal de materia prima y producción para que ponga a trabajar la máquina con el material adecuado	N/A	mantenimiento
2B2	imán de la tolva taponado	P	reacondicionamiento cíclico	limpiar imán de la tolva	cada que haya montaje de molde	materia prima
2B3	compuerta se queda atrancada	P	no hacer mto. proactivo	dejar que la falla ocurra	N/A	mantenimiento

SISTEMA: unidad de inyección			COMPONENTE: tolva			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
4A1	motor pigmentador recalentado	P	reacondicionamiento cíclico	revisión de conexiones eléctricas y del estado de los componentes del motor	mensual	mantenimiento
4A2	térmico del motor pigmentador disparado	O				
4A3	fusibles del motor pigmentador quemados	O	no hacer mtto. proactivo	cambiar fusibles quemados	N/A	mantenimiento
4A4	pin del acople motor-tarro reventado	P	no hacer mtto. proactivo	cambiar pin cuando se reviente	N/A	mantenimiento
4A5	giro del motor pigmentador invertido	P	"a condición" cíclica	monitorear giro del motor pigmentador	quincenal	mantenimiento
4A6	broches que unen tarro con motor sueltos	P	rediseño	cambiar la forma como se sujeta el tarro con el motor	N/A	mantenimiento
4B1	sensor de conteo de cámaras quebrado	P	no hacer mtto. proactivo	cambiar disco del sensor cuando se dañe	N/A	mantenimiento
5A1	motor mezclador con fallas mencionadas en 4A1, 4A2, 4A3 y 4A4	P	reacondicionamiento cíclico	revisión de conexiones eléctricas y del estado de los componentes del motor	mensual	mantenimiento
			no hacer mtto. Proactivo	- cambiar fusibles quemados - cambiar pin cuando se reviente	N/A	
5A2	aspa del motor suelta o reventada	P	"a condición" cíclica	revisar grosor del aspa, cuando sea menor a 5/8 in cambiar aspa	anual	mantenimiento
6A1	tolva sin tapa	P	"a condición" cíclica	asegurarse que la tolva esté tapada	diario	mantenimiento
7A1	imán perdió fuerza magnética	P	"a condición" cíclica	revisión de la fuerza magnética del imán	anual	mantenimiento

Tabla 30. Hoja de decisión para el husillo

SISTEMA: unidad de inyección			COMPONENTE: husillo			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1 y 4A1	-material empastado en ducto de alimentación	S	“a condición” cíclica	revisar que llaves de agua refrigerante estén abiertas	cada cambio de turno	producción
	-material empastado		rediseño	capacitar a los operarios y a los supervisores de producción para que no sigan cargando la máquina cuando tenga taponada la boquilla	N/A	mantenimiento
			rediseño	acordar con el área de pigmentos para que cambien de técnica de limpieza de la máquina cuando realizan cambio de color	N/A	Mantenimiento y pigmentos
1A3	husillo embotado	P	reacondicionamiento cíclico	limpieza general	mensual	mantenimiento
1A4	horno frío	P	“a condición” cíclica	chequear corriente de en las resistencias del horno, verificar que las conexiones eléctricas en el horno estén bien	cada que haya cambio de molde	mantenimiento y montaje de moldes
1B1	husillo desgastado	P	“a condición” cíclica	verificar diámetros y rugosidad superficial	anual	mantenimiento

Tabla 31. Hoja de decisión para el barril

SISTEMA: unidad de inyección			COMPONENTE: barril			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	barril desgastado	P	“a condición” cíclica	verificar diámetros internos y rugosidad superficial	anual	mantenimiento
2A1	barril con fisura	P	“a condición” cíclica	verificar si el barril tiene fisura empleando la técnica de líquidos penetrantes	cada 5 años	mantenimiento
3A1	cabezote mal apretado	N	no hacer mto proactivo	apretar cabezote cuando se suelte	N/A	mantenimiento
4A1	no hay suministro de agua	P	“a condición” cíclica	revisar que llaves de agua estén abiertas	cada cambio de turno	producción
4B1	manguera de agua fría obstruida	P	reacondicionamiento cíclico	tratamiento automatizado de aguas provenientes de la torre de enfriamiento	diario	mantenimiento
1B2	suministro de agua deficiente	P	“a condición” cíclica	revisar que llaves de agua refrigerante estén abiertas	cada cambio de turno	producción

Tabla 32. Hoja de decisión para la válvula cheque

SISTEMA: unidad de inyección			COMPONENTE: válvula cheque			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	superficies de selle de la válvula desgastadas	P	reacondicionamiento cíclico	rectificar piezas de la válvula cheque	trimestral	mantenimiento
			sustitución cíclica	cambiar válvula	cada 3 años	
1A2	anillo partido	P	no hacer mto proactivo	cambiar anillo cuando se parta	N/A	mantenimiento
1A3	inserto reventado	P	no hacer mto proactivo	cambiar inserto cuando se reviente	N/A	mantenimiento
2A1	torpedo desgastado	P	reacondicionamiento	rectificar torpedo	trimestral	mantenimiento

Tabla 33. Hoja de decisión para la boquilla

SISTEMA: unidad de inyección			COMPONENTE: boquilla			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	boquilla obstruida	P	no hacer mtto proactivo	limpiar boquilla cuando se obstruya	N/A	mantenimiento
1A2	filtro de moneda obstruido	P	reacondicionamiento cíclico	limpiar filtro de moneda	mensual	mantenimiento
1B1 Y 2A1	resistencias de la boquilla quemadas	P	“a condición” cíclica	revisión general de las resistencias (verificar corrientes, conexiones, calibración de las termocuplas, fusibles quemados, relés en estado sólido)	quincenal	mantenimiento
1B2	tren de inyección descentrado	P	“a condición” cíclica	verificar alienación del tren de inyección	cada que haya cambio de molde	mantenimiento y montaje de moldes
1B3	tip inadecuado	P	rediseño	indicar al personal del montaje de molde cuáles tips se pueden emplear para cada boquilla	N/A	mantenimiento
1B4	boquilla suelta	P	“a condición” cíclica	verificar que la boquilla quede bien instalada durante el montaje de molde	cada que haya cambio de molde	mantenimiento y montaje de molde
3A1	material empleado no es el apropiado para la boquilla	P	rediseño	capacitar al personal de materia prima y producción para que ponga a trabajar la máquina con el material adecuado	N/A	mantenimiento

SISTEMA: unidad de inyección			COMPONENTE: boquilla			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
3A2	acero o tratamiento térmico de fabricación mal seleccionado	P	rediseño	Capacitar al personal de montaje de moldes y de producción para que sepan seleccionar boquillas con acero o tratamiento térmico adecuados para cada tipo de plástico que quieran emplear como materia prima	N/A	mantenimiento
3A3	boquilla descentrada	P	“a condición” cíclica	chequear alineación de la boquilla respecto al tren de inyección y a los canales de alimentación del molde	cada que haya cambio de molde	mantenimiento y montaje de molde

Tabla 34. Hoja de decisión para las resistencias eléctricas

SISTEMA: unidad de inyección			COMPONENTE: resistencias eléctricas			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	fusibles quemados por cortocircuito	O	no hacer mtto proactivo	determinar la causa del cortocircuito para corregirlo y luego cambiar fusibles quemados	N/A	mantenimiento

SISTEMA: unidad de inyección			COMPONENTE: resistencias eléctricas			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A2	cables quemados o reventados	P	"a condición" cíclica	-revisión general de las resistencias (verificar corrientes, conexiones, calibración de las termocuplas, fusibles quemados, relés en estado sólido)	quincenal	mantenimiento
1A3	cortocircuito en cables que alimentan las resistencias	P				
1A4	termocuplas de las resistencias descalibradas	O				
1A5	relé de estado sólido quemado	O				

Tabla 35. Hoja de decisión para las placas fija y móvil

SISTEMA: unidad de cierre			COMPONENTE: placas fija y móvil			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A2	desgaste del buje de la biela	P	"a condición" cíclica	verificar que no haya bujes y pasadores salidos o reventados	semanal	mantenimiento
			no hacer mtto proactivo	cambiar bujes cuando estén desgastados	N/A	
1A3	barras de tonelaje descalibradas	P	"a condición" cíclica	medición de tonelaje de barras	cada cambio de molde	mantenimiento
2A1	roscas de sujeción de molde desgastadas	P	"a condición" cíclica	verificar apriete de tuercas de sujeción de molde	cada que haya cambio de molde	mantenimiento y montaje de moldes
			reacondicionamiento cíclico	rectificar roscas de sujeción de molde	anual	mantenimiento

Tabla 36. Hoja de decisión para el mecanismo de ajuste

SISTEMA: unidad de cierre			COMPONENTE: mecanismo de ajuste			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	tuercas de ajuste con grano o rayadas	P	reacondicionamiento cíclico	rectificar tuercas de ajuste	anual	mantenimiento
			sustitución cíclica	cambiar tuercas de ajuste	cada 5 años	
1A2	cadena reventada	P	reacondicionamiento cíclico	lubricar cadenas y piñones	mensual	mantenimiento
			no hacer mto proactivo	cambiar eslabones de la cadena que se revienten	N/A	
			sustitución cíclica	cambiar tuercas de ajuste	cada 5 años	
1A4	cadena suelta	P	“a condición” cíclica	revisar apriete de la cadena	mensual	mantenimiento
2B1	bujes de la biela desgastados	P	“a condición” cíclica	verificar que no haya bujes y pasadores salidos o reventados	semanal	mantenimiento
			no hacer mto proactivo	cambiar bujes cuando estén desgastados	N/A	

Tabla 37. Hoja de decisión para el mecanismo de expulsión

SISTEMA: unidad de cierre			COMPONENTE: mecanismo de expulsión			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A3	sensor que detecta el artículo mal conectado	P	“a condición” cíclica	revisar conexiones del sensor	cada que haya cambio de molde	mantenimiento
			“a condición” cíclica	revisar estado del sensor	semestral	

Tabla 38. Hoja de decisión para el mecanismo de cierre

SISTEMA: unidad de cierre			COMPONENTE: mecanismo de cierre			
	Modo de falla	C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	pasador reventado	P	no hacer mto proactivo	cambiar pasador cuando se reviente	N/A	mantenimiento
3A1	potenciómetro de la prensa mal conectado	P	“a condición” cíclica	revisar conexiones y calibración del potenciómetro	trimestral	mantenimiento
3B1	problemas en microsuiches de apertura	P	“a condición” cíclica	revisar conexiones y calibración de microsuiches	mensual	mantenimiento
3B2	llave hidráulica cerrada	N	“a condición” cíclica	verificar que la llave hidráulica para la apertura y cierre del molde esté abierta	cada que haya cambio de molde	mantenimiento y montaje de moldes

Tabla 39. Hoja de decisión para las zapatas

SISTEMA: unidad de cierre			COMPONENTE: zapatas			
	Modo de falla	C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	zapatas descalibradas	N	reacondicionamiento cíclico	calibrar zapatas	trimestral	mantenimiento
1A2	platina de rodadura desgastada	N	“a condición” cíclica	revisión estado de la platina de rodadura, si está desgastada cambiarla	semestral	mantenimiento
1A3	roscas de los tornillos de nivelación desgastadas	N	no hacer mto proactivo	rectificar o cambiar roscas cuando se justifique	N/A	mantenimiento
2A1	falta de lubricación de la zapata	N	reacondicionamiento cíclico	lubricar zapatas	mensual	mantenimiento
3A2	zapatas sueltas	N	“a condición” cíclica	Revisar fijación de las zapatas	mensual	mantenimiento

Tabla 40. Hoja de decisión para la bancada

SISTEMA: unidad de cierre			COMPONENTE: bancada			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	flejes de la bancada no están bien asegurados	N	“a condición” cíclica	revisar si los flejes están bien asegurados	quincenal	mantenimiento

Tabla 41. Hoja de decisión para las columnas y tuercas

SISTEMA: unidad de cierre			COMPONENTE: columnas y tuercas			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	columnas pandeadas	P	reacondicionamiento cíclico	girar las columnas 90°	cada 3 años	mantenimiento
1A2	desgaste en las columnas	P				
2A1	tuercas sueltas	P	“a condición” cíclica	revisar apriete de tuercas	trimestral	mantenimiento

Tabla 42. Hoja de decisión para las bombas hidráulicas

SISTEMA: hidráulico			COMPONENTE: bombas hidráulicas			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	eje de la bomba de carga reventado	P	“a condición” cíclica	verificar alineación del eje de la bomba con el motor hidráulico	trimestral	mantenimiento
1A2	acople de motor eléctrico bombas reventado	P		revisar estado del acople y del rodamiento	trimestral	mantenimiento
1B1	tornillo y pista reventados	P		inspeccionar si hay ruidos extraños y vibraciones	semanal	mantenimiento
1B3	tapas reventadas o desgastadas	P				
1B4	paleta del conjunto rotativo reventada	P				

Tabla 43. Hoja de decisión para los motores hidráulicos

SISTEMA: hidráulico			COMPONENTE: motores hidráulicos			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A2	acople motor hidráulico husillo reventado	P	"a condición" cíclica	revisar estado del acople y del rodamiento	trimestral	mantenimiento
			"a condición" cíclica	verificar alineación del eje del motor con el husillo	trimestral	
			"a condición" cíclica	inspeccionar si hay ruidos extraños y vibraciones	semanal	
1B1 y 1B2	-fuga interna de aceite  -desgaste interno	S	"a condición" cíclica	verificar que no haya fugas de aceite en la zona	semanal	producción, mantenimiento y salud ocupacional

Tabla 44. Hoja de decisión para los cilindros hidráulicos

SISTEMA: hidráulico			COMPONENTE: cilindros hidráulicos			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	vástago reventado	P	no hacer mtto proactivo	Cambiar vástago cuando se reviente	N/A	mantenimiento
1A2	tornillos del cilindro reventados	P	"a condición" cíclica	-verificar apriete de tornillos -revisar fijación de cilindros -revisar calibración de los cilindros	- diario en cilindros de inyección - mensual en otros cilindros	mantenimiento
1B1	tornillos del vástago y del cilindro sueltos	P				
1B2	elementos de sellado deteriorados	S	sustitución cíclica	cambio de empaques de la camisa de los cilindros de inyección	anual	mantenimiento
1B3	vástago rayado	P	no hacer mtto proactivo	reparar vástago cuando se dañe	N/A	producción y mantenimiento

Tabla 45. Hoja de decisión para los filtros de aceite

SISTEMA: hidráulico			COMPONENTE: filtros de aceite			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	filtros obstruidos o reventados	P	reacondicionamiento cíclico	limpiar filtros de aceite	quincenal	mantenimiento

Tabla 46. Hoja de decisión para las mangueras

SISTEMA: hidráulico			COMPONENTE: mangueras			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	manguera rota	S	“a condición” cíclica	revisar visualmente estado de las mangueras, las que estén deteriorados hay que cambiarlas	trimestral	mantenimiento
1A2	empaques no sellan	S	“a condición” cíclica	revisar estado de los empaques, los que estén deteriorados hay que cambiarlos	anual	mantenimiento
1A3	acople reventado	S	“a condición” cíclica	revisar estado de los acoples, los que estén deteriorados hay que cambiarlos	anual	mantenimiento

Tabla 47. Hoja de decisión para el intercambiador de calor

SISTEMA: hidráulico			COMPONENTE: intercambiador de calor			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	tubo de aceite roto	P	no hacer mtto proactivo	cambiar tubo cuando se rompa, limpiar el intercambiador y la máquina en general; llenar el tanque con aceite no contaminado	N/A	mantenimiento
1A2	tubo de agua obstruido	P	reacondicionamiento cíclico	tratamiento automatizado de aguas provenientes de la torre de enfriamiento	diario	mantenimiento
1A3	flujo de agua fría deficiente	P	“a condición” cíclica	revisar que llaves de agua refrigerante estén abiertas	cada cambio de turno	producción
1B1	fuga de agua por del manguera del intercambiador	P	“a condición” cíclica	revisión visual del estado de las mangueras	semestral	mantenimiento
				monitorear temperatura del agua	diario	
2A1	intercambiador no tiene plug	P	“a condición” cíclica	verificar que el intercambiador tenga plug	anual	mantenimiento
2A2	plug del intercambiador desgastado	P	“a condición” cíclica	chequear estado del plug	semestral	mantenimiento

Tabla 48. Hoja de decisión para el tanque

SISTEMA: hidráulico			COMPONENTE: tanque			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	fugas de aceite en el sistema hidráulico	S	“a condición” cíclica	-chequear que no haya fugas de aceite provenientes de la máquina, si se detecta fuga, limpiar la zona y avisar inmediatamente a mantenimiento para corregir la fuga	diaria	producción, mantenimiento y salud ocupacional
1A1	fugas de aceite en el sistema hidráulico	S	“a condición” cíclica	asegurar que toda persona que camine por la planta de producción lo haga con zapatos antideslizantes y a baja velocidad	diario	salud ocupacional
2A1	respiradero obstruido	P	reacondicionamiento cíclico	limpiar respiradero	semestral	mantenimiento
2A2	corrosión interna en las paredes del tanque	P	no hacer mto proactivo	cambiar tubo de aceite del intercambiador cuando falle	N/A	mantenimiento

Tabla 49. Hoja de decisión para las válvulas hidráulicas

SISTEMA: hidráulico			COMPONENTE: válvulas hidráulicas			
Modo de falla		C	Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	válvula sucia	P	reacondicionamiento cíclico	limpiar válvulas de la bomba de carga	anual	mantenimiento
			reacondicionamiento cíclico	filtrar aceite hidráulico	bimensual	
			reacondicionamiento cíclico	cambiar aceite	cada 2 años	
			“a condición” cíclica	monitorear presiones y temperaturas en las diferentes etapas del ciclo de inyección	durante la operación de la máquina	
1A2	componentes internos dañados	P	no hacer mto proactivo	cuando se dañe la válvula o algunos de sus componentes, hacer los cambios pertinentes	N/A	mantenimiento
1A3	aceite hidráulico oxidado o contaminado	P	reacondicionamiento cíclico	-limpiar filtros de aceite -filtrar aceite hidráulico	- quincenal - bimensual	mantenimiento



Tabla 51. Hoja de decisión para el PLC

SISTEMA: hidráulico			COMPONENTE: PLC				
Modo de falla		C	Tipo de tarea		Tarea propuesta	Intervalo	Responsable
1A1	termocupla empastada	P	no hacer	mtto	cambiar termocupla cuando falle	N/A	mantenimiento
1A2	termocupla golpeada	P	proactivo				
1A3	termocupla llegó al fin de su vida útil	O					
1A4	potenciómetro con desgaste interno	P	no hacer	mtto	cambiar potenciómetro cuando falle	N/A	mantenimiento
1A5	potenciómetro golpeado	P	proactivo				
1B1	potenciómetro mal calibrado	P	reacondicionamiento cíclico		organizar conexiones y calibrar potenciómetros	semestral	mantenimiento
2A1	error de programación	P	no hacer	mtto	reprogramar cuando se presente falla de programación	N/A	mantenimiento
3A1	relés quemados	O	no hacer	mtto	cambiar relé cuando falle	N/A	mantenimiento
3A2 y 3B2	error en tarjeta de salida	P	no hacer	mtto	cambiar o reparar tarjeta cuando se dañe	N/A	mantenimiento
3A3	cables sueltos	P	no hacer	mtto	reorganizar conexiones de los cables cuando sea necesario	N/A	mantenimiento
3B1	temporizador descalibrado	P	reacondicionamiento cíclico		organizar conexiones y calibrar temporizadores	semestral	mantenimiento

Con el fin de complementar las tareas mostradas en las tablas anteriores, se sugieren las siguientes acciones para toda la máquina:

- revisar los instrumentos de medición de variables como temperatura y presión semestralmente
- calibrar los instrumentos de medición una vez al año
- revisar el nivel de tamaño de partícula del aceite (norma ISO 4406) y hacer análisis físico-químico del aceite bimensualmente
- cambiar de grasa a los rodamientos trimestralmente
- lubricación general de la máquina mensualmente, adicional a la de rutina programada por el PLC de la máquina.
- medición de presión y temperatura del aceite cada semana

#### 4.5 CONCLUSIONES DEL CAPITULO 4

Las consecuencias de cada modo de fallo, sus características técnicas, los costos y la posibilidad de frecuencia de fallo son factores determinantes para la selección de tareas de mantenimiento.

La mayoría de tareas recomendadas son “a condición” cíclicas, puesto que son acciones fáciles de realizar, económicas y no se tiene que intervenir la máquina, hecho que puede ocasionar fallos accidentales.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la realización del análisis RCM a la inyectora H29 se ha encontrado varios puntos importantes relacionados con el análisis en sí y con la posterior implementación de las tareas recomendadas en el capítulo 4.

El primer punto es en relación con la definición de las funciones del capítulo 2, que se realizó en consenso con el personal de mantenimiento de la empresa, para una mayor aproximación en las necesidades del usuario y para seguir lo estipulado en el proceso de RCM, se recomienda que las funciones sean definidas por un grupo multidisciplinario compuesto por las diferentes áreas de la empresa, por ejemplo: producción, montaje de moldes, salud ocupacional y mantenimiento, los cuales son los departamentos directamente involucrados con la operación de la inyectora H29. Sin embargo, se afirma que las funciones halladas fueron un punto de partida para la realización del análisis RCM y no están fuera de las expectativas de los usuarios de la máquina puesto que la definición de las funciones se hizo con base a lo que han expuesto las diferentes áreas mencionadas en el transcurso de los años que ha estado operando la inyectora.

Se ha encontrado que algunos modos de falla de la inyectora analizada son a causa de error humano, en la mayoría de los casos por desconocimiento, es por ello que se sugiere capacitar al personal directamente implicado con la máquina, como por ejemplo, al de materia prima y producción, para poder garantizar una mejor operación y funcionamiento de la inyectora. Así mismo, se recomienda que durante el montaje de moldes y cambio de color, personal técnico de mantenimiento esté presente para que cuando se ponga en marcha nuevamente la máquina, se pueda asegurar un correcto funcionamiento de la inyectora, puesto que se pueden evitar fallas propias de la realización de estas acciones.

Es compromiso de mantenimiento la ejecución de las tareas propuestas en el capítulo 4 para la implementación del análisis. Los intervalos de tiempo para las frecuencias de las acciones recomendadas pueden cambiar según las observaciones y los resultados que se obtengan durante la implementación.

Finalmente, aunque el proceso de análisis no ha sido dirigido por un experto en RCM, se ha aprendido sobre el mencionado proceso obteniéndose resultados satisfactorios que pueden aportar al mejoramiento de los indicadores de mantenimiento de la inyectora analizada.

## BIBLIOGRAFIA

### REFERENCIAS TOMADAS DE INTERNET

AZOM. Injection unit. [citado 7 de febrero, 2009]. Disponible en Internet: <[http://www.azom.com/work/xJsvgJIA1KoVb360Z4UW\\_files/image003.gif](http://www.azom.com/work/xJsvgJIA1KoVb360Z4UW_files/image003.gif)>

COSTUMPARTNET. Injection molding. [citado 7 de febrero, 2009]. Disponible en Internet: <<http://www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding>>

PLASTISTECH. Clamping unit. [citado 7 de febrero, 2009]. Disponible en Internet: <<http://www.plasticstech.info/equipment/injection-molding-machine/injectionMolded8.gif>>

SLIDESHARE INC. Terminología del RCM. [citado 10 de marzo, 2009]. Disponible en Internet: <<http://www.slideshare.net/rcm3/definiciones-de-rcm-presentation>>

WIN SOFTWARE ASOCIADOS LTDA. AM, Administrador de Mantenimiento. [en línea]. Medellín, Colombia. [citado 21 octubre, 2007]. Disponible en Internet: <[http://www.winsoftware.com.co/sitio/index.php?option=com\\_content&task=category&sectionid=4&id=14&Itemid=30](http://www.winsoftware.com.co/sitio/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=4&id=14&Itemid=30)>

### REFERENCIAS TOMADAS DE NORMAS

SOCIETY OF AMERICAN ENGINEERING. Reliability centered maintenance – RCM: evaluation criteria for reliability centered maintenance. New York: SAE, 1999. (SAEJA1011)

## REFERENCIAS TOMADAS DE LIBROS

MOUBRAY, John. Reliability centered maintenance. 2 ed. New York: Industrial Press, 1997. p. 1-211.

POTSCH, Gerd and MICHAELI, Walter. Injection molding: an introduction. Munich, New York: Hanser Publishers, 1995. p.1-6, 57-74

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Inyección básica de plásticos. Cali: SENA, 1998.

SQL SYSTEMS CARIBBEAN NV. Curso de formación de tres días en reliability centered maintenance: versión 2. SQL SYSTEMS CARIBBEAN NV-ALADON, 1998.

## ANEXO A

### BREVE EXPLICACION DE PROCESO DE INYECCION

La información que se muestra a continuación se tomó de @custompartnet y de Seminario: Inyección básica de plásticos por el SENA.

El ciclo de inyección es corto, usualmente toma entre 2 segundos a 1 minuto realizarlo, y tiene las siguientes etapas:

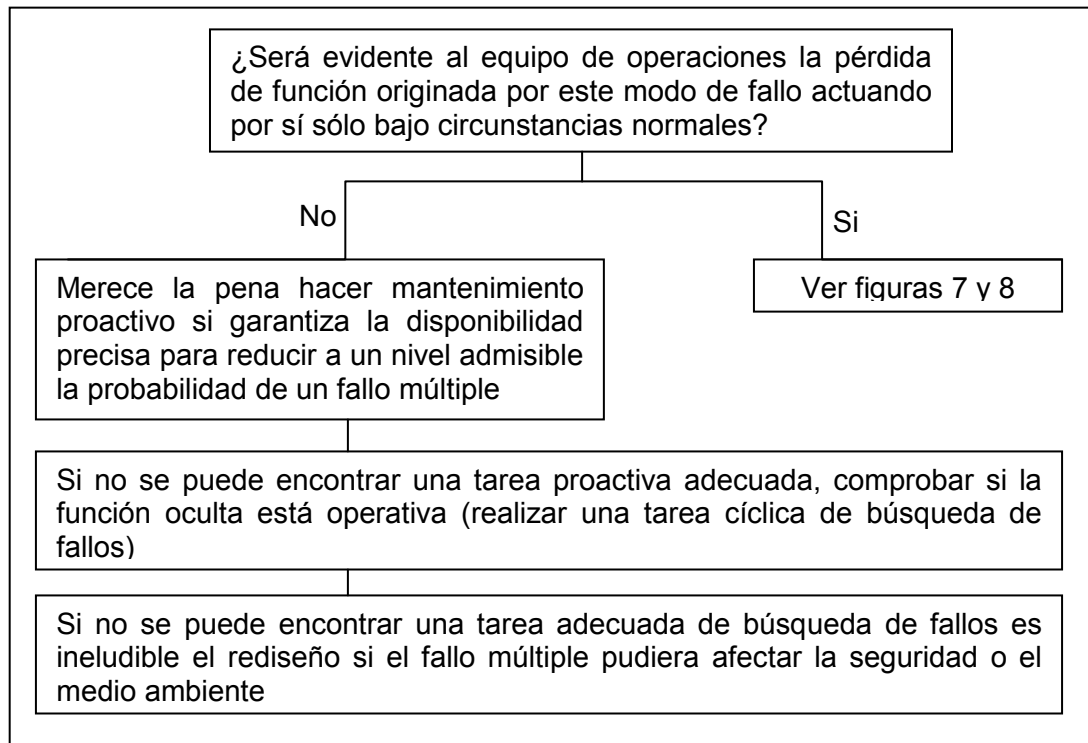
1. **Plastificación:** el husillo gira transportando el material proveniente de la tolva hacia la boquilla. Este giro contribuye a calentar y plastificar la materia prima.
2. **Dosificación:** simultáneamente con el giro, el husillo se desplaza hacia atrás para que una cantidad determinada de masa plástica quede en la parte delantera del tornillo.
3. **Cierre del molde:** anterior a la inyección del material en el molde, la parte fija y la parte móvil del molde deben estar bien cerradas por la unidad de cierre, la cual debe ejercer una fuerza de cierre lo suficientemente grande para mantener el molde cerrado durante la inyección del material plastificado.
4. **Inyección:** el husillo actúa como émbolo y presiona el material plastificado a través de la boquilla para ser inyectado en la cavidad del molde.
5. **Enfriamiento:** el artículo moldeado se enfría al estar en contacto con las superficies del molde, el cual no se debe abrir hasta que el producto esté debidamente solidificado.

6. Expulsión: el artículo enfriado es expulsado del molde por el sistema del botación.

Una esencial ventaja de este sistema consiste en que la plastificación puede iniciarse nuevamente durante las etapas de: enfriamiento, apertura y cierre del molde.

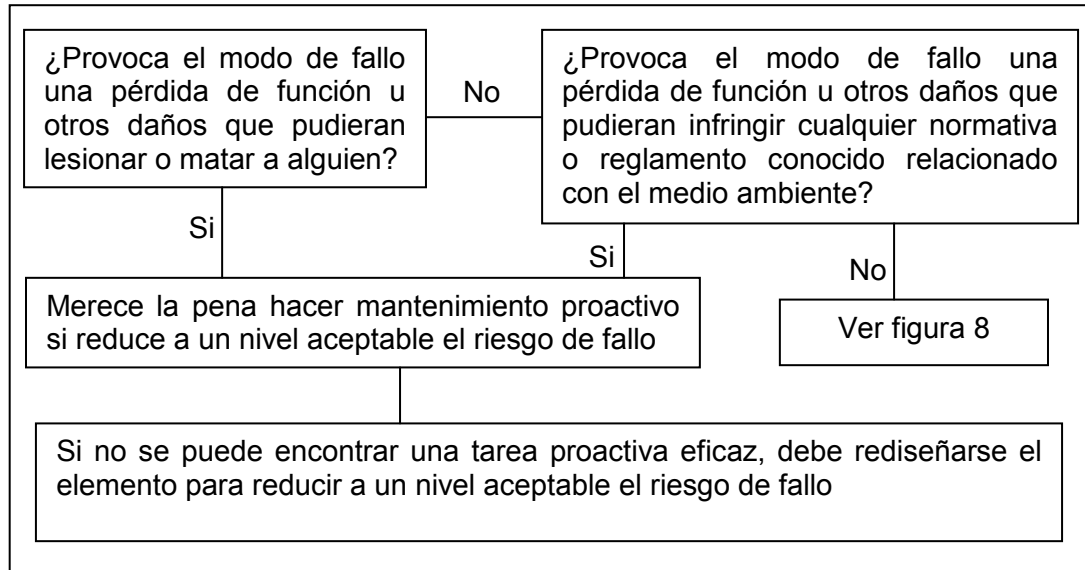
## ANEXO B

Figura 7. Proceso de decisión de tareas para las funciones ocultas



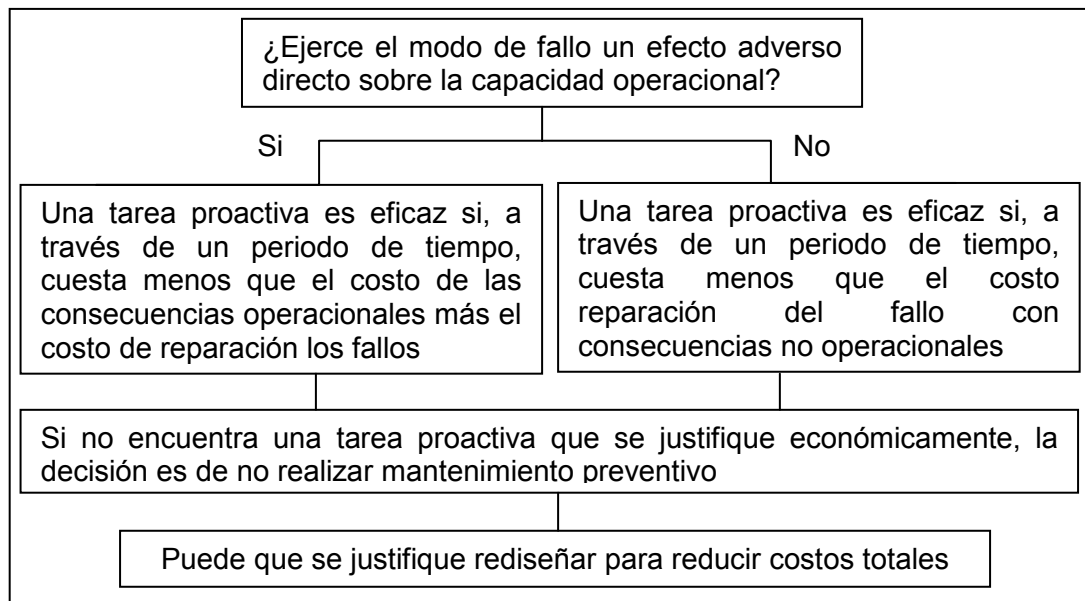
Curso de formación en RCM

Figura 8. Proceso de decisión de tareas para los fallos con consecuencias para la seguridad y el medio ambiente



Curso de formación en RCM

Figura 9. Proceso de decisión de tareas para los fallos con consecuencias operacionales y no operacionales



Curso de formación en RCM