

**DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO BASADA EN RCM  
PARA LA LÍNEA DE TERMO COMPRESIÓN DE TAPAS PLÁSTICAS N°5 EN  
IBERPLAST S.A.**

**LUIS FERNANDO RÁTIVA ESPITIA**

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

**2016**

**DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO BASADA EN RCM  
PARA LA LÍNEA DE TERMO COMPRESIÓN DE TAPAS PLÁSTICAS N°5 EN  
IBERPLAST S.A.**

**LUIS FERNANDO RÁTIVA ESPITIA**

**Monografía de grado para optar al título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director:  
PEDRO JOSÉ DÍAZ GUERRERO  
M.Sc. Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2016**

## DEDICATORIA

*A Dios por permitirme dar un paso más en mi proyecto personal y profesional.*

*A mi esposa y a mis hijos, quienes con amor y apoyo incondicional, entregaron su tiempo, dedicación y recursos de familia para brindármelo con el fin de alcanzar esta meta.*

*A mis padres por ser el mayor ejemplo de superación, dedicación y perseverancia en mi vida.*

*Luis Fernando Rátiva Espitia.*

## TABLA DE CONTENIDO

|   | pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN.....   | 18   |
| 1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....   | 19   |
| 1.1 MARCO REFERENCIAL.....  | 19   |
| 1.1.1 Misión de la empresa.....   | 19   |
| 1.1.2 Visión de la empresa.....   | 19   |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....   | 20   |
| 1.3 OBJETIVOS.....  | 21   |
| 1.3.1 Objetivo general.....   | 21   |
| 1.3.2 Objetivos específicos.....  | 22   |
| 2. GENERALIDADES DEL PROCESO OPERATIVO.....                                       | 23   |
| 2.1 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.....  | 23   |
| 2.1.1 Ejecución de mantenimiento preventivo.....                                  | 23   |
| 2.1.2 Ejecución de mantenimiento correctivo.....                                  | 25   |
| 2.1.3 Recursos del área de mantenimiento.....                                     | 25   |
| 2.1.4 Niveles generales de producción.....  | 27   |
| 2.1.5 Nivel de producción línea de tapas plásticas.....                           | 27   |
| 3. DESARROLLO CONCEPTUAL.....   | 29   |
| 3.1 ASPECTOS GENERALES DEL PROCESO DE TERMO-COMPRESIÓN DE<br>TAPAS PLÁSTICAS..... | 29   |
| 3.1.1 Proceso de extrusión.....   | 29   |
| 3.1.2 Proceso de moldeo por compresión.....                                       | 30   |
| 3.1.3 Fabricación de tapas en moldeo por compresión.....                          | 31   |

|   |    |
|---|----|
| 3.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO .....                       | 34 |
| 3.2.1 Primera generación.....                               | 34 |
| 3.2.2 Segunda generación.....                               | 34 |
| 3.2.3 Tercera generación.....                               | 35 |
| 3.2.4 Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM). .....    | 37 |
| 3.2.5 Objetivos del RCM. ....                               | 38 |
| 3.2.6 Algunas de las ventajas del RCM. ....                 | 39 |
| 3.2.7 Limitación del RCM.....                               | 40 |
| 3.3 Análisis de Modos y Efectos de falla AMFE .....         | 40 |
| 3.3.1 Contexto operacional. ....                            | 40 |
| 3.3.2 Funciones y niveles de desempeño.....                 | 41 |
| 3.3.3 Funciones primarias.....                              | 41 |
| 3.3.4 Funciones secundarias .....                           | 41 |
| 3.3.5 Fallas funcionales o estados de falla .....           | 42 |
| 3.3.6 Modos de falla.....                                   | 43 |
| 3.3.7 Estudio de modos de falla.....                        | 43 |
| 3.3.8 Efectos de falla. ....                                | 43 |
| 3.3.9 Consecuencias de falla .....                          | 44 |
| 3.3.10 Mantenimiento proactivo.....                         | 44 |
| 3.3.11 Fallas potenciales y mantenimiento a condición. .... | 45 |
| 3.3.12 Intervalo P-F. ....                                  | 45 |
| 3.3.13 Tareas a condición.....                              | 46 |
| 3.3.14 Tarea de reacondicionamiento cíclico.....            | 47 |
| 3.3.15 Tarea de sustitución cíclica.....                    | 47 |
| 3.3.16 Acciones “a falta de”. ....                          | 47 |
| 3.3.17 Búsqueda de falla. ....                              | 48 |
| 3.3.18 Ningún mantenimiento proactivo.....                  | 48 |
| 3.3.19 Rediseño.....  | 48 |
| 3.3.20 Diagrama de decisión. ....                           | 49 |

|   |    |
|---|----|
| 3.3.21 Hoja de decisión. ....   | 49 |
| 3.4 CONFIABILIDAD .....   | 51 |
| 3.4.1 Análisis de confiabilidad mediante la distribución de Weibull.....  | 51 |
| 3.4.2 Análisis de la distribución Weibull. ....   | 53 |
| 3.4.3 Utilización de Weibull para la planeación del mantenimiento.....  | 53 |
| 3.5 MANTENIBILIDAD .....  | 54 |
| 3.5.1 Curva de Mantenibilidad. ....   | 55 |
| 3.6 DISPONIBILIDAD .....  | 56 |
| 3.6.1 Disponibilidad genérica. ....   | 56 |
| 3.6.2 Disponibilidad inherente o intrínseca. ....   | 56 |
| 3.6.3 Disponibilidad alcanzada. ....  | 56 |
| 3.6.4 Disponibilidad operacional. ....  | 57 |
| 3.6.5 Disponibilidad operacional generalizada.....  | 57 |
| <br>  |    |
| 4. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO BASADA EN RCM PARA LA LÍNEA DE<br>TERMO COMPRESIÓN DE TAPAS PLÁSTICAS CCM64MB N°5..... | 58 |
| 4.1 CONFORMACIÓN EQUIPO DE TRABAJO RCM.....   | 60 |
| 4.2 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD MEDIANTE<br>DISTRIBUCIÓN WEIBULL.....                                  | 61 |
| 4.2.1 Calculo Tiempo medio entre fallas (MTBF).....   | 63 |
| 4.2.2 Calculo tiempo medio entre reparaciones (MTTR) .....  | 65 |
| 4.2.3 Calculo de disponibilidad. ....   | 65 |
| 4.3 TAXONOMÍA Y FRONTERAS .....   | 66 |
| 4.3.1 Información técnica.....  | 67 |
| 4.4 DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS Y SUB SISTEMAS .....  | 67 |
| 4.5 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA AMFE .....   | 69 |
| 4.5.1 Desarrollo en hoja de trabajo y hoja de decisión RCM. ....  | 69 |
| 4.6 PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO .....   | 71 |
| 4.6.1 Análisis plan de mantenimiento propuesto.....   | 72 |

|   |    |
|---|----|
| 4.6.2 Resultados frente a la implementación del plan de mantenimiento ..... | 73 |
| 5. CONCLUSIONES .....   | 75 |
| 6. RECOMENDACIONES.....   | 76 |
| BIBLIOGRAFÍA.....   | 77 |
| ANEXOS.....   | 79 |

## LISTA DE TABLAS

|  | pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Guía estrategia RCM. ....                                       | 59   |
| Tabla 2. Sistemas componen la Línea de termo-compresión CCM64 MB-5. .... | 67   |
| Tabla 3. Datos técnicos termocompresora CCM64-5. ....                    | 68   |
| Tabla 4. Tareas propuestas en plan de mantenimiento. ....                | 72   |
| Tabla 5. Tiempo entre fallas (TBF) y reparaciones (TTR) CCM64MB-5. ....  | 79   |
| Tabla 6. Caculos Weibull de confiabilidad en hoja Excel ....             | 80   |
| Tabla 7: Caculos Weibull de mantenibilidad en hoja Excel ....            | 81   |
| Tabla 8. Subsistemas Unidad de formación CCM64 MB. ....                  | 83   |
| Tabla 9. Datos técnicos CVS052. ....                                     | 100  |
| Tabla 10. Datos técnicos Unidad de enfriamiento TARA0012. ....           | 103  |
| Tabla 11. Datos técnicos CVS052. ....                                    | 104  |
| Tabla 12: Datos técnicos Orientador centrífugo de tapa ORCE0010.....     | 106  |
| Tabla 13. Datos técnicos Unidad de corte y doblado SFM12L. ....          | 108  |
| Tabla 14. Sistemas de la unidad de corte y doblado SFM12L ....           | 109  |
| Tabla 15. Puntos de lubricación automática SFM12L.....                   | 118  |
| Tabla 16. Hoja de trabajo extrusor (plastificador). ....                 | 122  |
| Tabla 17. Hoja de decisión extrusor (plastificador) ....                 | 123  |
| Tabla 18. Hoja de trabajo Motorización. ....                             | 124  |
| Tabla 19. Hoja de decisión Motorización. ....                            | 125  |
| Tabla 20. Hoja de trabajo carrusel de introducción.....                  | 126  |
| Tabla 21. Hoja de decisión carrusel de introducción.....                 | 127  |
| Tabla 22. Hoja de trabajo carrusel de moldeado. ....                     | 128  |
| Tabla 23. Hoja de decisión carrusel de moldeado. ....                    | 129  |
| Tabla 24. Hoja de trabajo instalación neumática. ....                    | 130  |
| Tabla 25. Hoja de decisión instalación neumática. ....                   | 131  |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 26. Hoja de trabajo instalación oleodinámica.....                              | 132 |
| Tabla 27. Hoja de decisión instalación oleodinámica.....                             | 133 |
| Tabla 28. Hoja de trabajo instalación de refrigeración.....                          | 134 |
| Tabla 29. Hoja de decisión instalación de refrigeración.....                         | 135 |
| Tabla 30. Hoja de trabajo cinta de salida.....                                       | 136 |
| Tabla 31. Hoja de decisión cinta de salida.....                                      | 137 |
| Tabla 32. Hoja de trabajo sistema de visión.....                                     | 138 |
| Tabla 33. Hoja de decisión sistema de visión.....                                    | 139 |
| Tabla 34. Hoja de trabajo unidad de enfriamiento.....                                | 140 |
| Tabla 35- Hoja de decisión unidad de enfriamiento.....                               | 141 |
| Tabla 36. Hoja de trabajo elevador LPA040.....                                       | 142 |
| Tabla 37. Hoja de decisión elevador LPA040.....                                      | 143 |
| Tabla 38. Hoja de trabajo orientador de tapa.....                                    | 144 |
| Tabla 39. Hoja de decisión orientador de tapa.....                                   | 145 |
| Tabla 40. Hoja de trabajo unidad de corte y doblado SFM12L.....                      | 146 |
| Tabla 41. Hoja de decisión unidad de corte y doblado SFM12L.....                     | 147 |
| Tabla 42. Plan de Mantenimiento propuesto línea termo-compresión CCm64MB-5.<br>..... | 148 |

## LISTA DE FIGURAS

|  | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Organigrama área de mantenimiento. ....  | 24   |
| Figura 2. Distribución de la producción año 2015. ....   | 28   |
| Figura 3. Capacidad instalada línea tapas plásticas. ....  | 28   |
| Figura 4. Diseño genérico de un extrusor. ....   | 30   |
| Figura 5. Esquema de moldeo por compresión. ....   | 31   |
| Figura 6. Formación de la tapa por compresión. ....  | 32   |
| Figura 7. Formación de tapa plástica. ....   | 32   |
| Figura 8. Corte de banda de seguridad y doblado de folding. ....                                   | 34   |
| Figura 9. Expectativas de mantenimiento. ....  | 35   |
| Figura 10. Cambios en puntos de vista sobre la falla de equipos. ....                              | 36   |
| Figura 11. Evolución de las técnicas de mantenimiento. ....  | 37   |
| Figura 12. Curva P-F. ....   | 45   |
| Figura 13. Hoja de decisión. ....  | 50   |
| Figura 14. Correlación de referencias entre las hojas de información y las hojas de decisión. .... | 51   |
| Figura 15. Programación optima para mantenimiento preventivo. ....                                 | 54   |
| Figura 16. Curva de mantenibilidad. ....   | 55   |
| Figura 17. Grupo típico de trabajo RCM. ....   | 60   |
| Figura 18. Grupo de trabajo RCM-Iberplast S.A. ....  | 61   |
| Figura 19. Pérdida de confiabilidad Vs Tiempo. ....  | 63   |
| Figura 20. Confiabilidad Vs Tiempo. ....   | 64   |
| Figura 21. Mantenibilidad Vs Tiempo. ....  | 65   |
| Figura 22. Línea de termo-compresión CCM64 MB-5. ....  | 66   |
| Figura 23. Formato propuesto como hoja de trabajo RCM. ....  | 70   |
| Figura 24. Formato propuesto como hoja de decisión RCM. ....                                       | 70   |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 25. Total actividades propuestas en plan de mantenimiento basado en RCM. | 71  |
| Figura 26. Tareas propuestas en plan de mantenimiento.                          | 73  |
| Figura 27. Asignación de tareas de mantenimiento por cargo.                     | 73  |
| Figura 28. Unidad de alimentación y mezcla MDW250.                              | 82  |
| Figura 29. Unidad de formación CCM64 MB.  | 84  |
| Figura 30. Plastificador (extrusor).  | 85  |
| Figura 31. Bomba de dosificación.   | 86  |
| Figura 32. Tubo de abastecimiento.  | 87  |
| Figura 33. Aparato de by-pass.  | 88  |
| Figura 34. Grupo Motorización.  | 89  |
| Figura 35. Grupo carrusel de introducción.                                      | 90  |
| Figura 36. Carrusel de moldeado.  | 92  |
| Figura 37. Instalación neumática.   | 93  |
| Figura 38. Instalación oleodinámica.  | 96  |
| Figura 39. Instalación de refrigeración.  | 97  |
| Figura 40. Cinta de salida.   | 99  |
| Figura 41. Unidad de Visión CVS 052.  | 102 |
| Figura 42. Unidad de enfriamiento TARA0012.                                     | 103 |
| Figura 43. Elevador ELPA 0040.  | 105 |
| Figura 44. Orientador centrifugo de tapas ORCE0010.                             | 107 |
| Figura 45. Unidad de corte y doblado SFM12L.                                    | 109 |
| Figura 46. Carrusel de doblado.   | 111 |
| Figura 47. Carrusel de corte.   | 112 |
| Figura 48. Estrella de salida.  | 113 |
| Figura 49. Soporte útiles de corte.   | 114 |
| Figura 50. Útiles de corte.   | 116 |
| Figura 51. Cinta de salida.   | 117 |
| Figura 52. Instalación neumática.   | 118 |

Figura 53. Instalación de lubricación automática. .... 118  
Figura 54. Elevador LPA 0040. .... 120  
Figura 55. Diagrama de decisión RCM. .... 121

## LISTA DE ANEXOS

|  | pág. |
|--|------|
| ANEXO A. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD MEDIANTE DISTRIBUCIÓN WEIBULL<br>.....        | 79   |
| ANEXO B. DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS Y SUB SISTEMAS. ....                            | 82   |
| ANEXO C. HOJAS DE TRABAJO Y DECISIÓN LÍNEA TERMO-COMPRESIÓN<br>.....             | 121  |
| ANEXO D. PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO LÍNEA TERMO-<br>COMPRESIÓN CCM64MB..... | 148  |

## RESUMEN

**TÍTULO:** DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO BASADA EN RCM PARA LA LÍNEA DE TERMO COMPRESIÓN DE TAPAS PLÁSTICAS N°5 EN IBERPLAST S.A.<sup>1</sup>

**AUTOR:** LUIS FERNANDO RÁTIVA ESPITIA<sup>2</sup>.

**PALABRAS CLAVES:** MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD, DISPONIBILIDAD, FALLA, MATRIZ DE FALLO.

**DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:** Ésta monografía plantea una estrategia de mantenimiento basada en RCM para la línea de termo-compresión de tapas plásticas n°5 en Iberplast S.A., esto implica que se busque tener la línea de producción en condiciones óptimas de funcionamiento, de manera tal, que se logren realizar adecuadamente las funciones para la que fue adquirida. Implica también el conocimiento y estudio en detalle de las condiciones actuales en las que se ejecuta la función, y a su vez, las condiciones que pueden llevar la línea a falla.

En su orden, se desarrolló un estudio sobre el estado actual de la línea, la recolección de datos, la definición de sistemas y subsistemas que la componen, el análisis funcional de fallas, el análisis de los modos y efectos de fallo, y la determinación de tareas e intervalos de tiempo relacionados con el mantenimiento, en consideración con las recomendaciones propias del fabricante.

Posterior a la evaluación y análisis de la información recopilada, se identifican oportunidades de mejora del plan actual, en las cuales se basó la formulación de la propuesta presentada, con el fin de mejorar y aportar a la gestión de mantenimiento de la empresa.

Se concluyen algunas recomendaciones para la modificación del plan de mantenimiento actualmente administrado por SAP, así como sugerencias para la implementación de esta estrategia a mediano plazo.

---

<sup>1</sup> Monografía.

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.  
Director: Pedro José Díaz Guerrero, M.Sc. Ingeniero Mecánico.

## SUMMARY

**TITLE:** DESIGN OF A MAINTENANCE STRATEGY BASED ON RCM FOR THE LINE OF THERMO COMPRESSION OF PLASTIC LIDS N ° 5 AT IBERPLAST S.A.<sup>3</sup>

**AUTHOR:** LUIS FERNANDO RÁTIVA ESPITIA<sup>4</sup>.

**KEYWORDS:** MAINTENANCE CENTERED RELIABILITY, RELIABILITY, MAINTAINABILITY, AVAILABILITY, FAULT, ARRAY FAILURE.

**DESCRIPTION OR CONTENTS:** This monograph sets up a maintenance strategy based on RCM for the thermo-compression line of plastic caps No. 5 at Iberplast SA, which implies that the production line should be optimized in order to achieve optimum operating conditions Perform the functions for which it was acquired. It also implies the knowledge and study in detail of the current conditions in which the function is cast, and once, the conditions that can lead the line a fault.

In order, a study was carried out on the current state of the line, data collection, definition of systems and subsystems that compose, functional fault analysis, analysis of failure modes and effects, and determination of Tasks and intervals related to maintenance, in consideration of the manufacturer's recommendations.

After the evaluation and analysis of the information collected, they identify the opportunities for improvement of the current plan, on which the formulation of the presented proposal was based, in order to improve and manage the maintenance of the company.

We conclude some recommendations for the modification of the maintenance plan currently administered by SAP, as well as suggestions for the implementation of this strategy in the medium term.

---

<sup>3</sup> Monograph.

<sup>4</sup> School of Engineering Physics and Mechanics. Specialization in Maintenance Management. Director: Pedro José Díaz Guerrero, M.Sc. Mechanical Engineer.

## INTRODUCCIÓN

La industria en su esfuerzo por entregar al mercado la mayor eficiencia, eficacia y competitividad, ha llevado a muchos a desarrollar metodologías que rompan los esquemas tradicionales de mantenimiento en busca que contribuyan en gran medida a maximizar la confiabilidad y disponibilidad sostenible de los activos productivos.

Este es el caso de Iberplast S.A, en donde se refleja la necesidad de mejorar la confiabilidad y disponibilidad de las líneas de termo-compresión con el fin de aumentar su eficiencia productiva por medio de la disminución de los tiempos muertos por mantenimientos correctivos que han llegado a ser catastróficos por la falta de un análisis profundo de las fallas que se presentan, y por un plan de mantenimiento preventivo en el cual solo se busca preservar el activo físico mas no su función.

Después de evaluar dichas necesidades, y estudiando las distintas metodologías de mantenimiento que pueden ser aplicadas para contribuir a la mejora de la eficiencia de los equipos productivos, se evidencia que RCM (*Reliability Centered Maintenance*, según su sigla en inglés) es el camino a seguir para asegurar la preservación de la funcionalidad e integridad de la línea de termo-compresión por medio de un plan de mantenimiento efectivo.

Con esta propuesta se busca generar una estrategia de mantenimiento basada en RCM y aplicable para la línea de termo compresión de tapas plásticas CCM64MB N°5, que al ser implementada en un mediano plazo mejore su confiabilidad y disponibilidad operacional.

## 1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.1 MARCO REFERENCIAL

IBERPLAST S.A., es una compañía dedicada a la fabricación y comercialización nacional e internacional de tapas y preformas, elaborados con resinas plásticas, acero cromado y aluminio para bebidas carbonatadas, agua mineral, entre otros. Adicionalmente, provee servicios de impresión en lámina metálica con la mejor tecnología.

Es una empresa de la Organización Ardila Lülle (OAL), uno de los principales conglomerados empresariales de Colombia y de América Latina. Las empresas que la conforman están dedicadas a la producción y transformación de bienes y servicios en los sectores de bebidas, ingenios azucareros, comunicaciones, empaques, agroindustria, seguros, deportes y automotores, entre otros. La Organización nació en 1951 gracias a la visión de negocios de su fundador y gestor Carlos Ardila Lülle, uno de los empresarios con mayor reconocimiento no solo en Colombia sino también en todo el continente americano, por su capacidad de emprendimiento, liderazgo y compromiso con el desarrollo del país y la región. Hoy en día, esta organización genera empleo para más de 40.000 personas.

**1.1.1 Misión de la empresa.** Producir y comercializar envases y empaques elaborados con resinas plásticas, acero cromado o aluminio, y la prestación de servicios de impresión en lámina metálica que cumplan las normas nacionales e internacionales, o acuerdos privados de calidad.

**1.1.2 Visión de la empresa.** Ser la empresa líder en el mercado nacional y reconocida internacionalmente en la industria de envases y empaques plásticos

(acero o aluminio), con estándares y normas de categoría mundial en armonía con la calidad y el medio ambiente con decidido trabajo en equipo, proyectándose a nivel subregional e internacional la imagen de la compañía.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

IBERPLAST S.A es una compañía dedicada a la fabricación y comercialización nacional e internacional de tapas y preformas, elaborados con resinas plásticas, acero cromado y aluminio para bebidas carbonatadas, agua mineral, entre otros. Adicionalmente, provee servicios de impresión en lámina metálica con la mejor tecnología. Cuenta con una gran infraestructura enfocada a suplir las necesidades de producción. En su mayoría para su principal cliente Postobón S.A y clientes terceros de la industria alimenticia y farmacéutica. La planta se encuentra dividida en áreas de producción: Inyección de preformas, Inyección de cajas plásticas, línea metálica, extrusión-soplado, impresión y termo compresión de tapas plásticas.

El área de producción de tapas plásticas cuenta con seis líneas de termo-compresión, corte y doblado, además de 4 líneas para el ensamble de liner o empaque interior de la tapa plástica. Cuatro de las líneas de termo compresión corresponden a máquinas SACMI CCM32 que trabajan a una cadencia de 550 tapas por minuto, y las dos últimas de referencia CCM64 corresponden a termocompresoras que trabajan a una cadencia de 1200 tapas por minuto y representan el 60% de la producción total de tapas plásticas.

En la actualidad, la exigencia en los niveles de producción de tapa plástica es supremamente alta, si se tiene en cuenta que las ordenes de producción de la línea completa oscilan entre 130 y 140 millones de tapas / mes, siendo 165 millones de tapas / mes la capacidad instalada. Con relación al comportamiento productivo de

la línea completa de tapas plásticas, el indicador de eficiencia global de equipos al mes de marzo de 2016 fue de 85,7%. Sin lugar a duda se encuentra dentro de un nivel muy cercano a un indicador de clase mundial, pero que puede ser mejor si no se viera afectado por las pérdidas de funcionalidad que generan tiempos perdidos en la línea.

Los tiempos perdidos han sido identificados dentro de un análisis de Pareto en el que se evidencia que en el 20% de las causas se encuentra el 80% de los tiempos perdidos representados en paros por fallas de la función de los equipos y cambios de referencia. En el caso particular de la línea de termo compresión CCM64-5, el indicador global de eficiencia para el mes de abril de 2016 fue 80,4% pero los tiempos perdidos por fallas representan el 60% del total de los tiempos muertos. Como los dos termo-compresores CCM64 representan el 60 % de la producción total de tapas plásticas, es necesario mantener su funcionalidad para aumentar su confiabilidad y disponibilidad con el fin de disminuir el número de paros por fallas.

Por lo anteriormente expuesto, se ha decidido trabajar en una estrategia basada en RCM para la línea de termo-compresión CCM64-5 que por medio de un plan eficiente de mantenimiento permita mantener su funcionalidad y de esta manera disminuir drásticamente el número de paros por fallas, aumentando su confiabilidad y disponibilidad para aportar de esta manera a los altos niveles productivos de Iberplast S.A.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo general.**

Diseñar una estrategia de mantenimiento basada en RCM para la línea de termo compresión de tapas plásticas N°5 en IBERPLAST S.A.

**1.3.2 Objetivos específicos.** Para el cumplimiento del objetivo general se plantea lo siguiente:

- Determinar los sistemas y subsistemas más críticos de la línea de termo compresión de tapas plásticas.
- Desarrollar la propuesta con base en la metodología de siete fases principales para un estudio de RCM.
- Sugerir un plan de mantenimiento para la línea de termo-compresión de tapas plásticas de acuerdo a los resultados que se obtengan del desarrollo metodológico

## 2. GENERALIDADES DEL PROCESO OPERATIVO

Iberplast S.A, cuenta con un organigrama administrativo vertical, dentro del cual se encuentra la estructura técnica con la que se sostiene la operación productiva bajo los departamentos de operaciones y logística, mantenimiento y calidad. En este caso se dará principal importancia y se explicará lo correspondiente al departamento de mantenimiento en donde recaerá el enfoque principal de este estudio, y en un futuro cercano la ejecución y puesta a punto del mismo. Adicionalmente, se explicarán las capacidades de producción de la planta general y en especial de la línea de termo-compresión y enlaidado de tapas plásticas.

### 2.1 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

El departamento de mantenimiento se encuentra conformado según el organigrama expuesto en la figura 1.

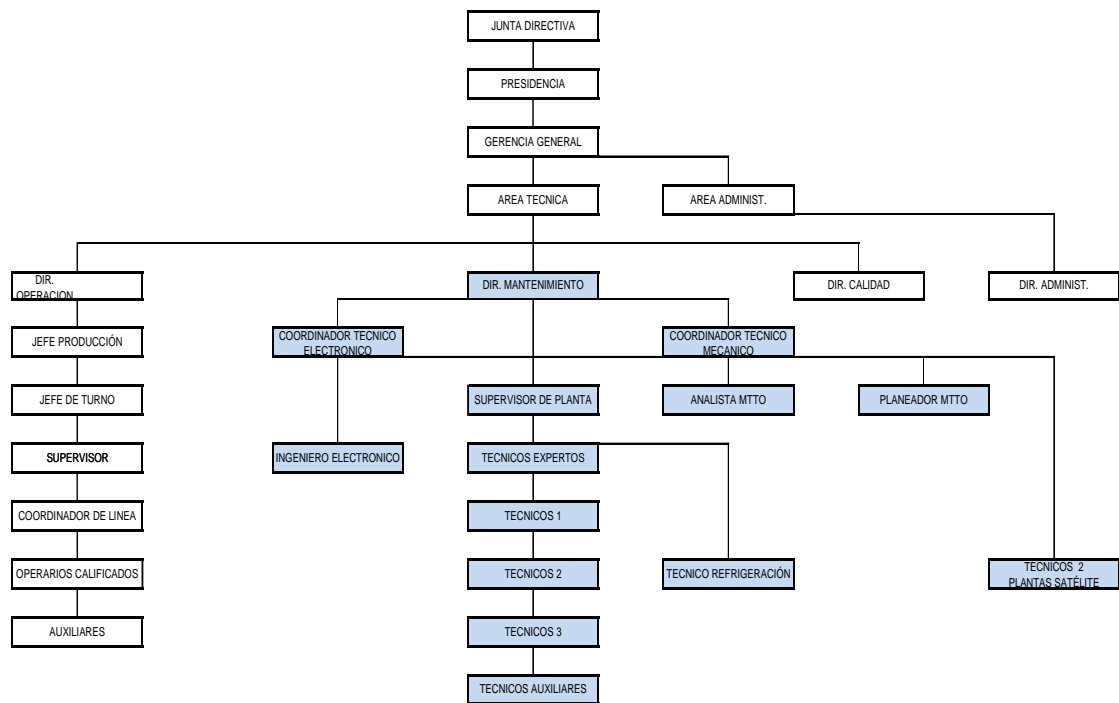
**2.1.1 Ejecución de mantenimiento preventivo.** El programa de mantenimiento preventivo se encuentra establecido según las recomendaciones de los fabricantes y mejorados a través del tiempo por las experiencias de ingenieros, supervisores y técnicos del área. Se encuentra documentado y controlado en el módulo PM de S.A.P<sup>5</sup>. El área cuenta con un planeador de mantenimiento quien se encarga del control documental de este módulo, modificaciones, lanzar las ordenes de mantenimiento que se requieran adelantar por necesidades de las líneas de producción, y generar el plan semanal de mantenimiento preventivo que es

---

<sup>5</sup> La sigla de este software significa “Sistemas, Aplicaciones y Productos en Procesamiento de Datos”

evaluado y aprobado en el comité diario de planta compuesto por los directores del área técnica.

**Figura 1. Organigrama área de mantenimiento.**



Las ordenes de mantenimiento lanzadas por S.A.P, son recibidas por el supervisor de mantenimiento de planta quien se encarga de asignar el recurso humano, insumos y repuestos necesarios para la ejecución. Las paradas de las máquinas son coordinadas por el jefe de turno del área productiva junto con los supervisores y operarios y técnicos de línea.

Una vez se ejecutan los mantenimientos, se notifican las ordenes en el módulo PM con el fin de llevar el registro de las actividades y repuestos utilizados.

**2.1.2 Ejecución de mantenimiento correctivo.** Se realiza por medio de requisiciones generadas por los operarios de las líneas y avaladas por el jefe de turno. Son recibidas por el supervisor de mantenimiento de planta y/o los supervisores expertos de mantenimiento, quienes se encargan de dirigir el recurso técnico para afrontar las ejecuciones. El control de la ejecución de las requisiciones en donde se registran los tiempos invertidos son relacionadas en S.A.P al equipo correspondiente para llevar el historial de fallas, costos de repuestos, tiempos de ejecución y recurso humano invertido.

**2.1.3 Recursos del área de mantenimiento.** Se define recurso como: “fuente o suministro del cual se produce un beneficio” (Real academia Española, 2014). En este caso se definirá el recurso humano y económico con el que cuenta el área.

**Recurso Humano.** El área se encuentra organizada según la figura 1 (Organigrama de mantenimiento) de la siguiente forma:

- Director de mantenimiento (Un profesional especialista).
- Coordinador técnico mecánico y eléctrico (Dos profesionales).
- Supervisor Experto ( Tres profesionales)
- Supervisor de planta (Cinco profesionales entre ingenieros y tecnólogos).
- Técnicos (Treinta y seis personas entre tecnólogos, técnicos y auxiliares).
- Planeador de Mantenimiento (Un profesional)
- Analista de Mantenimiento (Un profesional)

La dirección de mantenimiento, coordinadores, planeador y analista de mantenimiento, son parte del grupo administrativo del área, encargados del control de personal y actividades de mantenimiento de la planta principal y de las plantas satélites que operan en las líneas de llenado de Postobón S.A.

Siendo este recurso el más importante del área, se busca que el personal cuente con la mayor experiencia capacidad para: dar solución de problemas técnicos, trabajar en equipo, analizar, resolver conflictos, utilizar de manera eficiente los recursos de la compañía, entre otros.

**Recursos económicos.** El presupuesto asignado al área es estudiado y propuestos por la Dirección de mantenimiento según:

- El inventario de repuestos actual.
- Las programaciones de mantenimiento preventivo en donde se incluyen repuestos e insumos.
- Mantenimientos mayores a ejecutar.
- Servicios técnicos externos.
- Modificaciones a equipos que se requieran durante el periodo.

Este presupuesto es aprobado para un periodo anual por el comité de Gerencia compuesto por la Gerencia General, Directores de área técnica y administrativa; en donde se discute y estudia de acuerdo a los presupuestos ejecutados en los últimos dos años y proyecciones de ventas para el periodo. El control de este presupuesto se lleva día a día como parte de la gestión del área, con el propósito de cumplir con su ejecución estricta, además de disminuir gastos innecesarios y evitar sobrecostos.

**Inventario de repuestos.** Es responsabilidad del área mantener un stock de repuestos adecuado para afrontar los mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos. De este inventario dependen los tiempos de respuesta en las ejecuciones, el buen estado y desempeño de los equipos productivos. El almacén general es el encargado del resguardo y control de los inventarios, como también de su alistamiento.

**2.1.4 Niveles generales de producción.** Hoy en día, la demanda productiva de Iberplast S.A es alta y exigente, debido al compromiso de abastecimiento que se proyecta día a día con su principal cliente estratégico Postobón S.A. Esto demanda la transformación aproximada de más de 3.800 toneladas mensuales de resinas plásticas como PET<sup>6</sup>, polietileno de alta y baja densidad, polipropileno, policarbonato, además de lámina de aluminio y latón. Iberplast S.A se encuentra dividida en ocho áreas productivas:

- Inyección de preformas (PET).
- Inyección de cajas plásticas (polietileno de alta densidad).
- Termo-compresión y enlainado tapas plásticas (polipropileno y polietileno).
- Impresión De tapas, cajas y envase PRB.
- Extrusión - soplado (polipropileno y policarbonato).
- Soplado interno.
- Soplado externo.
- Metales.

En el año 2015 fueron procesadas 46.650 toneladas de materia prima entre las áreas anteriormente descritas y discriminadas según la siguiente figura:

Notablemente se observa que el procesamiento de PET para la producción de preformas, el polietileno de alta densidad para las cajas plásticas y el polipropileno para la fabricación de tapas plásticas son las materias primas que más relevancia toman.

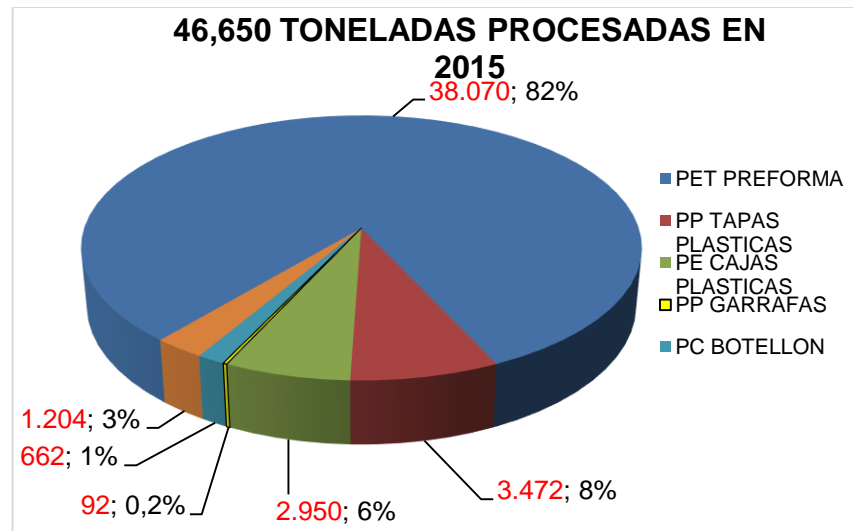
**2.1.5 Nivel de producción línea de tapas plásticas.** Para el año 2015 fueron procesadas 3572 toneladas de Polipropileno para la fabricación de

---

<sup>6</sup> Es la abreviatura de polietileno tereftalato, una resina plástica y una forma de poliéster.

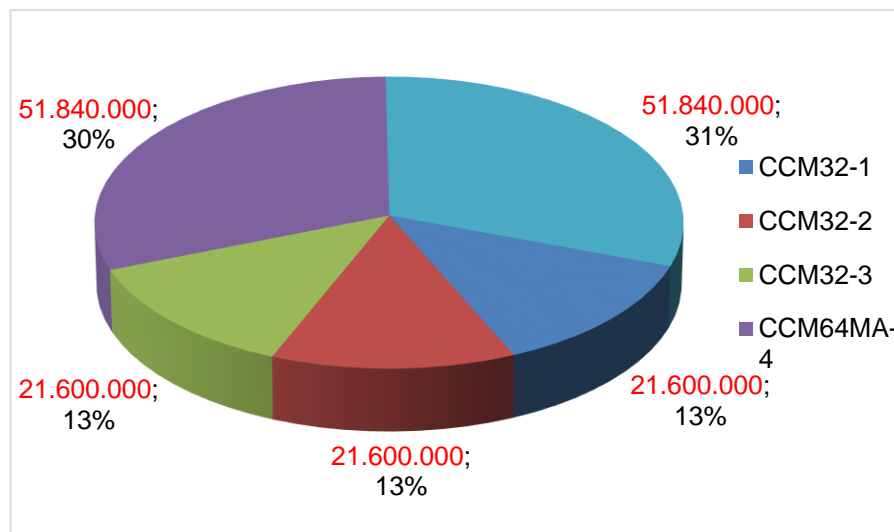
aproximadamente 1.360 millones de tapas plásticas en esta línea con una capacidad instalada de 170 millones de tapas al mes. Esta capacidad se encuentra dividida como se muestra en la figura 3.

**Figura 2. Distribución de la producción año 2015.**



Fuente: Indicadores Dirección de Operaciones IBP. 2015.

**Figura 3. Capacidad instalada línea tapas plásticas.**



Fuente: Indicadores Dirección de Operaciones IBP. 2015.

### 3. DESARROLLO CONCEPTUAL

#### 3.1 ASPECTOS GENERALES DEL PROCESO DE TERMO-COMPRESIÓN DE TAPAS PLÁSTICAS

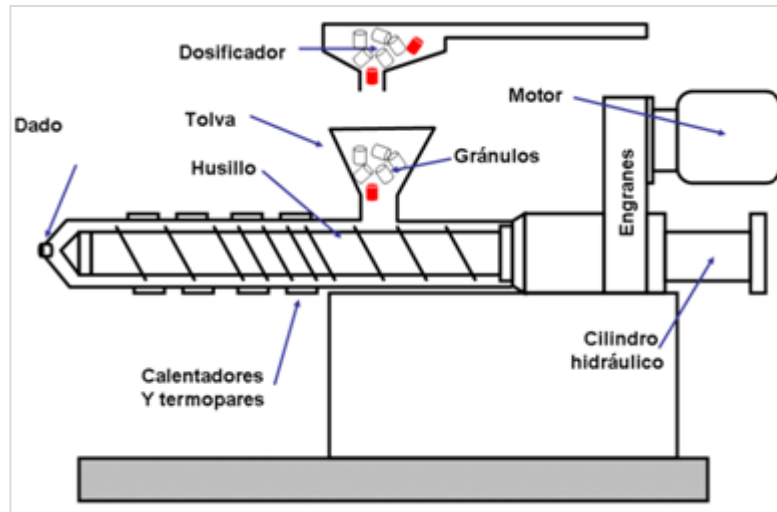
La extrusión de polímeros y el moldeo por compresión continua son los procesos básicos que interfieren en una línea de termo-compresión de tapas plásticas. “Más del 65% de las tapas plásticas a nivel mundial son producidas mediante compresión. No hay duda de las ventajas ofrecidas por la compresión en términos de bajos costos de producción y mejor calidad del producto”. (Sacmi Imola, 2008).

**3.1.1 Proceso de extrusión.** La extrusión de polímeros es un proceso industrial, en donde se realiza una fusión del plástico alimentado en pelets por flujo continuo dentro de un barril o cañón dotado con resistencias, que por medio de empuje por la acción giratoria de un husillo (tornillo de Arquímedes) se hace pasar por una boquilla encargada de darle la forma deseada. La tarea del extrusor es plastificar el compuesto, es decir, fundir, mezclar y preparar correctamente el material para el proceso de moldeo. La extrusión presenta alta productividad y es el proceso más importante de obtención de formas plásticas en volumen de producción. Su operación es de las más sencillas, ya que una vez establecidas las condiciones de operación, la producción continúa sin problemas siempre y cuando no exista un problema mayor.

La restricción principal es que los productos obtenidos por extracción deben tener una sección transversal constante en cualquier punto de su longitud (tubo, lámina) o periódica (tubería corrugada); quedan excluidos todos aquellos con formas irregulares o no uniformes. La mayor parte de los productos obtenidos de una línea

de extrusión requieren de procesos posteriores con el fin de habilitar adecuadamente el artículo. (Tecnología de los Plásticos, 2011)

**Figura 4. Diseño genérico de un extrusor.**



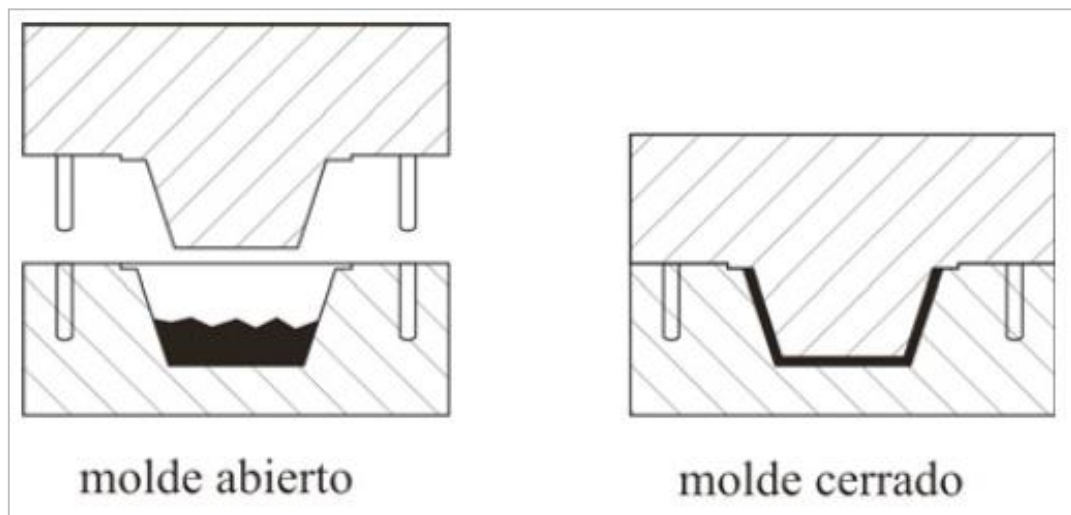
Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Extrusi3n\\_de\\_pol3mero](https://es.wikipedia.org/wiki/Extrusi3n_de_pol3mero).

En el caso de la fabricaci3n de tapas por compresi3n, se adicionar3 una prensa de moldeo.

**3.1.2 Proceso de moldeo por compresi3n.** Es un m3todo en el que el material precalentado es colocado en la cavidad del molde abierto. El molde se cierra, se aplica calor y presi3n para forzar al material a entrar en contacto con todas las 3reas del molde, mientras que el calor y la presi3n se mantiene hasta que el material ya moldeado se ha curado y enfriado por efectos de la refrigeraci3n del molde. El proceso se emplea en resinas termoestables y para el caso de la fabricaci3n de tapas pl3sticas en pelets. La ventaja de moldeo por compresi3n es su capacidad para moldear piezas bastante complejas. Adem3s, es uno de los m3todos de m3s bajo costo en comparaci3n con el moldeo por otros m3todos tales como moldeo por

transferencia y moldeo por inyección. Por otra parte se desperdicia poco material, dándole una ventaja cuando se trabaja con compuestos caros. (Tecnología de los Plásticos, 2011)

**Figura 5. Esquema de moldeo por compresión.**

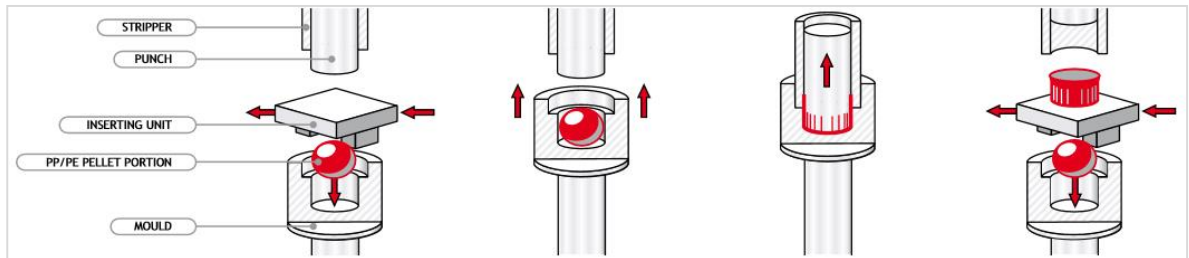


Fuente. <http://3.bp.blogspot.com>

**3.1.3 Fabricación de tapas en moldeo por compresión.** Según los desarrollos de Sacmi Imola (2008), “Las prensas hidráulicas rotativas CCM están especialmente diseñadas para producir termoplásticos mediante compresión. Se lleva a cabo un ciclo de trabajo continuo durante el cual el material plástico es alimentado desde una unidad de plastificación, cortado en pelets de medida precisa, que posteriormente son insertados en el interior de las cavidades. Un sistema hidráulico se encarga de cerrar los moldes con una presión que puede ser regulada mientras el ciclo de producción se está llevando a cabo. La tarea del extrusor es plastificar el compuesto, es decir, fundir, mezclar y preparar correctamente el material fundido para el proceso de moldeo. La mayor parte de la energía requerida para plastificar el compuesto deriva de la fricción mecánica del trabajo del sistema husillo-barril-

material y no de los elementos de calentamiento del barril". El proceso se define gráficamente como se muestra en la figura 6.

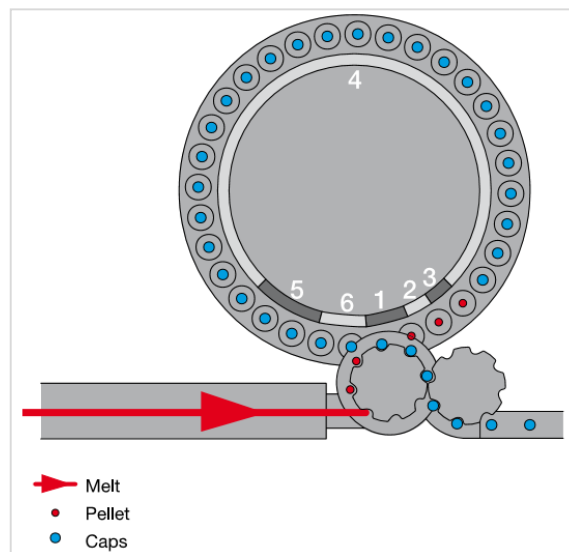
**Figura 6. Formación de la tapa por compresión.**



Fuente:

[http://www.sacmi.com/System/00/02/01/20196/634739749709728306\\_1.pdf](http://www.sacmi.com/System/00/02/01/20196/634739749709728306_1.pdf).

**Figura 7. Formación de tapa plástica.**



Fuente:

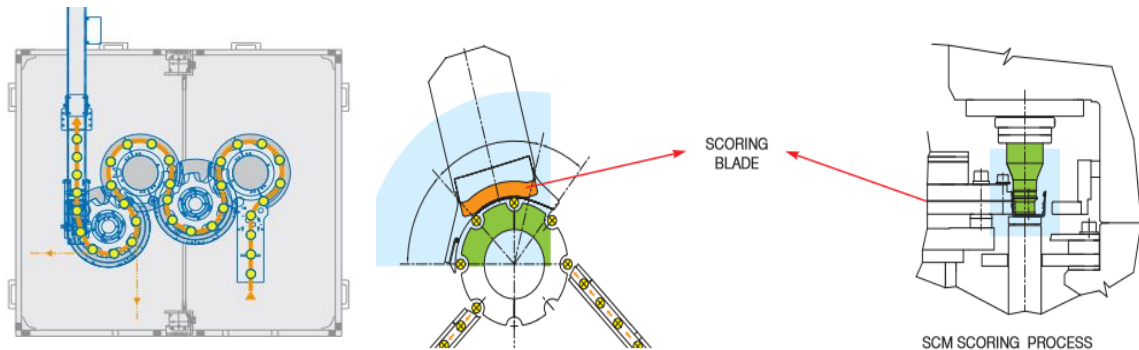
[http://www.sacmi.com/System/00/02/01/20196/634739749709728306\\_1.pdf](http://www.sacmi.com/System/00/02/01/20196/634739749709728306_1.pdf)

Dentro de las ventajas descritas por el fabricante (Sacmi Imola, 2008) que ofrece la utilización de esta tecnología se encuentran:

- Tiempos de ciclo más cortos que resultan en una mayor productividad. La utilización de menor temperatura en el proceso de extrusión permite que se enfríe la tapa en el molde mucho más rápido.
- Menor consumo de energía. Temperaturas más bajas de extrusión significan menor cantidad de energía requerida para llevar el plástico a temperatura de extrusión. Estando el plástico más frío, se requiere menos energía para operación de los equipos de refrigeración. Esto puede resultar en un ahorro de energía de hasta de un 45% comparado con otros procesos como inyección.
- Mayor densidad específica. Menor temperatura permite lograr una densidad específica más alta; adicionalmente, el punto de inyección, el cual agrega tensión al material fundido, está ausente. Esta condición tecnológica proporciona propiedades mecánicas y una consistencia que no es alcanzable mediante la inyección.
- Cambios rápidos de color. Se logran rápidamente al no tener que limpiar una cámara caliente, la cual está ausente en el proceso de compresión a diferencia del proceso de inyección.
- Menor desperdicio reflejado en menores costos. A diferencia de los procesos de inyección, en la compresión no es necesaria la purga de un canal caliente de molde. Por la disposición vertical de los moldes, el desgaste es mucho menor que un molde dispuesto horizontalmente, el cual es afectado por gravedad.

Una vez formada la tapa en el proceso de moldeo por compresión, es necesario realizar el doblado y corte de la banda o precinto de seguridad. Este proceso se lleva a cabo en la unidad SFM12L.

**Figura 8. Corte de banda de seguridad y doblado de folding.**



Fuente:

[http://www.sacmi.com/System/00/02/01/20196/634739749709728306\\_1.pdf](http://www.sacmi.com/System/00/02/01/20196/634739749709728306_1.pdf).

### **3.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Inicia desde 1930 y abarca tres generaciones explicadas a continuación.

**3.2.1 Primera generación.** Cubre el periodo de la segunda guerra mundial en donde la industria no era altamente mecanizada y los equipos eran sobre diseñados, lo que los hacía confiables y fáciles de reparar. Las reparaciones únicamente se ejecutaban cuando los equipos sufrían daños.

**3.2.2 Segunda generación.** La mecanización aumentó en los años 50. Se dio la evolución a máquinas más complejas y se introdujo el mantenimiento planificado. Se inicia una dependencia por la producción de las máquinas y por ende se presta bastante atención a las paradas por fallos. De esta necesidad en 1960 surge la idea del mantenimiento preventivo en donde se contempló ejecutar overhauls programados en intervalos de tiempo menores. La planeación del mantenimiento fue desarrollada también para empezar a controlar los costos de mantenimiento.

**3.2.3 Tercera generación.** Desde mediados de 1970 la industria sufrió un gran impulso. Los cambios pudieron ser clasificados bajo la búsqueda de nuevas expectativas con la llegada de la automatización.

Los tiempos de parada fueron controlados para evitar que un equipo afectara la producción de toda una planta (ver figura 9).

Las nuevas investigaciones sobre los comportamientos de las fallas lleva a clasificarlas en seis grandes grupos introduciendo el concepto de curva de la bañera<sup>7</sup>, y a raíz de esto se empiezan a buscar y asignar tareas enfocadas en disminuir su recurrencia (ver figura 10).

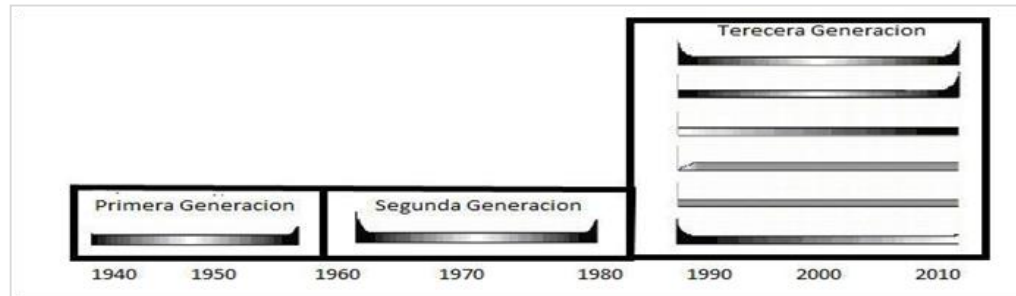
**Figura 9. Expectativas de mantenimiento.**



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Traducido por Ellman, Sueiro y Asociados. Edición en español. Ashville, North Carolina: Aladon LLC. 2004. p.3.

<sup>7</sup> Figura que representa los fallos durante el período de vida útil de un sistema o máquina.

**Figura 10. Cambios en puntos de vista sobre la falla de equipos.**



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Traducido por Ellman, Sueiro y Asociados. Edición en español. Ashville, North Carolina: Aladon LLC. 2004. p.4.

En cuanto a las nuevas técnicas, en los últimos 20 años se han planteado diversos modos de hacer mantenimiento por medio de monitoreo por condición, mejoras en los diseños direccionándolos a la confiabilidad, estudios de riesgos, computadores de menor tamaño, análisis de modos de falla y sus efectos, trabajos multifacéticos, entre otros (ver figura 11) con el único objetivo de mejorar el rendimiento de los activos.

**Figura 11. Evolución de las técnicas de mantenimiento.**



Fuente. MOUBRAY, John. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Traducido por Ellman, Sueiro y Asociados. Edición en español. Ashville, North Carolina: Aladon LLC. 2004. p.5.

**3.2.4 Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM).** La primer industria que asumió el desafío de aplicar técnicas novedosas fue la aviación comercial Norteamericana quienes eran conscientes que muchas de sus filosofías de mantenimiento además de ser costosas no estaban aportando a hacer de la aviación un modo confiable de transporte. Fue documentado por primera vez en un reporte escrito por F.S. Nowlan y H.F. Heap, que a su vez fue publicado por el Departamento de Defensa de U.S. en 1978. Fue titulado *RELAIBILITY CENTERED MAINTENACE* (MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD), y dentro de este fueron destacados los programas de mantenimiento para aviones comerciales de la época. Desde entonces ha sido acogido por diferentes industrias alrededor del mundo como alternativa de estudio de los sistemas y sus fallas funcionales clasificándolas de acuerdo al impacto en la seguridad, operación y costo. Como resultado al estudio de F.S. Nowlan y H.F. Heap, fue redactada la norma SAE JA1011 que contempla los criterios que cualquier proceso de RCM debe cumplir.

A continuación se dan algunas definiciones de varios autores:

- “Es un proceso usado para determinar el mantenimiento de un activo físico en su contexto operativo” (Elsevier, 2002).
- “El RCM es una técnica de organización de las actividades y de la gestión del mantenimiento para desarrollar programas que se basan en la confiabilidad de los equipos en función del diseño y de la construcción de los mismos. El RCM asegura un programa efectivo de mantenimiento que se centra en que la confiabilidad original inherente al equipo se mantenga” (marks, 1997).
- “Es un proceso específico utilizado para identificar las políticas que deben ser implementadas para el manejo de los modos de falla que pueden causar una falla funcional de cualquier activo físico en un contexto operacional dado” (SAE International, 2002)
- “Es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para garantizar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual” (Moubray, 2004).

**3.2.5 Objetivos del RCM.** De acuerdo con lo expuestos por MORA (2012) Los objetivos principales de aplicación de RCM en cualquier industria son los siguientes:

- Eliminar las averías de las máquinas.
- Suministrar fuentes de información de la capacidad de producción de la planta a través del estado de sus máquinas y equipos.
- Minimizar los costos de mano de obra de reparaciones, en base a un compromiso por parte de los responsables de mantenimiento en la eliminación de fallas de máquinas.
- Planificar con anticipación las necesidades de mantenimiento.
- Establecer horarios de trabajo más razonables para el personal de mantenimiento.

- Permitir a los departamentos de Producción y Mantenimiento una acción conjunta y sincronizada a la hora de programar y mantener la capacidad de producción de la planta.
- Incrementar los beneficios de explotación directamente mediante la reducción de los presupuestos del departamento de mantenimiento.

**3.2.6 Algunas de las ventajas del RCM.** Sin lugar a duda, la ventaja principal es el aumento de la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas y equipos, sin restar relevancia a las siguientes expuestas por (Moubray, 2004, págs. 19,20):

- Crea un espíritu altamente crítico en todo el personal (operaciones y mantenimiento) frente a condiciones de fallas y averías.
- Logra importantes reducciones del costo de mantenimiento.
- Optimiza la confiabilidad operacional, maximiza la disponibilidad, y/o mejora la mantenibilidad de sus plantas y equipos.
- Integra las tareas de mantenimiento con el contexto operacional.
- Fomenta el trabajo en grupo convirtiéndolo en algo rutinario.
- Incrementa la seguridad operacional y la protección ambiental.
- Optimiza la aplicación de las actividades de mantenimiento tomando en cuenta la criticidad e importancia de los activos dentro del contexto operacional.
- Establece un sistema eficiente de mantenimiento preventivo.
- Aumenta el conocimiento del personal tanto en operaciones como en mantenimiento con respecto a los procesos operacionales y sus efectos sobre la integridad de las instalaciones.
- Involucra a todo el personal que tiene que ver con el mantenimiento en la organización (desde la alta gerencia hasta los trabajadores de planta).
- Facilita el proceso de Normalización a través del establecimiento de procedimientos de trabajo y de registro.

**3.2.7 Limitación del RCM.** La más alta limitación es el factor humano con que cuenta la organización, ya que de este depende el éxito de la metodología. En este sentido el equipo de trabajo juega un papel muy importante, debido a que será este el único responsable de divulgar de manera correcta y eficiente esta filosofía de manera que las personas involucradas con el RCM no vean este cambio como un problema, sino como una solución a sus problemas (Moubray, 2004).

### **3.3 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA AMFE**

Entendiéndose “falla” como “la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que los usuarios quieren que haga” (Moubray, 2004), se basa en el análisis de fallas potenciales en un sistema, clasificados por su gravedad o por sus efectos; es decir, se otorga una prioridad a las fallas dependiendo de qué tan graves sean sus consecuencias, la frecuencia en la que se presentan y la dificultad para ser localizadas. Este proceso de análisis debe tener en cuenta: Funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla. Los efectos o consecuencias de las fallas son posteriormente evaluados para determinar posibles medios de prevención. Para poder realizar un análisis de modo de falla y efectos, es necesario tener claro los siguientes conceptos.

**3.3.1 Contexto operacional.** Para clasificar las funciones deseadas para un equipo, se debe tener un claro entendimiento del contexto operacional en el que funciona el equipo. Datos tales como el ciclo de operación, tipo de proceso, redundancias, estándares de calidad, medio ambiente, riesgos de seguridad, ciclos de trabajo, productos en proceso, disponibilidad y confiabilidad exigida y consecuencias de indisponibilidad, abastecimiento de materias primas, disponibilidad de mano de obra y repuestos, etc. Aunque dos equipos sean

idénticos, y si operan en distintas plantas, pueden requerir de planes de mantenimiento totalmente distintos si sus contextos de operación son diferentes.

**3.3.2 Funciones y niveles de desempeño.** En primera instancia, debe establecerse cuál es la función y capacidad con la que debe cumplir el equipo de acuerdo a la visión y necesidades del usuario. Para definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, es necesario clasificarlas en funciones primarias y secundarias.

**3.3.3 Funciones primarias.** Describe el objetivo principal de la adquisición del activo junto con sus características principales de funcionamiento tales como velocidad, presión, temperatura, producción, capacidad de carga, calidad del producto, entre otros. Son generalmente fáciles de reconocer. El nombre de la mayoría de los activos físicos se basa en su función primaria. Para describirlas se debe utilizar un Verbo + Sujeto (Cerrar flujo, contener fluido, transmitir señal, comprimir aire, bombear agua).

**3.3.4 Funciones secundarias.** Según la norma JA 1012, es toda función adicional de la primaria que cumplen los activos físicos, y son establecidas bajo los siguientes once criterios para asegurar que ninguna de estas funciones sea obviada o pasada por alto.

- Integridad Ambiental: Magnitud de cumplimiento del activo con las normas o regulaciones ambientales corporativas.
- Seguridad: Amenazas específicas a la seguridad inherentes al diseño o a la operación del proceso.
- Integridad: Proveer soporte o una cierta seguridad a otro elemento.
- Control: Regular el desempeño del activo. La indicación y la retroalimentación forman un subconjunto importante de las categorías de control de las funciones.

- Contención: Almacenar y contener materiales.
- Confort: proporcionar comodidad física en los activos frente a los operarios y técnicos. Se deben tratar en la fase de diseño.
- Apariencia: brindar comodidad y seguridad visual a operarios y técnicos por medio de código de colores.
- Protección: Evitar, eliminar, o minimizar las consecuencias de la falla de alguna otra función. Estas funciones están asociadas con dispositivos o sistemas que advierten a los operadores de condiciones anormales (luces de advertencia o alarmas), detienen el equipo en caso de una falla funcional (mecanismos de parada), eliminan o relevan las condiciones anormales causadas por una falla funcional (mecanismos de alivio, sistemas contra incendios, preservadores de vida), realizan una función que haya fallado (componentes estructurales redundantes, plantas de emergencia), e Impiden, en primer lugar, el surgimiento de situaciones peligrosas (señales de advertencia, cubiertas protectoras).
- Economía/eficiencia: Controlar los costos globales esperados. Expresados directamente como tasas de consumo de energía y tasa de desgaste de materiales de proceso.
- Funciones Superfluas: Incorporar elementos o componentes que no cumplen ni desempeñan ninguna función. Esto sucede cuando el equipo o la manera en la cual es utilizado se ha modificado con el tiempo.
- Funciones “Confiables”: De hecho, la confiabilidad no es una función en sí misma, es un desempeño esperado que comprende todas las otras funciones. Las metas de confiabilidad/disponibilidad globales deben ser documentadas en la definición del contexto operacional.

**3.3.5 Fallas funcionales o estados de falla.** Identifican todos los estados inesperados de falla del sistema en donde se vuelve incapaz de desempeñar la función para la que fue concebido. Los estados de falla están directamente relacionados con las funciones deseadas. Según Moubray, “una falla funcional se

define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario” (2004). Una vez se establezcan todas las funciones deseadas de un activo, identificar las fallas funcionales será mucho más fácil.

**3.3.6 Modos de falla.** Un modo de falla es una de las posibles causas por la cual un equipo puede llegar a un estado de falla, es decir, cada falla funcional puede tener uno o más modos de falla, y todos deben ser identificados durante el análisis de RCM, listando también la causa raíz para ser más preciso en el “porqué” ocurre la falla. “Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional” (Moubray, 2004, pág. 56).

**3.3.7 Estudio de modos de falla.** Cuando los modos de falla han sido identificados, es posible considerar que sucede cuando ocurre, evaluar las consecuencias y decidir si debería hacerse algo para anticipar, prever, detectar, corregir, o hasta rediseñar (Moubray, 2004, pág. 58). Este estudio consiste en el análisis del historial y a las futuras fallas factibles u ocultas que se han presentado en un elemento en particular, teniendo en cuenta su severidad y efectos en la función de un equipo.

Cuando un equipo deja de realizar la función para la que fue diseñado, es considerado como una falla; por tal motivo es necesario analizar la falla y cuál o cuáles pueden ser sus consecuencias.

**3.3.8 Efectos de falla.** Es una breve descripción de qué pasa cuando ocurre un modo de falla, si es evidente u oculta, y de qué manera puede afectar a los usuarios en cuanto a seguridad, medio ambiente, consecuencias operacionales y no operacionales, daños físicos causados por la falla, y por último, qué se debe hacer para repararla. Cada modo de falla debe ser clasificado en una de estas categorías. También hay que considerar que la meta de establecer efectos de falla es fijar

actividades proactivas de mantenimiento sin suponer que ya se estén ejecutando. Cuando se realizan estas descripciones, se debe tener discreción de no confundir las causas con los efectos de falla.

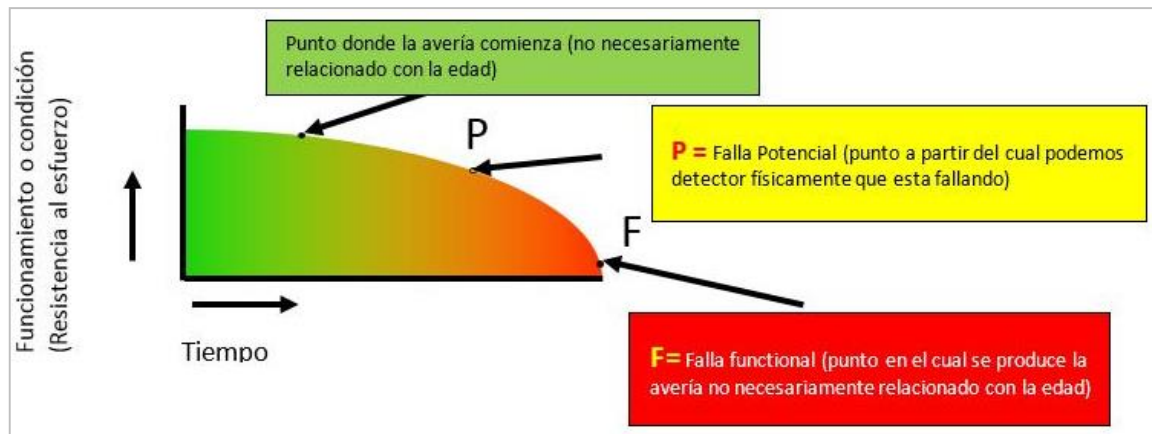
**3.3.9 Consecuencias de falla.** RCM reconoce que las consecuencias son aún más importantes que las características técnicas de la misma, y que la razón principal para realizar cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas sino reducir sus consecuencias. Las consecuencias dependerán del grado de importancia de cada falla. Se deben clasificar según el RCM en las siguientes cuatro categorías:

- De fallas ocultas: No tienen un impacto directo. Puede generar fallas múltiples con consecuencias serias.
- Ambientales y para la seguridad: Cuando se infringen normativas estatales o corporativas relacionadas con el medio ambiente. Y en cuanto a la seguridad cuando se causen lesiones personales.
- Operacionales: Que afectan la producción en cuanto a calidad, cantidad, costos operacionales y costos directos generados por la reparación.
- No operacionales: Tienen origen en una cierta clase de fallos que no generan efectos sobre la producción ni la seguridad, pero que afecta sobre el costo de la reparación.

**3.3.10 Mantenimiento proactivo.** “El Mantenimiento Proactivo, corresponde a técnicas de detección temprana, monitoreando el cambio en la tendencia de los parámetros, para tomar acciones que permitan al equipo regresar a las condiciones establecidas que le permitan desempeñarse adecuadamente antes de llegar a un estado de falla. Las tareas que se ejecutan dentro del mantenimiento proactivo se dividen en dos grupos: 1. Predictivas; compuestas por las tareas a condición. 2. Preventivas; compuestas por tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclica.

**3.3.11 Fallas potenciales y mantenimiento a condición.** Muchos modos de falla no se relacionan con la edad, y la mayoría de ellos advierten cuando están por ocurrir. Puede ser posible actuar para prevenir que falle por completo y evitar sus consecuencias. Para ilustrar las etapas finales de la falla se construye la curva P-F. Esta demarca cómo comienza la falla, cómo sufre deterioro hasta el punto en donde puede ser detectada (punto “P”), y por último, si no es detectada y corregida, continúa deteriorándose a una tasa acelerada hasta el punto de falla funcional (“F”).

**Figura 12. Curva P-F.**



Fuente. <https://lanotaenergetica.files.wordpress.com/2015/07/img-2-confi-4.jpg>

Cuando se detecta una falla potencial entre el punto P y el punto F, es posible actuar para prevenir o evitar las consecuencias de la falla funcional. Es en esta zona en donde se deben aplicar las tareas proactivas.

**3.3.12 Intervalo P-F.** También conocido como el periodo de advertencia, corresponde al intervalo entre el momento que ocurre una falla potencial y su decaimiento hasta llegar a ser falla funcional (ver figura 12).

El intervalo P-F indica la frecuencia con que deben realizarse las tareas a condición, teniendo en cuenta que deben hacerse en un periodo menor al intervalo P-F. En la práctica es medido en términos de tiempo transcurrido. A continuación se nombran dos ejemplos claros:

- Si el intervalo P-F para un determinado modo de falla es de dos semanas y el elemento se chequea una vez por semana, la falla será detectada. En cambio, si se controla el elemento una vez por mes, es posible que se pase por alto todo el ciclo de la falla.
- Si el intervalo P-F es de tres meses, sería una pérdida de tiempo y de dinero chequear el elemento todos los días. Sería suficiente seleccionar una frecuencia de tarea igual a la mitad del intervalo P-F.

Los criterios que deben satisfacer las tareas a condición, para que sean técnicamente factible se cumplen si:

- Es posible definir una condición clara de la falla potencial.
- El intervalo P – F es razonablemente consistente.
- Es práctico monitorear el elemento en periodos menores al intervalo P-F.
- El intervalo P- F neto es lo suficientemente largo como para actuar a fin de reducir o eliminar las consecuencias de la falla funcional.

**3.3.13 Tareas a condición.** Según la norma 13306, “es aquel mantenimiento preventivo basado en el monitoreo del desempeño de un sistema o de parámetros significativos para su funcionamiento y sobre el control de alertas consecuentemente determinadas” (Asociación Española de normalización y certificación, 2011). El mantenimiento predictivo es considerado, en la misma norma, como mantenimiento según condición seguido de un pronóstico derivado del análisis y de la sucesiva evaluación de parámetros significativos relacionados con

el deterioro del sistema que se analiza. La práctica más extendida es la de llegar a la primera fase del mantenimiento Predictivo que es el mantenimiento según condición. Otro nombre que se le puede dar a estas tareas es mantenimiento basado en condición, porque las acciones correctivas se basarán en la evaluación de la condición del elemento. Las tareas a condición deben ser realizadas antes que aparezcan las fallas potenciales y que por el decaimiento se conviertan en fallas funcionales.

**3.3.14 Tarea de reacondicionamiento cíclico.** Conocidas también como re trabajo cíclico, “consiste en reacondicionar la capacidad de un elemento antes o en límite de edad definido, independientemente de su condición en ese momento” (Moubray, 2004, pág. 138). Para que sea propiamente una tarea de reacondicionamiento cíclico debe hacerse a intervalos fijos sin importar la condición o estado en que se encuentre el componente. Bajo este tipo de tarea también se ejecutan revisiones para prevenir modos de falla específicos relacionados con la edad en las cuales es imposible recuperar la capacidad inicial del elemento una vez se haya alcanzado el fin de la vida útil.

**3.3.15 Tarea de sustitución cíclica.** “Consiste en descartar un elemento o componente antes, o en límite de edad definida, independientemente de su condición en este momento” (Moubray, 2004, pág. 139). Cuando reacondicionar un elemento es mucho más costoso que uno nuevo, se evalúa la posibilidad de remplazarlo. Las tareas de sustitución se realizan en intervalos de tiempo calculados de acuerdo al ciclo de vida del componente.

**3.3.16 Acciones “a falta de”.** Se relacionan directamente con el estado de falla, y son seleccionadas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Las acciones “a falta de” incluyen tareas cíclicas de búsqueda de fallas, rediseño y

ningún mantenimiento proactivo que serán definidas con la ayuda del diagrama de decisión.

**3.3.17 Búsqueda de falla.** Diseñadas para verificar si algo todavía funciona como debe sin tener en cuenta la apariencia. Aplica solo a las fallas ocultas o no reveladas que a su vez solo afectan a dispositivos de protección. El objetivo es dar la tranquilidad que un dispositivo de seguridad proveerá la protección requerida si fuese necesario. “Las tareas de búsqueda de fallas consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallas que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, entonces la acción “a falta de” secundaria sería que la pieza debe rediseñarse” (ALADON LTDA., 2004, pág. 20).

**3.3.18 Ningún mantenimiento proactivo.** En este caso los elementos son dejados en servicio hasta que ocurra una falla funcional. Simplemente la modificación y/o el reemplazo de los componentes se dan hasta este momento.

Según la norma SAE JA1011, “Cualquier política de operar hasta fallar seleccionada debe satisfacer los criterios apropiados como sigue:

A. En casos donde la falla es oculta y no hay ninguna tarea programada apropiada, la falla múltiple asociada no debe tener consecuencias en la seguridad ni el ambiente.

B. En casos donde la falla es evidente y no hay ninguna tarea programada apropiada, el modo de falla asociado no debe tener consecuencias en la seguridad ni en el ambiente.” (SAE JA1011, Sección 5.8.2).

**3.3.19 Rediseño.** Significa cualquier cambio de especificaciones que se generen en los componentes. Esta acción “a falta de” se aplica en el caso que las fallas

presenten riesgo o consecuencias para la seguridad y el medio ambiente, con el objetivo de reducir la probabilidad de ocurrencia de la falla hasta un nivel tolerable. También es necesario un rediseño cuando se requiere del equipo una confiabilidad superior a la propia, cuando no se puede encontrar tareas de mantenimiento que suplan las fallas y, cuando, dependiendo de las consecuencias es más económico rediseñar que mantener.

**3.3.20 Diagrama de decisión.** El diagrama de decisión es una herramienta que permite seleccionar actividades adecuadas de mantenimiento para evitar la ocurrencia de cada modo de falla o disminuir sus posibles efectos. Se debe identificar el tipo de actividad de mantenimiento adecuada, y posteriormente la acción de mantenimiento concreta a ejecutar junto con la frecuencia de ejecución de la misma. Este diagrama reúne todos los procesos de decisión en uno de los documentos centrales en la aplicación de RCM, y se encuentra dentro de lo anexos A para una mejor lectura y comprensión. Corresponde a figura 52.

Las respuestas a las preguntas formuladas en el diagrama de decisión deben ser consignadas en la hoja de decisión de la figura 13 expuesta a continuación.

**3.3.21 Hoja de decisión.** La hoja de decisión se divide en dieciséis columnas. Las primeras tres nombradas como:

- Función (F).
- Falla Funcional (FF).
- Modo de falla (MF).

Estas son la referencia de información que permiten reconocer e identificar exactamente el modo de falla que se está evaluando en esa fila.

Figura13. Hoja de decisión.

| MANTENIMIENTO INDUSTRIAL - UNC                        |    |                             |   |   |   |                     |    |                   |    | HOJA DE DECISION RCM II       |                    |                  |                         |    |    |    |    |   |         |                     |
|---|----|-----------------------------|---|---|---|---------------------|----|-------------------|----|-------------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|----|----|----|----|---|---------|---------------------|
| ELEMENTO: Instalación de envasado aséptico de frascos |    |                             |   |   |   |                     |    |                   |    | Realizado por: LIMi - Fábrica |                    |                  | Fecha Realización: 2011 |    |    |    |    |   |         |                     |
| COMPONENTE: Entrada de Máquina Envasadora de Frascos  |    |                             |   |   |   |                     |    |                   |    | Revisado por: LIMi - Fábrica  |                    |                  |                         |    |    |    |    |   |         |                     |
| Referencia Información                                |    | Evaluación de consecuencias |   |   |   | Tareas "a lista de" |    | TAREAS PROPUESTAS |    |                               | FRECUENCIA INICIAL | REALIZA LA TAREA |                         |    |    |    |    |   |         |                     |
| F   | FF | MF                          | H | S | E | O                   | H1 | S1                | O1 | N1                            | H2                 | S2               | O2                      | N2 | H4 | H5 | S4 |   |         |                     |
| 1   | A  | 1                           | S | N | N | S                   | S  |                   |    |                               |                    |                  |                         |    |    |    |    | Detección de ruidos, vibraciones, sobret temperatura y pérdidas de aceite.<br>Estado de cables y conexiones.<br>Detección de vibraciones a través de un instrumento tipo datalogger. Medición de temperatura con termómetro infrarrojo. | Semanal | Operador del equipo |
| 1   | A  | 2                           | S | N | N | S                   | N  | N                 | N  | N                             |                    |                  |                         |    |    |    |    | Ningún mantenimiento programado.  |         |                     |
| 1   | A  | 3                           | S | N | N | S                   | N  | N                 | N  | N                             |                    |                  |                         |    |    |    |    | Ningún mantenimiento programado.  |         |                     |
| 1   | A  | 4                           | S | N | N | S                   |    |                   |    |                               |                    |                  |                         |    |    |    |    | Controlar alineación y limpieza de sensor.  | Semanal | Operador del equipo |
| 1   | A  | 5                           | S | N | N | S                   |    |                   |    |                               |                    |                  |                         |    |    |    |    | Controlar alineación y limpieza de sensor.  | Semanal | Operador del equipo |
| 1   | B  | 1                           | S | N | N | S                   | N  | N                 | N  |                               |                    |                  |                         |    |    |    |    | Ningún mantenimiento programado.  |         |                     |

Fuente. <http://www.e2energiaeficiente.com/wp-content/uploads/2014/12/hoja-de-desicion.png>

Las siguientes cuatro columnas corresponden a la evaluación de las Consecuencias:

- Consecuencia de falla oculta (H).
- Consecuencia para la seguridad (S).
- Consecuencias para el medio ambiente (E).
- Consecuencias operacionales (O).

En las columnas ocho a diez se registrarán las tareas de la siguiente manera:

- H1/S1/O1/N1: Utilizada si fue posible encontrar una tarea a condición apropiada.
- H2/S2/O2/N2: Utilizada si fue posible encontrar una tarea de reacondicionamiento cíclico.

- H3/S3/O3/N3: Utilizada si fue posible encontrar una tarea de sustitución cíclica.

Las columnas H4, H5, S4 serán utilizadas para registrar las respuestas a las a tres acciones “a falta de” descritas anteriormente. Son seleccionadas si debe hacerse una tarea de búsqueda de fallas, un rediseño, una combinación de tareas o ningún tipo de mantenimiento proactivo.

En las últimas tres columnas se registra la tarea propuesta, intervalo de tiempo y quién se hará cargo de la tarea.

La hoja de decisión RCM muestra no sólo qué acción se ha seleccionado para tratar cada modo de falla, sino que también muestra porqué se ha seleccionado, y las actividades propuestas a seguir.

### **3.4 CONFIABILIDAD**

Blanchard y otros (citado por MORA, 2012) expone que es “la probabilidad que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseña, durante un período de tiempo específico y bajo condiciones normales de operación, ambientales y del entorno”.

**3.4.1 Análisis de confiabilidad mediante la distribución de Weibull.** La confiabilidad es la característica más importante en un activo, expresado por la probabilidad que realizará las funciones bajo determinadas condiciones en un periodo de tiempo estudiado, simplificando en gran medida la tarea de análisis de los resultados.

La distribución de Weibull permite estudiar la distribución de fallas de un activo o componente que se pretende controlar y que a través de un registro de fallas se

observa que éstos varían a lo largo del tiempo y dentro de lo que se considera tiempo normal de uso. Esta metodología es útil para empresas que desarrollan programas de mantenimiento preventivo.

Figura 14. Correlación de referencias entre las hojas de información y las hojas de decisión.

| <b>HOJA DE DECISIÓN RCMII</b><br>© 1990 ALADON LTD |    |    |                                 |   |   |   | <b>SISTEMA</b><br><i>Sistema de bombeo</i> |    |    |                   |    |    |
|--|----|----|---------------------------------|---|---|---|--|----|----|-------------------|----|----|
|  |    |    |                                 |   |   |   | <b>SUBSISTEMA</b>                          |    |    |                   |    |    |
| Referencia de Información                          |    |    | Evaluación de las consecuencias |   |   |   | H1   | H2 | H3 | Acción a falta de |    |    |
| F  | FF | FM | H                               | S | E | O | S1   | S2 | S3 |                   |    |    |
|  |    |    |                                 |   |   |   | O1   | O2 | O3 | H4                | H5 | S4 |
| 1  | A  | 1  |                                 |   |   |   | N1   | N2 | N3 |                   |    |    |

Fuente. MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Traducido por Ellman, Sueiro y Asociados. Edición en español. Ashville, North Carolina: Aladon LLC. 2004. p.206.

El uso de la función de distribución de Weibull en los estudios de confiabilidad de componentes se debe principalmente a la gran diversidad de formas que este modelo puede tomar, dependiendo de los valores de los parámetros característicos. Esto permite usar un mismo modelo, independientemente de en qué forma varíe la tasa de fallos del componente estudiado, simplificando en gran medida la tarea de análisis de los resultados (Gíl, 2008).

Algunas de las ventajas de la utilización de Weibull en el análisis de fallas son:

- Precisión razonable en el análisis de fallas.
- Provee gráficos de medición de vida, arranques, paradas, operación, ciclos de misión vs. porcentaje acumulado de fallas.
- Los parámetros  $\beta$  (Beta, a pendiente) proveen una filosofía de falla y  $\eta$  (Eta, característica de vida) tiempo de falla.
- Está relacionado con el MTTF.

**3.4.2 Análisis de la distribución Weibull.** La pendiente de la Figura Weibull,  $\beta$  (beta) se define como:

- $\beta < 1.0$  indica mortalidad infantil
- $\beta = 1.0$  significa falla aleatoria
- $\beta > 1.0$  indica falla por desgaste
- Se puede determinar los porcentajes de falla para determinar por ejemplo el 1% de las fallas de una población el cual pueda fallar, es llamada  $\beta_1$ .
- $\beta_{0.1} = 0.1\%$  de la población
- $\beta_{10} =$  determina el tiempo en el cual el 10% de la población puede fallar.

La característica  $\eta$  es definida como la edad al cual un porcentaje de las unidades podrían fallar, entonces se determina como  $\beta(n\%)$ .

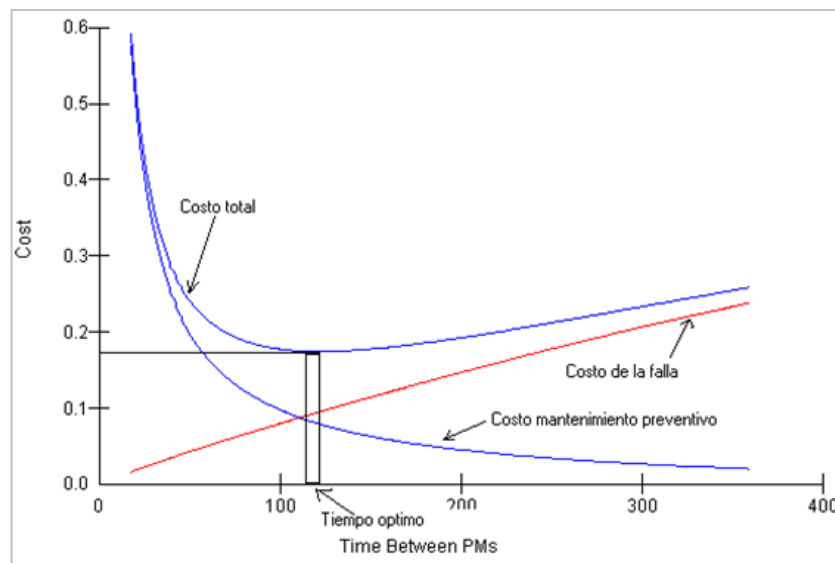
**3.4.3 Utilización de Weibull para la planeación del mantenimiento.** Se usa para la planeación del mantenimiento, particularmente en el RCM, en donde:

- $\beta$  (Beta) indica si son necesarias las inspecciones programadas.
- $\beta < 1$ . Inspecciones programadas son de costo económico no efectivo.

- $\beta > 1$ . Programas de inspección son leídos directamente desde el gráfico, calculando la probabilidad aceptable de las fallas.

Para modos de falla por desgaste, si el costo de una falla sin planear es mayor que el costo de un reemplazo planeado, el intervalo del tiempo óptimo del mantenimiento o reemplazo es calculado a costo mínimo (Cabrera, 2012). Ver figura 15.

**Figura 15. Programación óptima para mantenimiento preventivo.**



Fuente: <https://gestionmantenimientomentefactusupq.wikispaces.com/file/view/Weibull.pptx>.

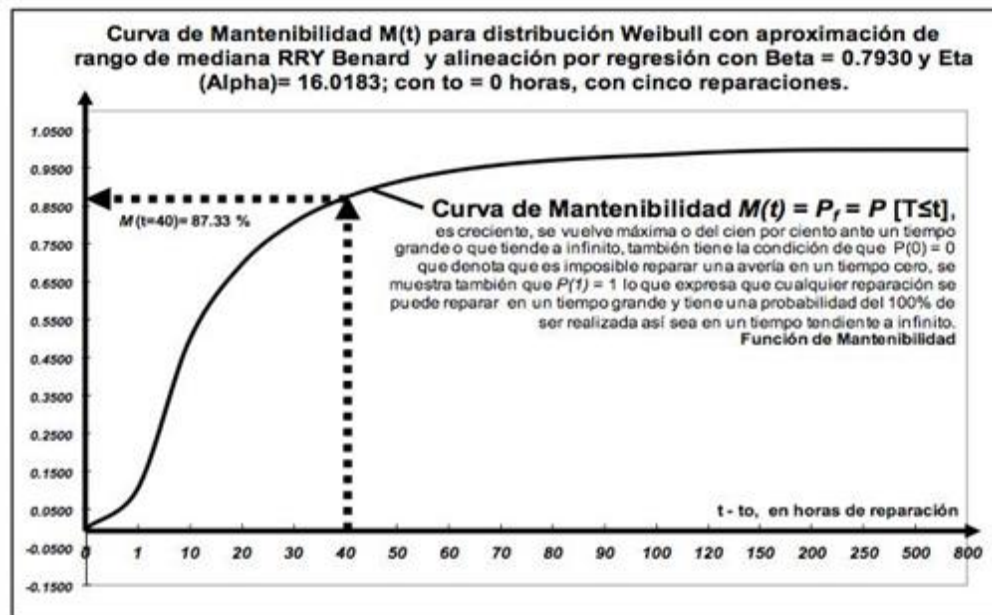
### 3.5 MANTENIBILIDAD

Se refiere a “probabilidad que un elemento, máquina o dispositivo pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva (Funcional o de servicio), mediante una reparación que

implica la realización de unas tareas de mantenimiento para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción” (MORA, 2012, pág. 84) .

**3.5.1 Curva de Mantenibilidad.** Se representa por  $M(t)$  e indica la probabilidad que la función del sistema se recupere y el equipo se repare dentro de un tiempo definido.

**Figura 16. Curva de mantenibilidad.**



Fuente. MORA, Alberto. Mantenimiento industrial efectivo. Colombia Fuentes litoFiguras Ltd. 2014.

### 3.6 DISPONIBILIDAD

Navarro y otros (citados por MORA, 2012) argumentan que disponibilidad es “la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico. Es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un equipo. Como lo explica MORA, (2012), según la expectativa de la empresa, se manejan las siguientes:

**3.6.1 Disponibilidad genérica.** Utilizada en organizaciones que no predicen ni manejan CMD<sup>8</sup>, la información que se maneja solo contempla los tiempos útiles y los de no funcionalidad (sin especificar causa, razón ni tipo).

**3.6.2 Disponibilidad inherente o intrínseca.** Útil cuando se quiere controlar las actividades de mantenimiento no planeados (correctivos y/o modificativos). Su uso es posible cuando los promedios de tiempos útiles son supremamente grandes frente a los tiempos de no funcionalidad y los tiempos de retraso o demora administrativos físicos son mínimos o tienden a cero. Sus parámetros son MTBF y MTTR. Solo tienen en cuenta daños o fallas, pérdidas de funcionalidad por razones propias al equipo y no exógenas al mismo.

**3.6.3 Disponibilidad alcanzada.** Su utilización es excelente cuando se desean controlar las tareas planeadas de mantenimiento (proactivas, preventivas,

---

<sup>8</sup> Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.

predictivas) y las correctivas por separado. No le interesan los tiempos de espera (demora) ni los registra obligatoriamente. Requiere un manejo detallado y preciso.

**3.6.4 Disponibilidad operacional.** Adecuada cuando se desea vigilar de cerca los tiempos de demoras administrativas o de recursos físicos o humanos, trabaja con las actividades planeadas (preventivas o predictivas) y no planeadas (correctivas o modificativas) de mantenimiento, en forma conjunta. Es precisa exigente y metódica para su predicción. Su implementación requiere mucho esfuerzo y exige bastantes recursos económicos. Utiliza los mismos parámetros de la anterior alcanzada más los correspondientes a demoras.

**3.6.5 Disponibilidad operacional generalizada.** Básicamente se usa cuando se predice el CMD en equipos con mucho tiempo de operación en que funcionan mas no producen. Trabaja con los mismos parámetros de la Operacional, solo que los tiempos en que la máquina funciona, pero que no produce (denominados en ingles *Ready Time*) se les agrega a los tiempos útiles más cercanos en fecha; para de esta manera aumentar los tiempos útiles que si no se registrasen los *Ready Time*. Es la más compleja y completa de las disponibilidades, pero la más exigente y costosa de implementar, aparte de que la empresa debe tener ya mucha experiencia en el tema.

#### **4. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO BASADA EN RCM PARA LA LÍNEA DE TERMO COMPRESIÓN DE TAPAS PLÁSTICAS CCM64MB N°5**

De acuerdo a lo expuesto en el planteamiento del problema (numeral 1.2), se determina la necesidad de plantear esta metodología, soportada también en el desarrollo conceptual (numeral 3) de este documento.

Para Iberplast S.A esta estrategia debe garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos que conforman la línea de termo-compresión N°5, ya que esta es esencial en producción de tapas plásticas. Adicionalmente, servirá como motivación hacia las personas que apoyan en la línea para involucrarse en el proceso de aprendizaje sobre este activo y de lo que se debe hacer para mantener su función primaria. Cuando se es participe de una estrategia de este tipo, se pueden ver beneficios hacia La compañía como:

- Menor necesidad para contratación de técnicos expertos.
- Mejor desempeño operacional.
- Diagnóstico rápido de fallas y disminución de tiempos muertos.
- Detectar fallas potenciales antes que se conviertan en fallas funcionales.
- Reducción/eliminación de grandes paradas.
- Substantial ahorro en repuestos y servicios.
- Aprendizaje sobre la operación de la línea frente a la identificación de fallas y de su severidad.
- Aumentar la vida útil del equipo.

Para lograr una mejor aplicación de la estrategia RCM se propone como guía lo presentado en la tabla 1.

**Tabla 1. Guía estrategia RCM.**

|   |  |
|---|--|
| SELECCIÓN DEL SISTEMA Y RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN | Conformación equipo de trabajo RCM.  |
|   | Análisis de confiabilidad mediante la distribución Weibull   |
| DEFINICIÓN Y LIMITES DEL SISTEMA                      | Taxonomía y fronteras de la línea de termo-compresión CCM64 MB-5   |
| DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS Y SUB SISTEMAS.               | Descripción de función y características operacionales de sistemas y subsistemas                           |
| FUNCIÓN DEL SISTEMA Y FALLAS FUNCIONALES              | Definición de funciones, y fallas funcionales, desarrollados en hojas de información RCM                   |
| ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA                  | Definición de los modos de falla y efectos de los modos de falla desarrollados en hojas de información RCM |
| ANÁLISIS DE RESULTADOS                                | Evaluación de consecuencias de los modos de falla por medio de diagrama de de decisión.                    |
|   | Definición de tareas proactivas por medio de diagrama de decisión.   |
|   | Definición de tareas "a falta de" por medio de diagrama de decisión.                                       |
|   | Definición de actividades propuestas y frecuencia.   |
| PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO                       | Extractar actividades de los diagramas de decisión   |
|   | Extractar actividades propuestas por el fabricante.  |
|   | Generación plan de mantenimiento.  |

#### 4.1 CONFORMACIÓN EQUIPO DE TRABAJO RCM

Es necesario que este equipo esté conformado por personal tanto del área de mantenimiento como de operaciones y producción. Según Moubray (2004), “muchas de las respuestas (o la mayoría) sólo pueden proporcionarlas el personal operativo o de producción”. Aplica especialmente a las preguntas relacionadas con las funciones, efectos de falla, funcionamiento deseado y consecuencias de falla. Por esta razón la revisión de los requerimientos del mantenimiento de cualquier equipo debería hacerse por equipos de trabajo reducidos que incluyan al menos una persona de mantenimiento y otra de producción. Estos deben de tener un amplio conocimiento de los equipos que se están estudiando. Cada miembro del grupo deberá también haber sido instruido en RCM.

**Figura 17. Grupo típico de trabajo RCM.**



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Traducido por Ellman, Sueiro y Asociados. Edición en español. Ashville, North Carolina: Aladon LLC. 2004. p.17.

En el caso de la línea a evaluar, se sugiere que el grupo de trabajo se conforme de acuerdo a lo especificado en la figura 18.

**Figura 18. Grupo de trabajo RCM-Iberplast S.A.**



#### **4.2 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD MEDIANTE DISTRIBUCIÓN WEIBULL**

El propósito principal para realizar un análisis de confiabilidad en la línea de termo-compresión estudiada, se debe a calificar el estado real y actual de acuerdo con las

fallas presentadas durante los tres últimos años de operación de la línea, en donde se evaluará por medio del resultado de  $\beta$  (Beta) el tipo de fallos que se pueden dar y a los que se les dará prioridad en el análisis de falla.

#### **$0 < \beta < 1$ Mortalidad infantil.**

- $\beta = 1$  Tasa de fallo constante.
- Fallos aleatorios independientes del tiempo.
- Errores humanos.
- Errores de Mantenimiento.
- Combinación de dos o tres modos de fallos diferentes.

#### **$1 < \beta < 4$ Tasa creciente.**

- Implica desgastes tempranos.
- Fatiga de baja frecuencia, con  $\beta = 2,5$  hasta  $\beta = 4$ .
- Fallos en rodamientos de bolas con  $\beta = 2$ .
- Fallos en rodamientos de rodillos con  $\beta = 1,5$ .
- Corrosión o erosión con  $\beta = 3$  hasta  $\beta = 4$ .
- Corrosión o esfuerzos con  $\beta = 5$  o mayor.
- Fallos en correas con  $\beta = 2,5$ .

#### **$4 < \beta$ Tasa decreciente.**

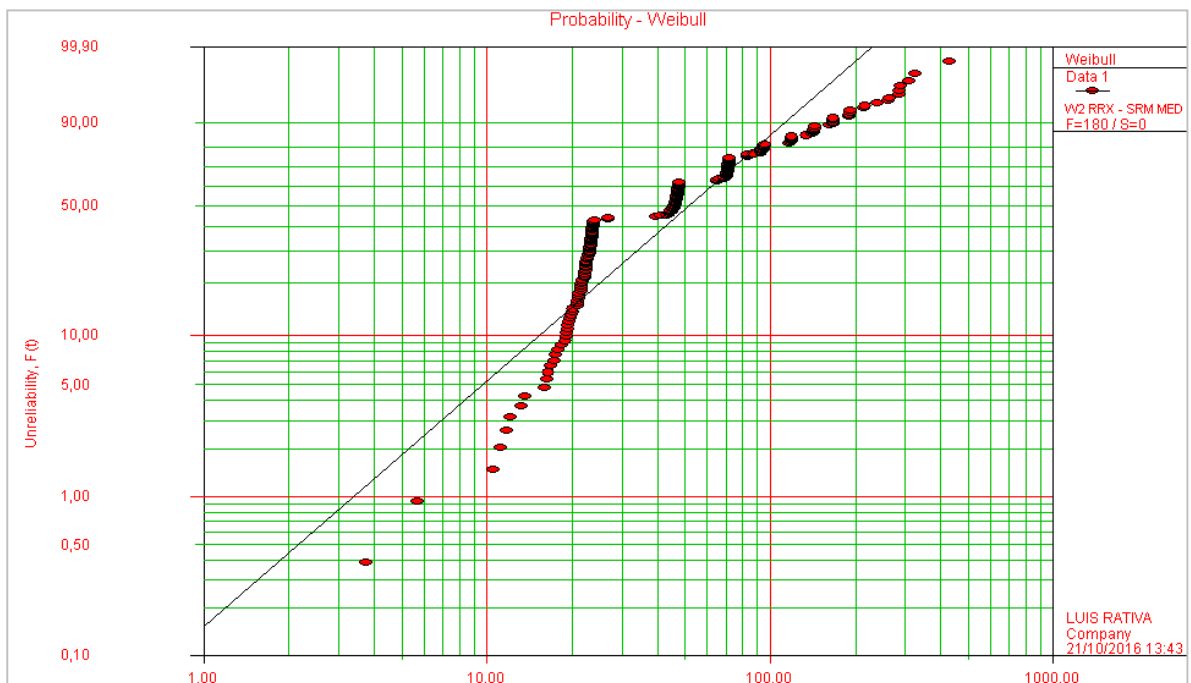
- Envejecimiento operacional.
- Corrosión por esfuerzos.
- Pérdida de propiedades de los materiales.
- Materiales frágiles como la cerámica.

- Algunos tipos de erosión.

**4.2.1 Calculo Tiempo medio entre fallas (MTBF).** Como se nombró anteriormente, se tomaron los datos de tiempo entre fallas (TBF) de Enero de 2015 a Junio de 2016. Tanto la hoja de cálculo desarrollada en excel, como los datos de falla se consignaron en el anexo A.

Con la ayuda del Software ReliaSoft Weibull++ se extractaron las figuras 19 y 20.

**Figura 19. Pérdida de confiabilidad Vs Tiempo.**

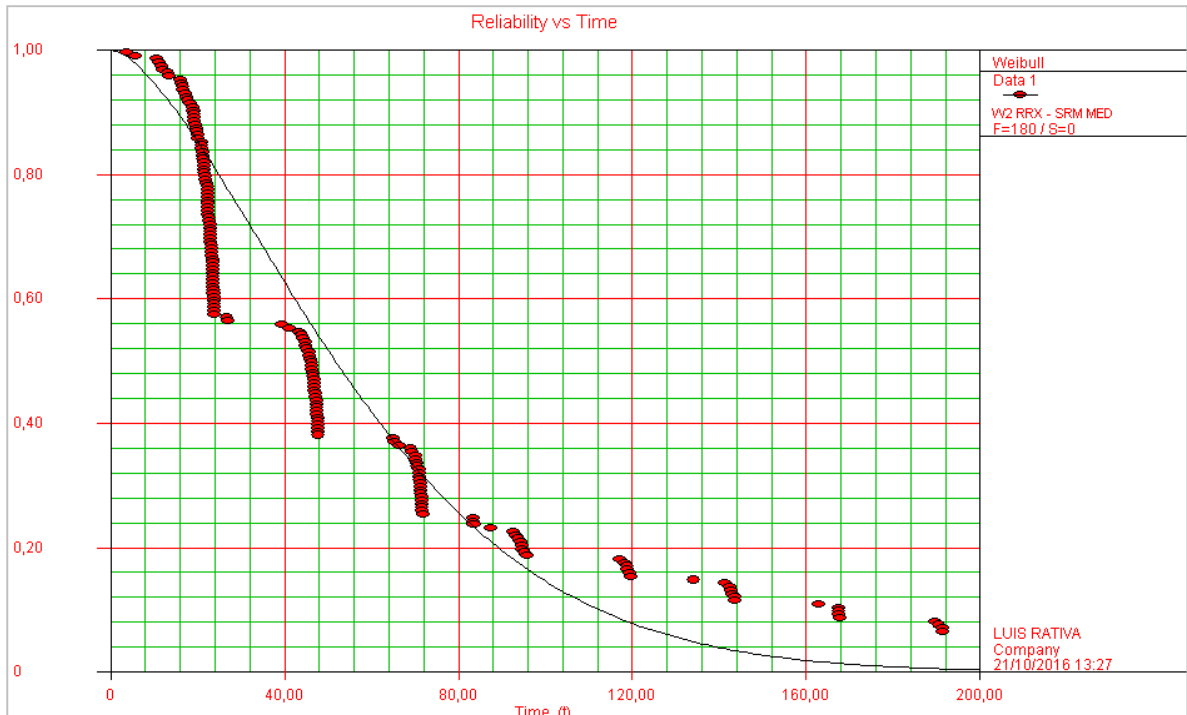


Fuente. ReliaSoft Weibull++ versión 6.

- El tiempo medio entre fallas (MTBF) en el periodo analizado fue de 64,7 horas.

- Como  $\beta = 1.31$ ; se evidencia que la máquina está presentando desgastes tempranos.

**Figura 20. Confiabilidad Vs Tiempo.**

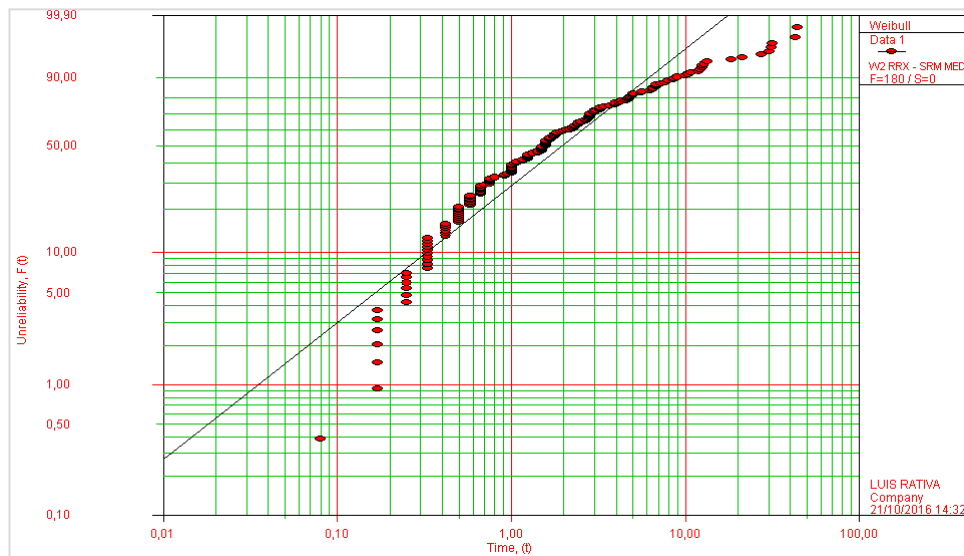


Fuente. ReliaSoft Weibull++ versión 6.

- La figura 20 es muy clara al expresar que con el transcurso del tiempo la confiabilidad de la máquina disminuye. A cero horas la confiabilidad es del 100% y pasadas 200 horas la confiabilidad es del 0%. Razón suficiente para trabajar en esta estrategia con el objetivo de mejorar la confiabilidad de la línea de termo-compresión.
- Para un tiempo medio entre fallas de 64,7 horas, la confiabilidad es de aproximadamente 45%.

**4.2.2 Calculo tiempo medio entre reparaciones (MTTR).** Se tomaron los datos de tiempo entre reparaciones (TTR) de enero de 2015 a junio de 2016. Tanto la hoja de cálculo, como los datos de falla se consignaron en los anexos A. Con la ayuda del Software ReliaSoft Weibull++ se extractó la figura 21.

**Figura 21. Mantenibilidad Vs Tiempo.**



Fuente. ReliaSoft Weibull++ versión 6.

- Esta figura demuestra la probabilidad que la función de la línea pueda ser recuperada con respecto al tiempo.
- El tiempo medio para reparaciones (MTTR) para la línea de termo-compresión es de 3,05 horas. La probabilidad de rehacer la función de la línea a un 100% se da en aproximadamente en 20 horas.

**4.2.3 Calculo de disponibilidad.** Teniendo el resultado del tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio para reparaciones (MTTR), se puede calcular la

disponibilidad inherente para la línea de termo-compresión bajo la siguiente fórmula:

$$DISPONIBILIDAD\ INHERENTE\ (A_i) = MTBF / (MTBF + MTTR)$$

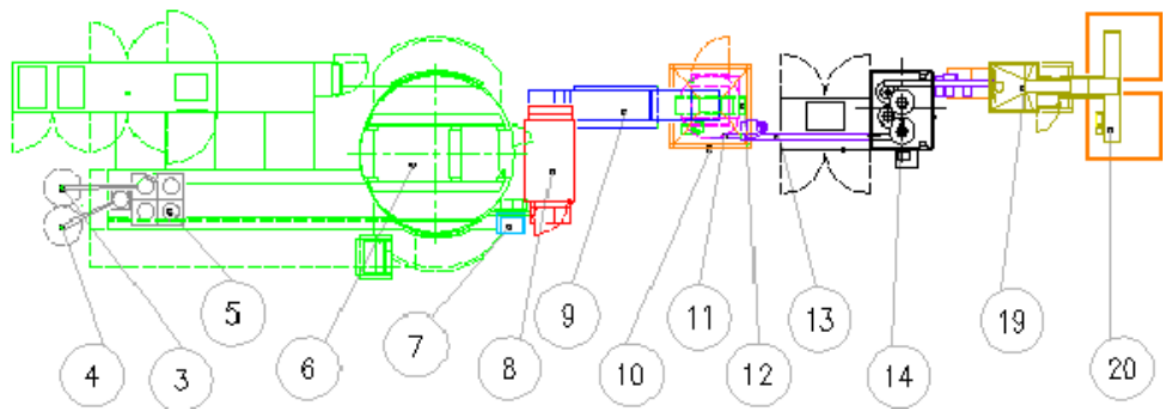
$$(A_i) = \frac{64,44}{64,44 + 3,05} \times 100 = 95\%$$

### 4.3 TAXONOMÍA Y FRONTERAS

La línea de termo-compresión de tapas plásticas N°5, fue adquirida en Febrero de 2010 con el propósito de ampliar la capacidad productiva por la demanda de tapas plásticas requerida.

La línea se compone como se muestra en la figura 22.

**Figura 22. Línea de termo-compresión CCM64 MB-5.**



Fuente. Sacmi Imola. Planos generales para instalación en Iberplast S.A.

**Tabla 2. Sistemas componen la Línea de termo-compresión CCM64 MB-5.**

| <b>NUMERAL</b> | <b>SISTEMAS</b>                         |
|----------------|---|
| 3, 4, 5        | Unidad de alimentación y mezcla MDW250. |
| 6              | Unidad de formación CCM64 MB.           |
| 7              | Unidad de visión CVS052.                |
| 8              | Unidad de Enfriamiento TARA0012         |
| 9              | Elevador ELPA0040.                      |
| 10             | Tolva SIST 0002.                        |
| 11, 12         | Orientador centrífugo de tapa ORCE0010. |
| 13             | Banda JET STREAM JSAS .                 |
| 14             | Unidad de corte y doblado SFM12L.       |
| 19, 20         | Elevador LPA 0040.                      |

**4.3.1 Información técnica.** Para la lectura de esta información, se debe tener en cuenta que esta máquina cuenta con un extrusor de 90mm de diámetro.

#### **4.4 DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS Y SUB SISTEMAS**

Teniendo en cuenta la Tabla 2, en donde se describieron los principales sistemas de esta línea, se procedió con la definición de funciones y características operacionales de la línea CCM64 MB-5 teniendo en cuenta también los subsistemas que la componen. Este ejercicio fue necesario para lograr los mejores resultados en la creación de la estrategia desarrollada en las hojas de trabajo y hojas de información RCM propuestas. El resultado de la descripción de sistemas y subsistemas fue consignado en los anexos B de este documento.

**Tabla 3. Datos técnicos termocompresora CCM64-5.**

|                                      |            | EXTRUSOR  |           |           |           |
|--------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                      |            | Ø 75 mm   |           | Ø 90 mm   |           |
| <b>PRENSA</b>                        |            |           |           |           |           |
| Producción máxima                    | piezas/min | 1600      | 1600      | 1600      | 1600      |
| Velocidad máxima de rotación         | rpm        | 25        | 25        | 25        | 25        |
| Número de cavidades                  |            | 64        | 64        | 64        | 64        |
| Carrera pistón de moldeado           | mm         | 120       | 120       | 120       | 120       |
| Empuje máximo de moldeado            | kN         | 23        | 23        | 23        | 23        |
| <b>EXTRUSOR</b>                      |            |           |           |           |           |
| Tipo de plástico                     |            | <b>PP</b> | <b>PE</b> | <b>PP</b> | <b>PE</b> |
| Capacidad extrusor                   | Kg/h       | 200       | 300       | 300       | 350       |
| Temperatura máxima plástico fundido  | °C         | 280       | 280       | 280       | 280       |
| <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>         |            |           |           |           |           |
| Potencia instalada                   | kVA (50Hz) | 303       | 303       | 341       | 341       |
| Potencia para dimensionado de cables | kVA (50Hz) | 162       | 162       | 182       | 182       |
| Potencia máxima absorbida            | kW (50Hz)  | 130       | 130       | 145       | 145       |
| Potencia media absorbida             | kW (50Hz)  | 125       | 125       | 133       | 133       |
| <b>INSTALACIÓN NEUMÁTICA</b>         |            |           |           |           |           |
| Consumo de pico (a 0,5 MPa)          | NI/min     | 935       | 935       | 935       | 935       |
| Consumo medio (a 0,5 MPa)            | NI/min     | 660       | 660       | 660       | 660       |
| Presión mínima necesaria             | MPa        | 0,5       | 0,5       | 0,5       | 0,5       |
| Presión máxima permitida             | MPa        | 1,0       | 1,0       | 1,0       | 1,0       |
| Clase de pureza aire (ISO 8573-1)    |            | 644       | 644       | 644       | 644       |
| Tubo conexión instalación            | Ø mm       | 17        | 17        | 17        | 17        |
| <b>INSTALACIÓN DE REFRIGERACIÓN</b>  |            |           |           |           |           |
| Potencia térmica por disipar         | kcal/h     | 92000     | 98000     | 102000    | 104000    |
| Caudal requerido                     | l/min      | 307       | 327       | 340       | 347       |
| Caída de presión                     | MPa        | 0,1       | 0,1       | 0,1       | 0,1       |
| Presión máxima permitida             | MPa        | 1,0       | 1,0       | 1,0       | 1,0       |
| Temperatura                          | °C         | 10        | 10        | 10        | 10        |
| Tubo conexión instalación            | Ø mm       | 40        | 40        | 40        | 40        |

Fuente. Manual documentación técnica CCM64M. SACMI Italia.

## 4.5 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA AMFE

Tal como se explicó en el numeral 3.3, se realizará el análisis de fallas potenciales en el sistema, clasificados por su gravedad o por sus efectos; es decir, se otorgará una prioridad a las fallas dependiendo de qué tan graves sean sus consecuencias, la frecuencia en la que se presentan y la dificultad para ser localizadas. Se tendrán en cuenta: Funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla. Los efectos o consecuencias de las fallas son posteriormente evaluados para determinar posibles medios de prevención, con el fin de mejorar los programas y planes de mantenimiento existentes de tipo proactivo, e inclusive implementar rediseños a nivel de procedimientos y modificaciones menores.

**4.5.1 Desarrollo en hoja de trabajo y hoja de decisión RCM.** Para la ejecución de este análisis en los equipos que componen la línea de termo-compresión CCM64MB-5, se tomaron como referencia los sistemas principales y subsistemas de mayor relevancia que fueron descritos en los anexos C.

Luego de haber definido las funciones y las características operacionales (contexto operacional), se elaboraron los formatos denominados “Hoja de trabajo RCM” y “Hoja de Decisión” en donde fue registrado para cada sistema analizado la siguiente información:

- **Hoja de trabajo:** Función (primaria y secundaria cuando aplica), falla de función y modo de falla. Las tres anteriores con la respectiva numeración, y por último los efectos del modo de falla. Ver figura 23.
- **Hoja de decisión:** Referencia de información, consecuencias, decisión, tareas “a falta de”, tipo de decisión, tareas propuestas, frecuencia y por ultimo ejecutor. Ver figura 24. Dicho desarrollo se consigna en los anexos de este documento para facilitar la lectura y análisis.

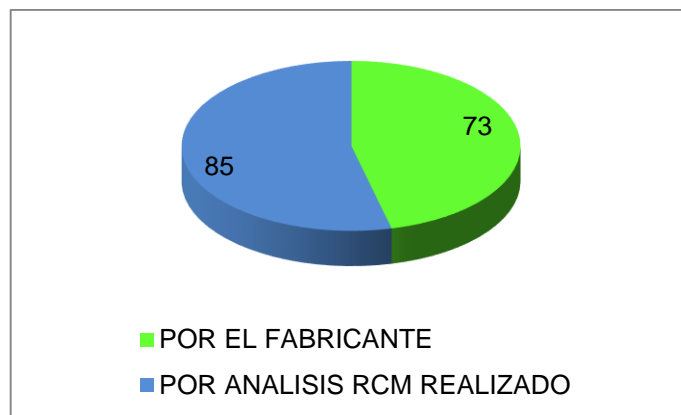


#### 4.6 PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

Después del desarrollo en las hojas de trabajo, en donde se analizó la función (primaria y secundaria cuando aplicó), falla de función, modo de falla y los efectos del modo de falla, además del análisis de resultados efectuado en las hojas de decisión en donde se registró la referencia de información, consecuencias, decisión, tareas “a falta de”, tipo de decisión, tareas propuestas, frecuencia y por último ejecutor, se procedió a realizar el compendio del plan de mantenimiento.

Para el caso de la línea de Termo-compresión CCM64MB-5, se enlazaron las actividades resultantes de la estrategia RCM junto con las actividades propuestas por el fabricante, las cuales se estudiaron con anterioridad para evitar que se duplicaran en las hojas de decisión, y de esta manera poder aumentar el rango de acción del plan de mantenimiento propuesto. El resultado del número de actividades sugeridas por la estrategia RCM, frente a las actividades propuestas por el fabricante fue el mostrado en la figura 25.

**Figura 25. Total actividades propuestas en plan de mantenimiento basado en RCM.**



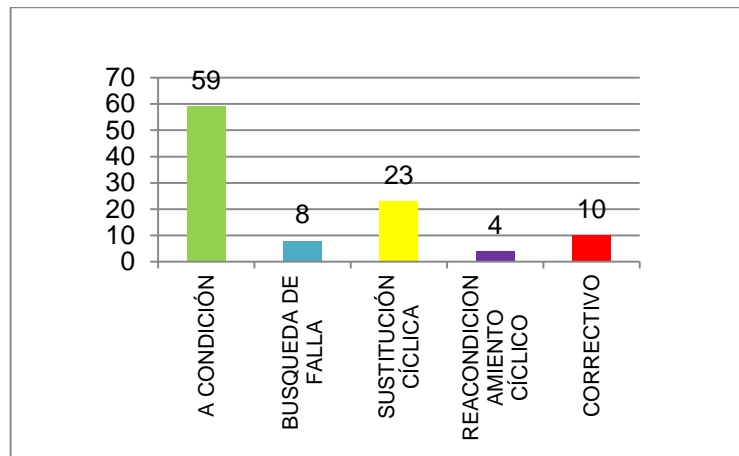
Para facilitar la lectura y análisis del plan de mantenimiento propuesto, se relacionó en el anexo D de este documento. Las actividades sombreadas en azul corresponden a las generadas por la estrategia RCM, y las sombreadas en verde, corresponden a las sugeridas por el fabricante.

**4.6.1 Análisis plan de mantenimiento propuesto.** Tomando como base el desarrollo realizado en las hojas de decisión de los diferentes sistemas y subsistemas se obtuvo el tipo de tareas propuestas, especificadas en la tabla 4.

**Tabla 4. Tareas propuestas en plan de mantenimiento.**

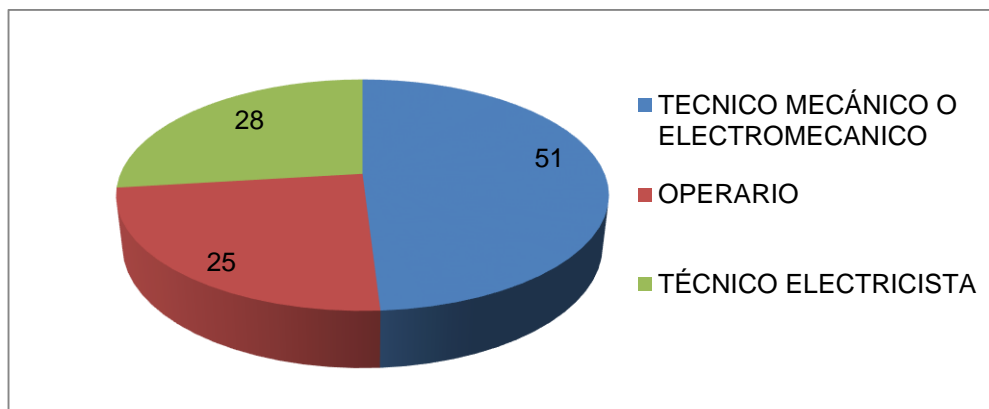
| <b>TIPO DE TAREAS<br/>PROPUESTAS</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>PORCENTAJE</b> |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------|
| A CONDICIÓN                          | 59              | 57%               |
| BÚSQUEDA DE FALLA                    | 8               | 8%                |
| SUSTITUCIÓN CÍCLICA                  | 23              | 22%               |
| REACONDICIONAMIENTO<br>CÍCLICO       | 4               | 4%                |
| CORRECTIVO                           | 10              | 10%               |
| <b>TOTAL</b>                         | <b>104</b>      |                   |

**Figura 26. Tareas propuestas en plan de mantenimiento.**



Para la ejecución de las tareas propuestas se asignaron a los cargos mostrados en la figura 27.

**Figura 27. Asignación de tareas de mantenimiento por cargo.**



**4.6.2 Resultados frente a la implementación del plan de mantenimiento.** Como el propósito final es incidir profundamente en la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de la línea de termo-compresión, se realizará a corto plazo la inclusión

del plan de mantenimiento propuesto en el módulo PM de S.A.P de Iberplast S.A, para iniciar con el control y programación de actividades.

En cuanto al seguimiento se sugiere:

- Auditar el plan propuesto un mes después de inicio de su ejecución para evaluar posibles mejoras e inclusiones de nuevas actividades si es necesario.
- Actualizar frecuentemente las hojas de trabajo y de decisión frente a las recomendaciones de los ejecutores de este plan y los futuros análisis de fallas.

## 5. CONCLUSIONES

- Se logró determinar los sistemas y subsistemas más críticos de la línea de termo compresión de tapas plásticas CCM64MB-5 por medio del estudio de la taxonomía y fronteras.
- Se desarrolló a satisfacción la propuesta con base en la metodología de siete fases principales para un estudio de RCM. Explícitamente, la selección del sistema y recolección de la información, definición y límites del sistema, descripción de sistemas y sub sistemas, función del sistema y fallas funcionales análisis de modos y efectos de falla, análisis de resultados y la generación del plan de mantenimiento propuesto.
- Bajo la metodología RCM, y el plan de mantenimiento propuesto por el fabricante, se generó el plan de mantenimiento para la línea de termo-compresión de tapas plásticas de acuerdo a los resultados que se obtuvieron.

## 6. RECOMENDACIONES

- Formar el grupo de trabajo RCM en Iberplast S.A, con el objetivo de continuar con el estudio de nuevas estrategias de mantenimiento enfocadas a la mejora continua, al manejo responsable y eficiente de los recursos y activos por los que se debe responder en equipo.
- Complementar en un futuro a corto plazo esta estrategia con el estudio costo beneficio en cuanto a los recursos económicos y humanos que deben asignarse para la implementación y puesta en marcha de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad no solo para la línea propuesta; también para los equipos que lo ameriten.
- Actualizar el plan de mantenimiento en el módulo PM de S.A.P, para poner a prueba las tareas propuestas que sin lugar a duda están sujetas a cambios y ajustes.
- Continuar con la recolección de la información en el departamento de mantenimiento es fundamental para futuros estudios.

## BIBLIOGRAFÍA

ALADON LTDA. Mantenimiento Planificado. Recuperado el 24 de julio de 2016, [http://www.mantenimientoplanificado.com/articulos\\_rcm\\_archivos/RCM2%20EXPLICACION.pdf](http://www.mantenimientoplanificado.com/articulos_rcm_archivos/RCM2%20EXPLICACION.pdf)

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Norma Española UNE EN 13306. Madrid, España: AENOR. 2011.

CABRERA, Octavio. Confiabilidad y análisis estadístico para la predicción de fallas, seguridad, riesgo, costo y garantía de los equipos. Recuperado el 11 de septiembre de 2016, de <https://gestionmantenimientomentefactusupq.wikispaces.com/file/view/Weibull.pptx>

ELSEVIER. Application of RCM to a medium scale industry. Editorial Elsevier. Reliability engineering and system safety. p. 13.

GIL, Isaac. Recuperado el 11 de Septiembre de 2016, de <https://es.scribd.com/doc/52058609/Distribucion-de-Weibull>.

MARKS, John. Combining TPM and reliability focused maintenance RCM, reliability centered maintenance, electric maintenance and repair. Journal of mechanical engineering. Volumen 211. USA: 1997.

MORA, Alberto. Mantenimiento industrial efectivo. Medellín: Coldi LTDA. 2012.

MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Asheville, North Carolina: Aladon LLC. 2004.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la Lengua Española. Madrid: Espasa. 2014.

SACMI IMOLA. Compression Technology for plastic closures. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de [http://www.sacmi.com/System/00/01/30/13001/ed\\_enUS/Depliant%20ClosuresEnCinRus.pdf](http://www.sacmi.com/System/00/01/30/13001/ed_enUS/Depliant%20ClosuresEnCinRus.pdf)

SAE INTERNATIONAL. Practicas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie. Recuperado el 05 de mayo de 2016, de SAE JA1012: [http://standards.sae.org/ja1012\\_200201/](http://standards.sae.org/ja1012_200201/)

## ANEXOS

### ANEXO A. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD MEDIANTE DISTRIBUCIÓN WEIBULL

**Tabla 5. Tiempo entre fallas (TBF) y reparaciones (TTR) CCM64MB-5.**

| DÍA / planta | TBF HORAS | TTR HORAS real | DÍA / planta | TBF HORAS | TTR HORAS real | DÍA / planta | TBF HORAS | TTR HORAS real | DÍA / planta | TBF HORAS | TTR HORAS real |
|--------------|-----------|----------------|--------------|-----------|----------------|--------------|-----------|----------------|--------------|-----------|----------------|
| 05-ene-15    | 119,67    | 0,33           | 08-jul-15    | 167,58    | 0,42           | 17-nov-15    | 71,67     | 0,33           | 02-mar-16    | 191,50    | 0,50           |
| 14-ene-15    | 215,05    | 0,95           | 10-jul-15    | 47,33     | 0,67           | 20-nov-15    | 71,75     | 0,25           | 04-mar-16    | 47,50     | 0,50           |
| 15-ene-15    | 23,75     | 0,25           | 24-jul-15    | 327,00    | 9,00           | 21-nov-15    | 22,50     | 1,50           | 05-mar-16    | 10,58     | 13,42          |
| 16-ene-15    | 22,33     | 1,67           | 25-jul-15    | 23,50     | 0,50           | 22-nov-15    | 16,50     |                | 06-mar-16    | 21,58     | 2,42           |
| 17-ene-15    | 17,75     | 6,25           | 28-jul-15    | 71,42     | 0,58           | 23-nov-15    |           | 31,50          | 07-mar-16    | 16,00     | 8,00           |
| 20-ene-15    | 71,00     | 1,00           | 03-ago-15    | 143,67    | 0,33           | 25-nov-15    | 44,75     | 3,25           | 09-mar-16    | 46,50     | 1,50           |
| 26-ene-15    | 143,58    | 0,42           | 06-ago-15    | 71,67     | 0,33           | 29-nov-15    | 83,50     | 12,50          | 13-mar-16    | 94,42     | 1,58           |
| 01-feb-15    | 142,50    | 1,50           | 09-ago-15    | 71,75     | 0,25           | 30-nov-15    | 11,75     | 12,25          | 26-mar-16    | 308,75    | 3,25           |
| 13-feb-15    | 287,50    | 0,50           | 11-ago-15    | 47,67     | 0,33           | 04-dic-15    | 94,75     | 1,25           | 29-mar-16    | 71,58     | 0,42           |
| 15-feb-15    | 43,33     | 4,67           | 18-ago-15    | 167,50    | 0,50           | 07-dic-15    | 66,42     | 5,58           | 01-abr-16    | 71,00     | 1,00           |
| 16-feb-15    | 23,25     | 0,75           | 19-ago-15    | 23,42     | 0,58           | 12-dic-15    | 118,33    | 1,67           | 03-abr-16    | 26,83     | 21,17          |
| 20-feb-15    | 93,33     | 2,67           | 23-ago-15    | 95,83     | 0,17           | 13-dic-15    | 20,92     | 3,08           | 06-abr-16    | 64,92     |                |
| 22-feb-15    | 45,75     | 2,25           | 26-ago-15    | 70,08     | 1,92           | 15-dic-15    | 47,42     | 0,58           | 07-abr-16    |           | 31,08          |
| 27-feb-15    | 117,00    | 3,00           | 30-ago-15    | 83,50     | 12,50          | 22-dic-15    | 163,00    | 5,00           | 13-abr-16    | 141,17    | 2,83           |
| 02-mar-15    | 70,20     | 1,80           | 03-sep-15    | 93,83     | 2,17           | 24-dic-15    | 47,25     | 0,75           | 16-abr-16    | 71,30     | 0,70           |
| 04-mar-15    | 45,67     | 2,33           | 04-sep-15    | 22,50     | 1,50           | 25-dic-15    | 17,50     | 6,50           | 17-abr-16    | 22,25     | 1,75           |
| 05-mar-15    | 23,67     | 0,33           | 12-sep-15    | 189,58    | 2,42           | 26-dic-15    | 23,00     | 1,00           | 18-abr-16    | 22,25     | 1,75           |
| 06-mar-15    | 17,25     | 6,75           | 19-sep-15    | 167,50    |                | 27-dic-15    | 23,58     | 0,42           | 21-abr-16    | 69,33     | 2,67           |
| 10-mar-15    | 94,58     | 1,42           | 20-sep-15    |           |                | 28-dic-15    | 21,50     | 2,50           | 03-may-16    | 287,25    | 0,75           |
| 11-mar-15    | 19,83     | 4,17           | 21-sep-15    |           | 30,50          | 29-dic-15    | 12,08     | 11,92          | 11-may-16    | 190,58    | 1,42           |
| 17-mar-15    | 143,00    | 1,00           | 24-sep-15    | 83,58     | 6,42           | 30-dic-15    | 21,67     | 2,33           | 15-may-16    | 95,33     | 0,67           |
| 18-mar-15    | 23,50     | 0,50           | 26-sep-15    | 45,25     | 2,75           | 02-ene-16    | 71,00     | 1,00           | 16-may-16    | 22,42     | 1,58           |
| 05-abr-15    | 429,17    | 2,83           | 27-sep-15    | 22,67     | 1,33           | 06-ene-16    | 87,42     | 8,58           | 17-may-16    | 21,50     | 2,50           |
| 08-abr-15    | 70,50     | 1,50           | 28-sep-15    | 23,58     | 0,42           | 08-ene-16    | 46,75     | 1,25           | 19-may-16    | 46,00     | 2,00           |
| 09-abr-15    | 16,75     | 7,25           | 01-oct-15    | 71,42     | 0,58           | 10-ene-16    | 47,75     | 0,25           | 20-may-16    | 21,17     | 2,83           |
| 11-abr-15    | 44,75     | 3,25           | 02-oct-15    | 20,08     | 3,92           | 11-ene-16    | 23,33     | 0,67           | 01-jun-16    | 285,25    | 2,75           |
| 13-abr-15    | 44,33     | 3,67           | 03-oct-15    | 13,58     | 10,42          | 12-ene-16    | 19,17     | 4,83           | 02-jun-16    | 13,25     | 10,75          |
| 14-abr-15    | 22,17     | 1,83           | 06-oct-15    | 65,25     | 6,75           | 13-ene-16    | 19,08     | 4,92           | 03-jun-16    | 22,92     | 1,08           |
| 16-abr-15    | 46,83     | 1,17           | 07-oct-15    | 21,58     | 2,42           | 14-ene-16    | 16,33     | 7,67           | 05-jun-16    | 46,67     | 1,33           |
| 19-abr-15    | 70,33     | 1,67           | 08-oct-15    | 22,25     | 1,75           | 15-ene-16    | 3,75      |                | 07-jun-16    | 47,67     | 0,33           |
| 21-abr-15    | 47,25     | 0,75           | 09-oct-15    | 23,83     | 0,17           | 16-ene-16    |           | 44,25          | 08-jun-16    | 23,58     | 0,42           |
| 22-abr-15    | 21,75     | 2,25           | 10-oct-15    | 23,08     | 0,92           | 26-ene-16    | 216,00    |                | 09-jun-16    | 19,25     | 4,75           |
| 24-abr-15    | 44,08     | 3,92           | 11-oct-15    | 23,50     | 0,50           | 27-ene-16    |           | 43,00          | 11-jun-16    | 47,67     | 0,33           |
| 29-abr-15    | 119,50    | 0,50           | 12-oct-15    | 23,42     | 0,58           | 28-ene-16    | 26,92     | 2,08           | 12-jun-16    | 23,20     | 0,80           |
| 06-may-15    | 167,75    | 0,25           | 14-oct-15    | 47,50     | 0,50           | 29-ene-16    | 23,83     | 0,17           | 17-jun-16    | 118,92    | 1,08           |
| 08-may-15    | 47,75     | 0,25           | 17-oct-15    | 69,00     |                | 30-ene-16    | 19,00     | 5,00           | 18-jun-16    | 23,83     | 0,17           |
| 11-may-15    | 71,83     | 0,17           | 18-oct-15    |           |                | 31-ene-16    | 23,42     | 0,58           | 19-jun-16    | 22,42     | 1,58           |
| 13-may-15    | 46,42     | 1,58           | 19-oct-15    |           | 27,50          | 02-feb-16    | 47,33     | 0,67           | 20-jun-16    | 21,00     | 3,00           |
| 14-may-15    | 21,17     | 2,83           | 23-oct-15    | 118,92    | 0,58           | 03-feb-16    | 23,92     | 0,08           | 21-jun-16    | 22,75     | 1,25           |
| 22-may-15    | 191,33    | 0,67           | 26-oct-15    | 71,08     | 0,92           | 04-feb-16    | 18,33     | 5,67           | 22-jun-16    | 23,83     | 0,17           |
| 24-may-15    | 46,42     | 1,58           | 27-oct-15    | 19,42     | 4,58           | 05-feb-16    | 22,95     | 1,05           | 23-jun-16    | 19,75     | 4,25           |
| 04-jun-15    | 262,42    | 1,58           | 29-oct-15    | 41,17     | 6,83           | 06-feb-16    | 21,00     | 3,00           |              |           |                |
| 05-jun-15    | 23,33     | 0,67           | 30-oct-15    | 11,17     | 12,83          | 09-feb-16    | 71,25     | 0,75           |              |           |                |
| 06-jun-15    | 23,00     | 1,00           | 31-oct-15    | 23,00     | 1,00           | 15-feb-16    | 142,75    | 1,25           |              |           |                |
| 07-jun-15    | 22,42     | 1,58           | 06-nov-15    | 134,00    | 10,00          | 16-feb-16    | 20,08     | 3,92           |              |           |                |
| 09-jun-15    | 46,17     | 1,83           | 07-nov-15    | 5,67      | 18,33          | 18-feb-16    | 39,50     | 8,50           |              |           |                |
| 19-jun-15    | 239,00    | 1,00           | 08-nov-15    | 19,25     | 4,75           | 20-feb-16    | 46,83     | 1,17           |              |           |                |
| 30-jun-15    | 263,33    | 0,67           | 10-nov-15    | 46,75     | 1,25           | 21-feb-16    | 21,22     | 2,78           |              |           |                |
| 01-jul-15    | 23,67     | 0,33           | 14-nov-15    | 92,58     | 3,42           | 23-feb-16    | 47,67     | 0,33           |              |           |                |

Fuente. Control de tiempos para la generación de indicadores de mantenimiento en Iberplast S.A.

Tabla 6. Cálculos Weibull de confiabilidad en hoja Excel

| $i$ | TIEMPO ENTRE FALLAS | F(t)<br>LINEA MEDIA<br>%ACUMULADO DE FALLAS<br>$F(t) = (i-0,3)/(N+0,4)$ | $\ln(i)$<br>E/JEX | $\ln(\ln(1/(1-F(t))))$<br>E/JE Y | $\beta$ | $n$   | $\gamma$ | R       | R IDEAL | Delta R | MTBF    |
|-----|---------------------|---|-------------------|----------------------------------|---------|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1   | 3,75                | 0,0039  | 1,32              | -5,55                            | 1,31    | 69,93 | 0        | 0,92238 | 1       | 0,07762 | 64,4432 |
| 2   | 5,67                | 0,0094  | 1,73              | -4,66                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 3   | 10,58               | 0,0150  | 2,36              | -4,19                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 4   | 11,17               | 0,0205  | 2,41              | -3,88                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 5   | 11,75               | 0,0261  | 2,46              | -3,63                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 6   | 12,08               | 0,0316  | 2,49              | -3,44                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 7   | 13,25               | 0,0371  | 2,58              | -3,27                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 8   | 13,58               | 0,0427  | 2,61              | -3,13                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 9   | 16,00               | 0,0482  | 2,77              | -3,01                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 10  | 16,33               | 0,0538  | 2,79              | -2,90                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 11  | 16,50               | 0,0593  | 2,80              | -2,79                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 12  | 16,75               | 0,0649  | 2,82              | -2,70                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 13  | 17,25               | 0,0704  | 2,85              | -2,62                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 14  | 17,50               | 0,0759  | 2,86              | -2,54                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 15  | 17,75               | 0,0815  | 2,88              | -2,47                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 16  | 18,33               | 0,0870  | 2,91              | -2,40                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 17  | 19,00               | 0,0926  | 2,94              | -2,33                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 18  | 19,08               | 0,0981  | 2,95              | -2,27                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 19  | 19,17               | 0,1037  | 2,95              | -2,21                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 20  | 19,25               | 0,1092  | 2,96              | -2,16                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 21  | 19,25               | 0,1147  | 2,96              | -2,10                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 22  | 19,42               | 0,1203  | 2,97              | -2,05                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 23  | 19,75               | 0,1258  | 2,98              | -2,01                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 24  | 19,83               | 0,1314  | 2,99              | -1,96                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 25  | 20,08               | 0,1369  | 3,00              | -1,92                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 26  | 20,08               | 0,1425  | 3,00              | -1,87                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 27  | 20,92               | 0,1480  | 3,04              | -1,83                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 28  | 21,00               | 0,1535  | 3,04              | -1,79                            |         |       |          |         |         |         |         |
| 29  | 21,00               | 0,1591  | 3,04              | -1,75                            |         |       |          |         |         |         |         |

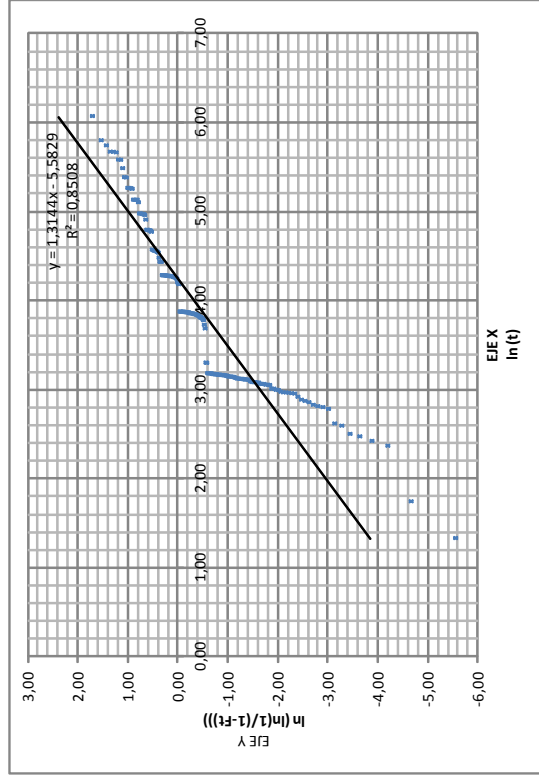
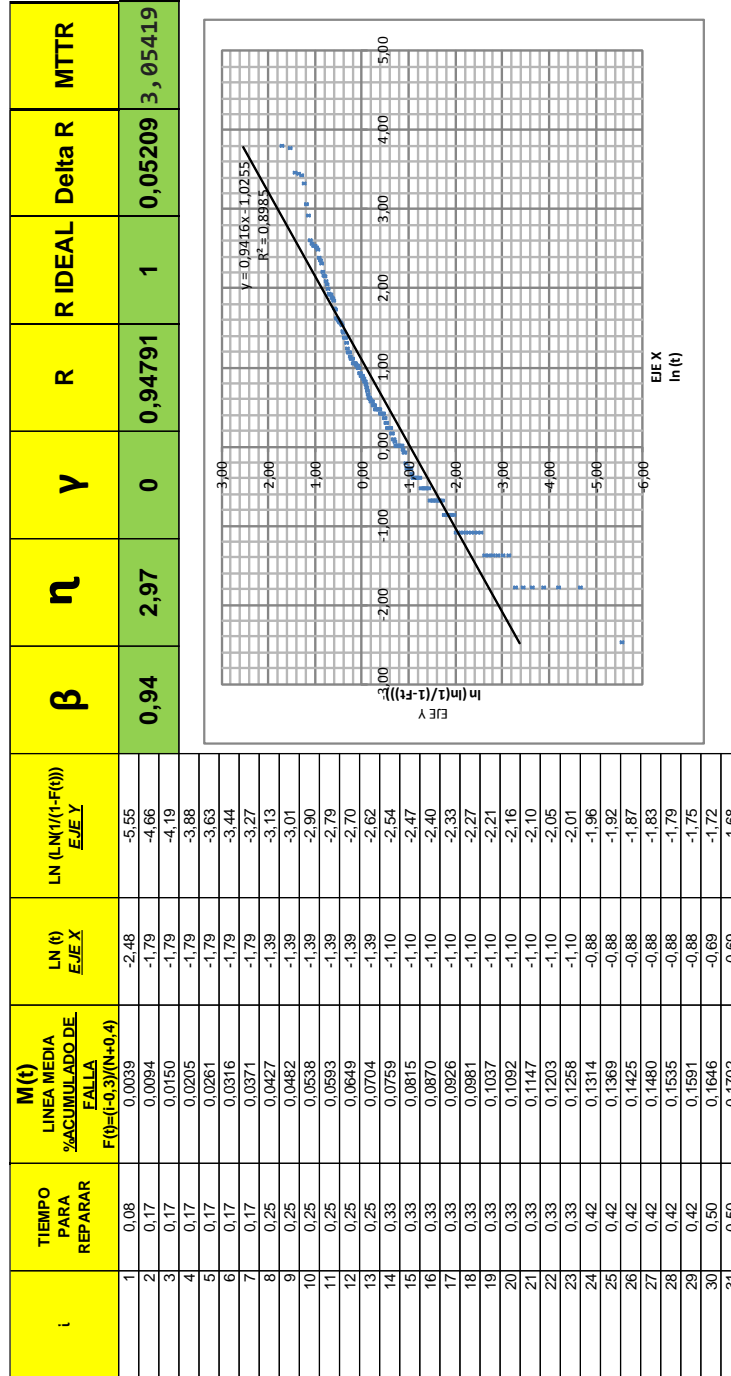


Tabla 7: Caculos Weibull de mantenibilidad en hoja Excel

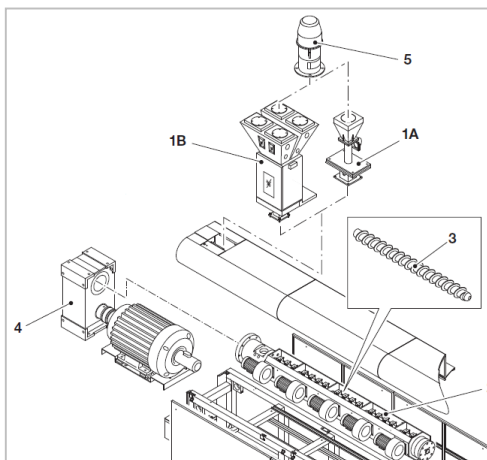


## ANEXO B. DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS Y SUB SISTEMAS.

### Unidad de alimentación y mezcla MDW250.

- **Función:** Recibir el material virgen polipropileno y polietileno, además del masterbatch<sup>9</sup>, para luego dosificar y mezclar con el fin de alimentar la unidad de extrusión a una rata de 190kg/h.
- **Características operacionales:** Son descritas teniendo en cuenta la figura 25. El granulado entra a través de una tolva 1A o bien, en alternativa, mediante un dosificador/mezclador 1B (consultar el manual de instrucciones del fabricante) y es empujado hasta el cilindro 2, mediante un tornillo 3 el cual gira mediante un motor reductor 4, a través de diferentes zonas de acondicionamiento térmico. Las zonas son servidas por resistencias y electro ventiladores de refrigeración. La temperatura de cada una de las zonas es detectada por los termopares correspondientes.

Figura 28. Unidad de alimentación y mezcla MDW250.



Fuente. Manual documentación técnica CCM64M. SACMI Italia.

<sup>9</sup> El mastebatch es un sistema de coloración y aditivación de polímeros

### Unidad de formación CCM64 MB.

- **Función:** Fabricar la carcasa de la tapa plástica de 28mm a razón de 1.200 tapas por minuto, con un peso promedio de 2,5g y una temperatura de 35°C.
- **Características operacionales:** Por medio de extrusión continua mediante la salida de material plástico por un extrusor, se alimenta un carrusel de corte sucesivo que genera una dosis calibrada para posteriormente introducirla dentro de los moldes que abren y cierran por acción de una unidad hidráulica para generar la formación del producto. Se realiza dicha apertura y cierre de los moldes con una presión regulable durante el proceso de producción. Para controlar las dimensiones y espesores de la carcasa, además del control de las presiones hidráulicas, se controla el tiempo de refrigeración el cual está determinado por la velocidad de rotación del carrusel de moldeado.

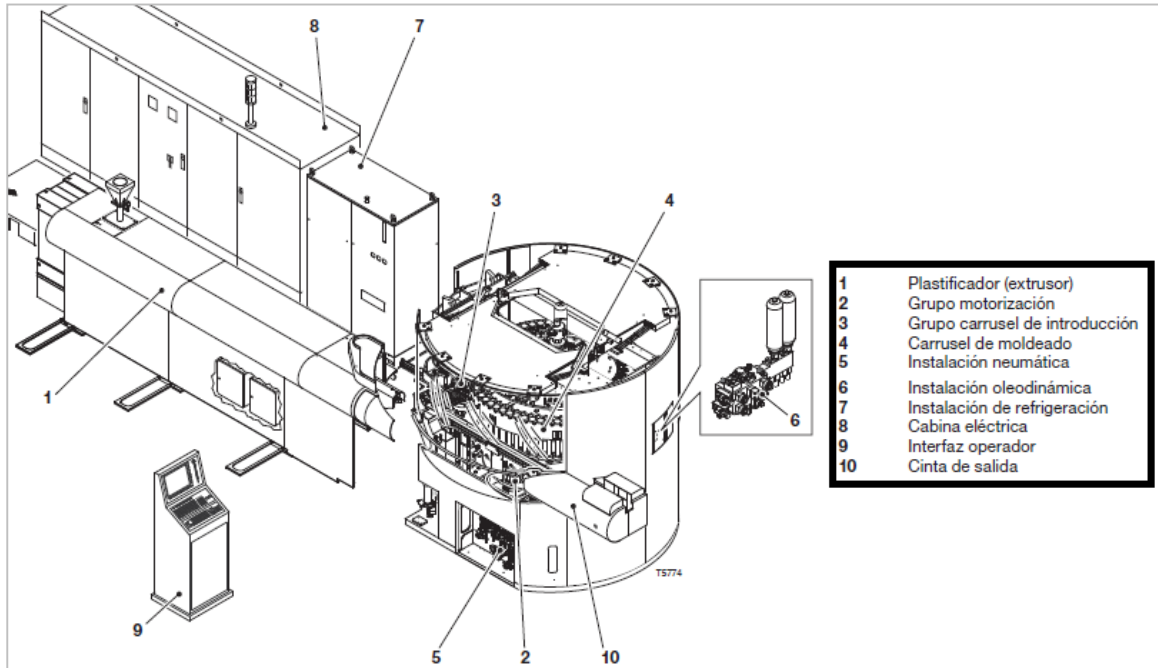
Esta unidad se encuentra conformada por diez subsistemas que se describen en el siguiente Tabla y se ilustran en la figura 29.

**Tabla 8. Subsistemas Unidad de formación CCM64 MB.**

| <b>NUMERAL</b> | <b>SUBSISTEMAS</b>              |
|----------------|---------------------------------|
| 1              | Plastificador (extrusor)        |
| 2              | Grupo motorización.             |
| 3              | Grupo carrusel de introducción. |
| 4              | Carrusel de moldeado.           |
| 5              | Instalación neumática.          |
| 6              | Instalación oleodinámica.       |
| 7              | Instalación de refrigeración.   |
| 8              | Cabina Eléctrica.               |

|    |                          |
|----|--------------------------|
| 9  | Interfaz operador.       |
| 10 | Cinta de salida (banda). |

**Figura 29. Unidad de formación CCM64 MB.**



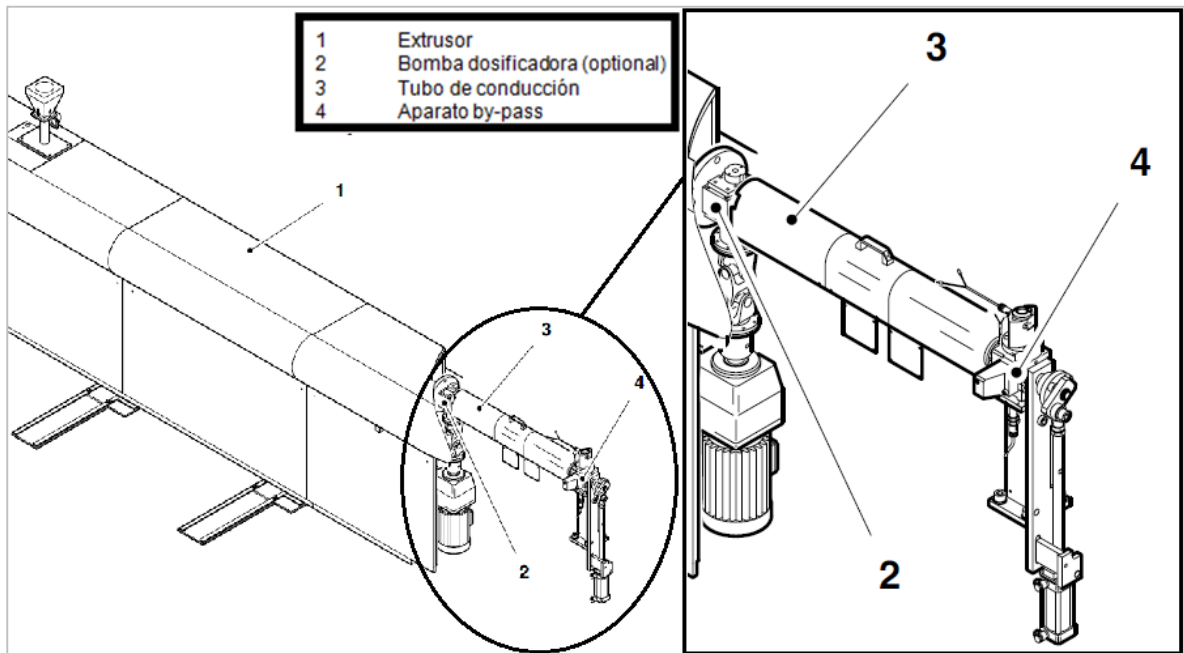
Fuente. Manual documentación técnica CCM64M. SACMI Italia.

### **Plastificador (extrusor).**

- **Función:** Fundir, mezclar y preparar correctamente el material a una temperatura de 280°C para entregarlo a la bomba de dosificación a una rata de 350Kg/h max.
- **Características operacionales:** El grupo está compuesto por un extrusor 1, por una bomba de dosificación 2 (opcional), por un tubo de conducción calentado 3 y por un aparato de by-pass 4. El grupo está montado sobre guías para

compensar las dilataciones térmicas y permitir las operaciones de mantenimiento. Las guías según el tipo de instalación, pueden ser para la extracción longitudinal o transversal del extrusor. La máquina puede equiparse con diferentes aparatos de extrusión en función del caudal de material plástico necesario.

**Figura 30. Plastificador (extrusor).**



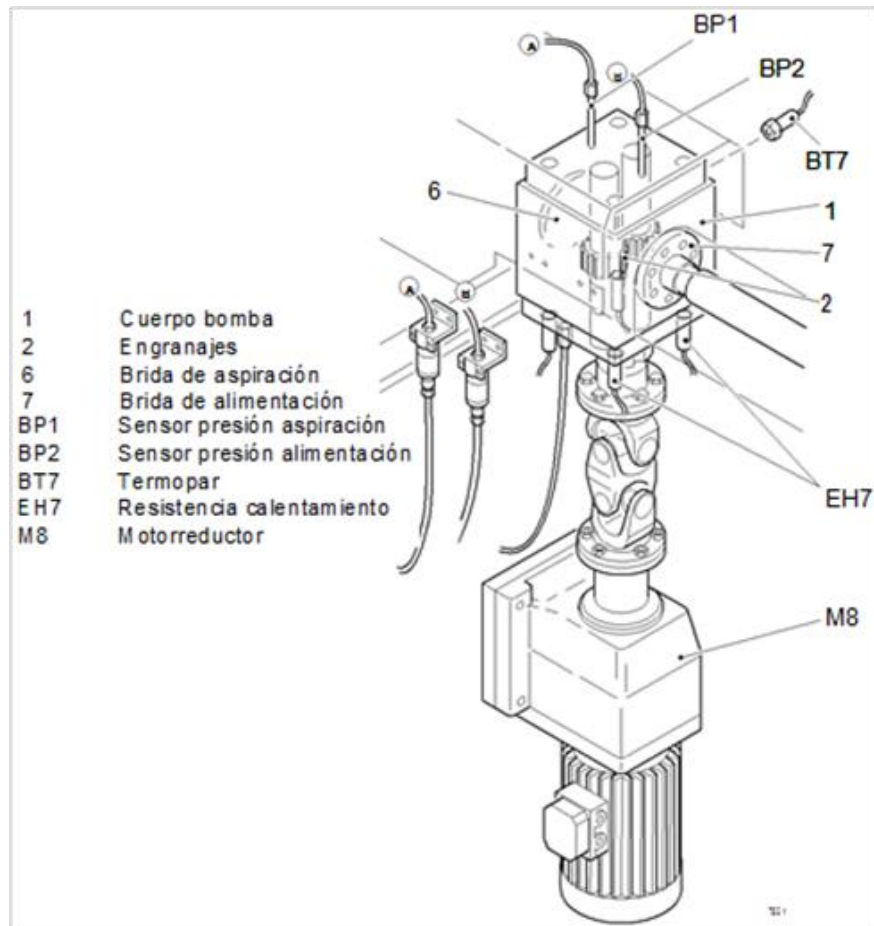
Fuente. Manual documentación técnica CCM64M. SACMI Italia.

### **Bomba de dosificación.**

- **Función:** Regular el caudal del material plástico fundido y determinar el peso de las dosis.
- **Características operacionales.** El material entra en el cuerpo de la bomba 1 (calentado por las resistencias EH7) a través de una brida de aspiración 6 y es

empujado mediante los engranajes 2 (movidos por el motor reductor M8) hacia una brida de alimentación 7 unida al tubo de abastecimiento. Está previsto un circuito de refrigeración en las extremidades del eje para impedir que pueda salir el material plástico. Las presiones de aspiración y de alimentación del material son detectadas, respectivamente, por los transductores BP1 y BP2. La temperatura de la bomba es controlada por un termopar BT7.

**Figura 31. Bomba de dosificación.**

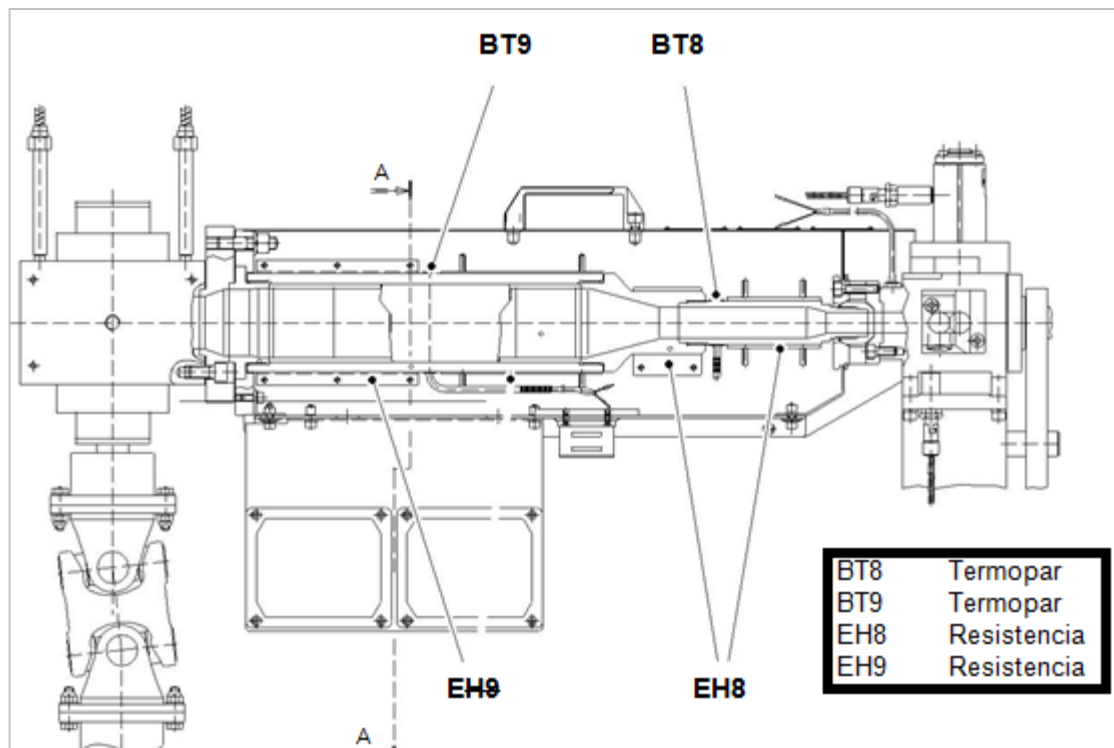


Fuente. Manual documentación técnica CCM64M. SACMI Italia.

### Tubo de abastecimiento.

- **Función:** Transportar y homogenizar el material fundido a temperatura constante de 280°C hasta el grupo aparato de by-pass.
- **Características operacionales:** Está constituido por una zona tubo y por una zona mezclador estático que tiene la función de rendir homogéneas tanto las características como las temperaturas del material plastificado. Durante el recorrido, el material es mantenido a temperatura constante mediante las resistencias EH8 y EH9. La temperatura es detectada por los termopares BT8 y BT9.

Figura 32. Tubo de abastecimiento.

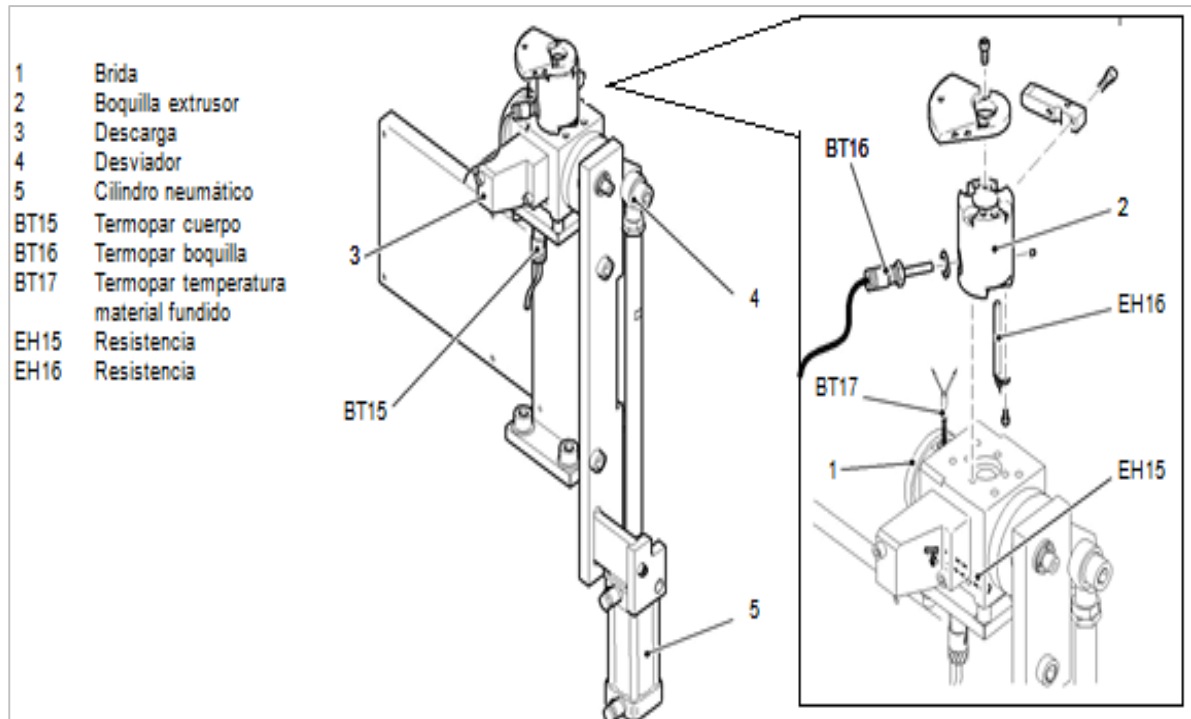


Fuente. Manual documentación técnica CCM64M. SACMI Italia.

### Aparato de by-pass.

- **Función:** Guiar el flujo de material fundido y homogenizado desde el tubo mezclador hacia el carrusel de inserción, o hacia el depósito de purgas.
- **Características operacionales:** El material fundido entra a través de una brida 1 y conducido a una boquilla 2 para la extrusión o bien en la descarga 3, en función de la posición de un desviador 4 movidos por un cilindro neumático 5. Durante el recorrido, unas resistencias EH15 y EH16 mantienen el material en temperatura. Esta temperatura es detectada por los termopares BT15 y BT16, mientras que la temperatura del material fundido es controlada por una sonda BT17.

Figura 33. Aparato de by-pass.

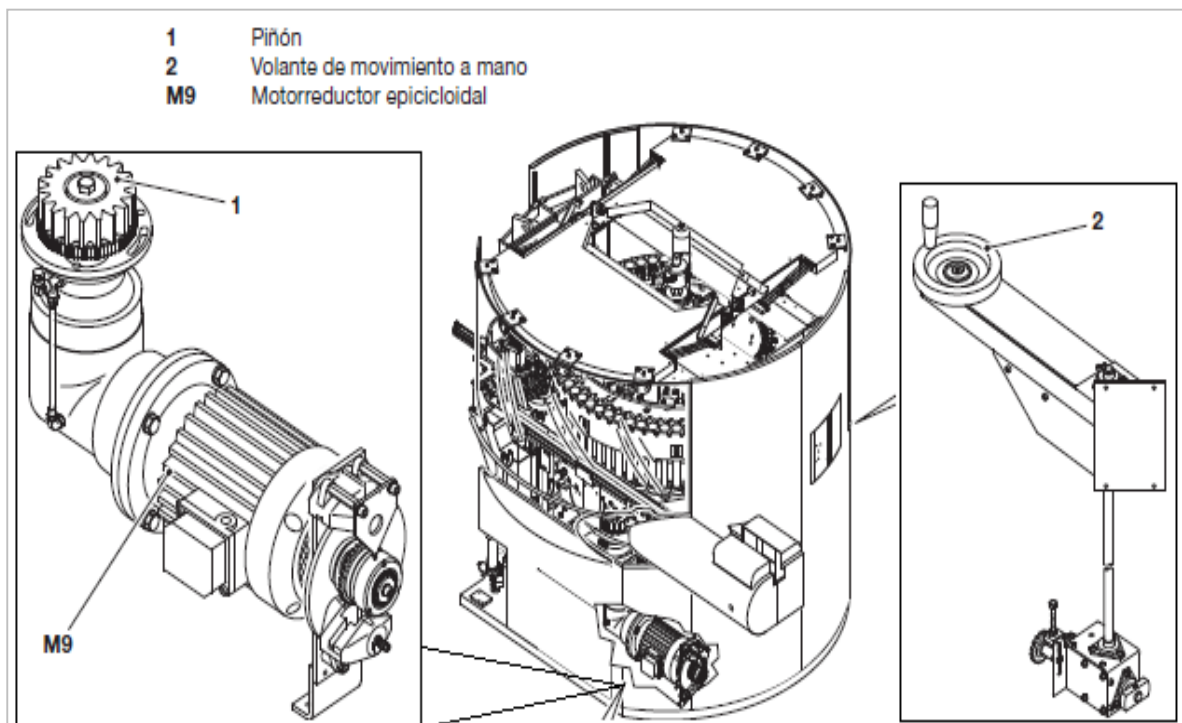


Fuente. Manual documentación técnica CCM64M. SACMI Italia.

### Grupo de motorización.

- **Función:** Generar el movimiento del carrusel de moldeado en sentido horario a 19 r.p.m.
- **Características operacionales:** El grupo está compuesto por un motor reductor M9 en el cual está ensamblado un piñón 1 que hace girar la corona solidaria con el carrusel de moldeado. Moviendo el volante 2 es posible girar el carrusel manualmente.

Figura 34. Grupo Motorización.

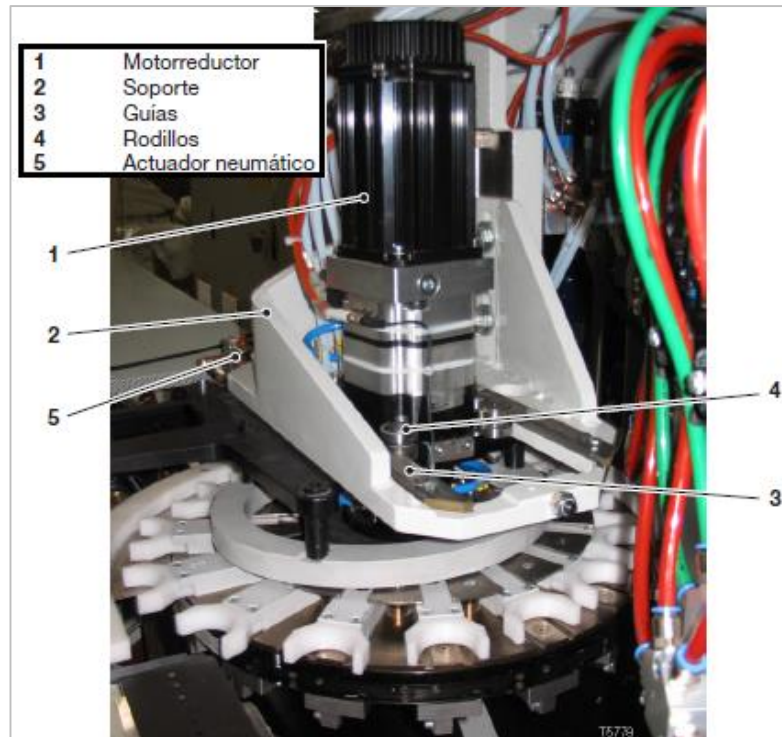


Fuente. Manual documentación técnica CCM64M. SACMI Italia.

### Grupo carrusel de introducción.

- **Función:** Desempeña la doble función de cortar y depositar la dosis de plástico en la cavidad del carrusel de moldeado y de transferir el producto acabado hasta la cinta de salida.
- **Características operacionales.** El carrusel gira mediante el motor reductor 1. La rotación del carrusel de introducción está sincronizada electrónicamente, mediante encoder, con el carrusel de moldeado. El carrusel está montado en el soporte 2, equipado con guías 3 y rodillos 4 que, mediante un actuador neumático 5, permiten el desplazamiento del carrusel hasta las posiciones de trabajo o bien de desconexión.

Figura 35. Grupo carrusel de introducción.



Fuente. Manual documentación técnica CCM64M. SACMI Italia.

## **Carrusel de moldeado.**

- **Función.** Efectuar las operaciones de moldeado tales como recepción de la dosis, enfriamiento de la tapa a 45°C, y extracción del producto acabado, que es depositado en la estrella de extracción.
- **Características operacionales:** El movimiento es transmitido por la motorización al carrusel de moldeado mediante un piñón. Dentro del cuerpo 7 se encuentran los distribuidores giratorios. El distribuidor superior distribuye el fluido de refrigeración a los moldes superiores e inferiores, mientras que el inferior conduce aceite bajo presión a los actuadores oleodinámicos y aire comprimido a los moldes. En el cuerpo inferior del carrusel 1 están montados los actuadores oleodinámicos 2; cada uno de ellos lleva un molde 3 (inferior) que tiene la función de recibir la dosis que después será moldeada y enfriada. El actuador 2 se mueve oleodinámicamente. Las diferentes fases que definen su movimiento son accionadas por una válvula 4 con accionamiento mediante rueda, que está montada al lado del actuador. Un canal 5, para el líquido de enfriamiento del molde 3, pasa a través del vástago del actuador.

Los moldes superiores están montados en el cuerpo del carrusel superior 2.

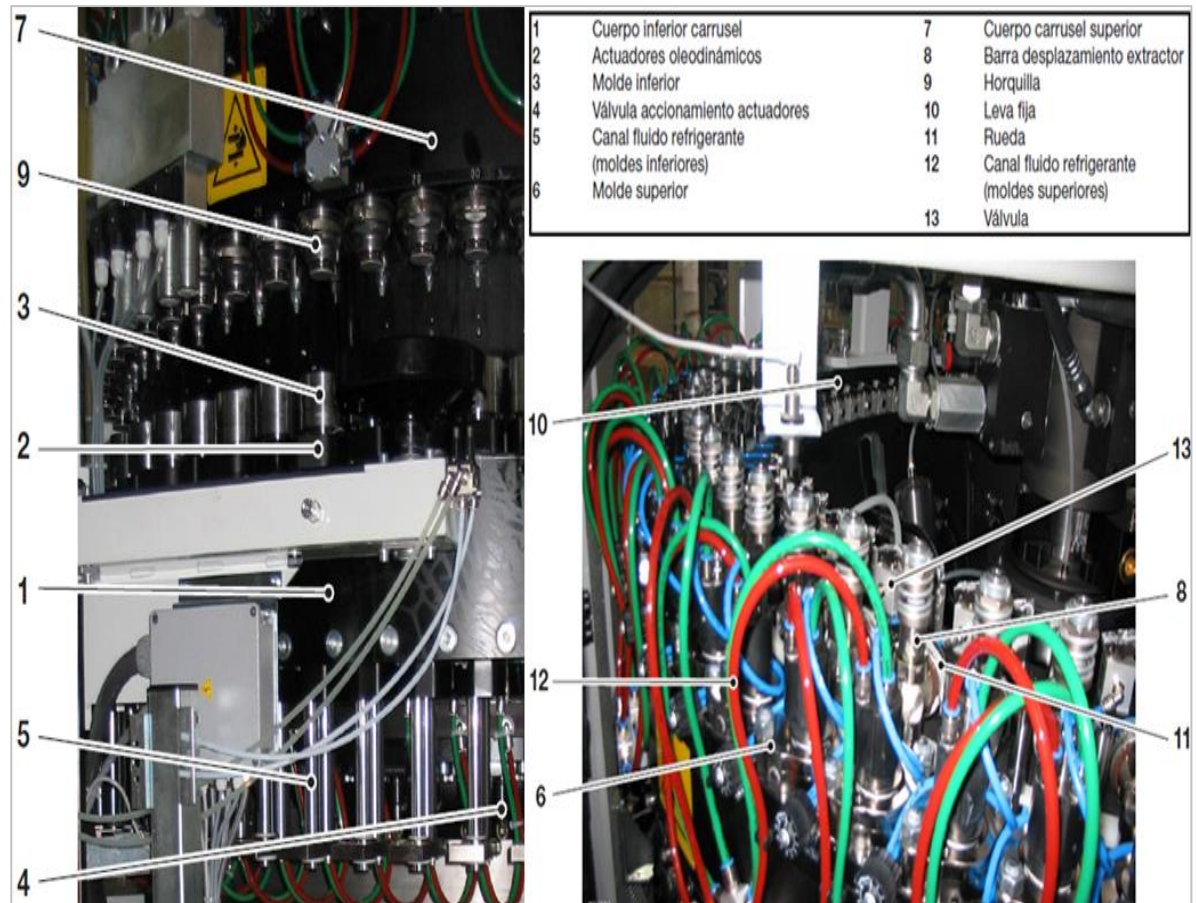
En una circunferencia más interna respecto a la de los moldes superiores se encuentran las barras relativas 8 que mueven los elementos predispuestos para la extracción del producto; en la barra está ensamblada una horquilla 9 que tiene la función específica de obrar en el útil de extracción.

Las barras de extracción 8 están accionadas por una leva fija 10 que actúa en las ruedas 11, fijadas en las barras. Además, para la extracción del producto mediante la inyección de aire en los moldes superiores, la máquina está equipada con una serie de válvulas neumáticas 13 que conducen aire bajo presión a cada molde.

El aire comprimido sale de la centralita de la instalación neumática, pasa primero a través de un acumulador el cual mantiene la presión constante y después a través de un anillo que lo distribuye a las válvulas 13; a continuación llega a los reguladores de capacidad colocados cerca de los moldes.

El líquido que se encuentra en el canal 12 enfrían los moldes superiores.

**Figura 36. Carrusel de moldeado.**



Fuente. Manual documentación técnica CCM64M. SACMI Italia.



|      |  |        |   |
|------|--|--------|---|
| 1    | Filtro   | T      | Termostato  |
| 2    | Regulador de presión general   | VU     | Vacío   |
| 3    | Regulador de presión introducción dosis                                  | YV3    | Electroválvula descarte dosis                                   |
| 4    | Regulador de presión calentador  | YV6    | Electroválvula regulación movimiento carrusel de introducción   |
| 5    | Estrangulador  | YV9    | Electroválvula inyección aire moldes                            |
| 6    | Regulador de presión vaciado termostato                                  | YV13   | Electroválvula descarga acumulador introducción                 |
| 7    | Cilindro movimiento by-pass  | YV17   | Electroválvula general aire comprimido                          |
| 9    | Regulador de presión aire moldes   | YV23B  | Electroválvula movimiento aire by-pass extrusor; by-pass        |
| 11   | Acumulador   | YV23P  | Electroválvula movimiento aire by-pass extrusor; producción     |
| 12   | Válvula inyección moldes   | YV31   | Electroválvula expulsión tapones debido a obstrucción del canal |
| 13   | Regulador de presión seguridad pistón                                    | YV33   | Electroválvula introducción dosis                               |
| 14   | Regulador de presión descarte dosis                                      | YV35   | Electroválvula descarte producto                                |
| 15   | Regulador de presión refrigeración cortadores/pistones                   | YV40   | Electroválvula desactivación movimiento manual                  |
| CA   | Leva que puede abrirse   | YV41   | Electroválvula refrigeración cortadores/pistones                |
| E    | Plastificador  | YV42   | Electroválvula engrasado corona                                 |
| GI   | Carrusel de introducción   | YV44   | Electroválvula calentador/alimentación jet-stream aguas abajo   |
| GF   | Carrusel de moldeado   | YV50   | Electroválvula seguridad pistones                               |
| JS*  | Jet stream   | YV55   | Electroválvula descarga acumulador circuito leva                |
| PA   | Preparación aire   |        | introducción  |
| RI*  | Calentador   | YV56   | Electroválvula detección parada carrusel de moldeado            |
| SP1  | Presostato presión red   | YV57   | Electroválvula detección rotación carrusel de moldeado          |
| SP7  | Presostato aire alimentación máquina                                     | YV58   | Electroválvula habilitación circuito leva que puede abrirse     |
| SP23 | Presostato seguridad 1 descarga acumulador circuito leva de introducción | YV59   | Electroválvula movimiento leva que puede abrirse                |
| SP24 | Presostato seguridad 1 descarga acumulador circuito leva de introducción | YV60   | Electroválvula movimiento carrusel de introducción              |
|      |  | YV101* | Electroválvula descarte sistema de visión CVS                   |

Fuente. Manual documentación técnica CCM64M. SACMI Italia.

### Instalación oleodinámica.

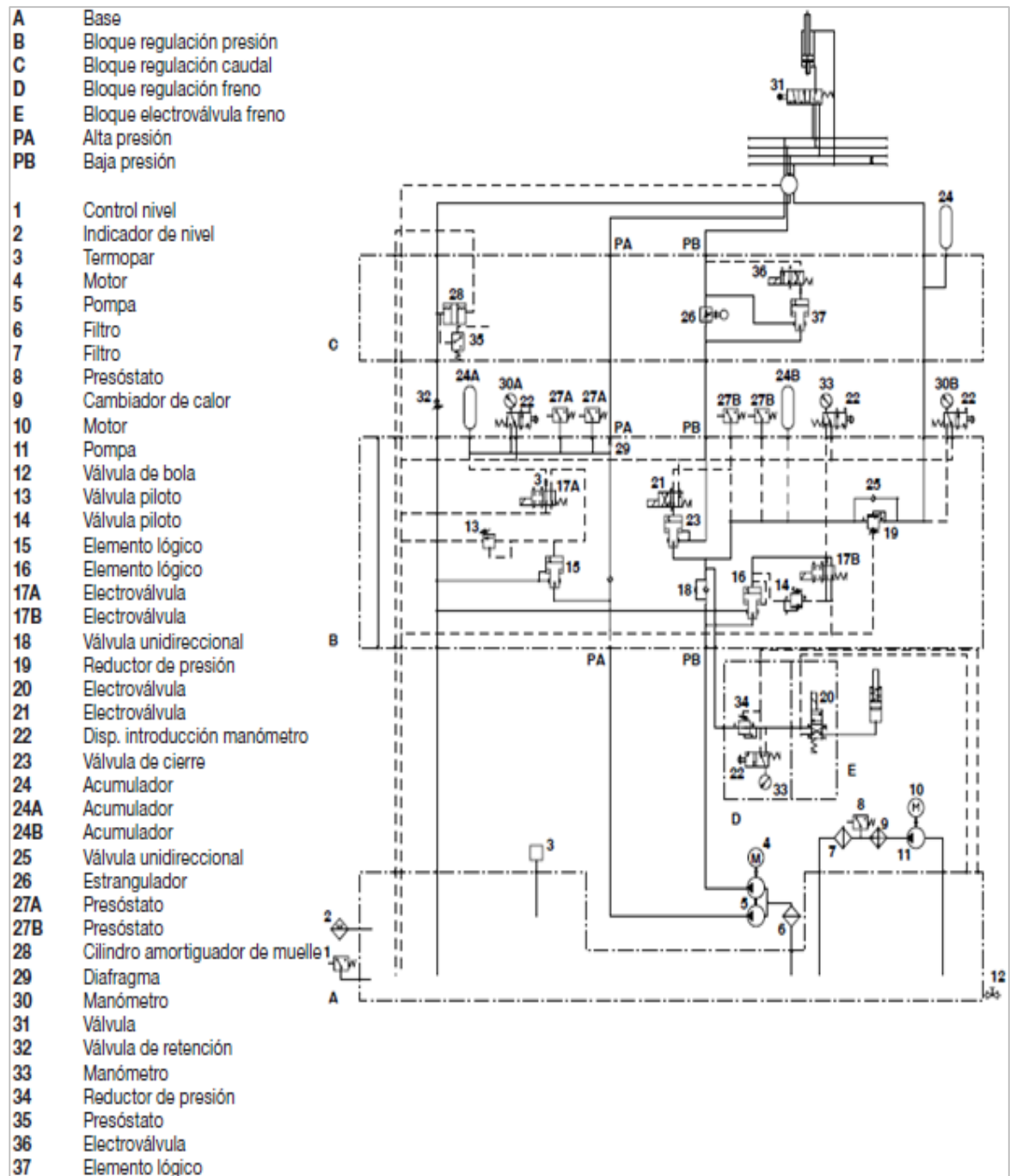
- **Función:** Suministrar aceite hidráulico con presión y caudal controlado para el movimiento de los actuadores del carrusel de moldeado.
- **Características operacionales:** La instalación oleodinámica cuenta con algunos componentes simples que se combinan para formar un circuito hidráulico, en el cual las bombas impulsan aceite a presión a través de las válvulas de maniobra y seguridad, por una tubería a los actuadores que portan los moldes inferiores, y que sostienen generan el cierre sostenido para la formación de las tapas.
- Depósito oleodinámico incorporado en la base de la máquina.
- Grupo motobomba con la función de general el caudal del aceite necesario para el funcionamiento. Dicho grupo está equipado con una bomba doble de engranajes que confieren características de bajo ruido y larga duración.
- Grupo de regulación de las presiones.
- Grupo de recirculación con la función de filtrar y enfriar el aceite.

- Grupo de regulación del caudal del aceite (montado en la prensa). En ese grupo se encuentra una válvula de regulación del caudal con accionamiento eléctrico.
- Distribuidor giratorio.
- Válvulas de mando mediante ruedas con los actuadores correspondiente.
- Canales, que van desde el distribuidor giratorio a las válvulas y a los actuadores correspondientes; están colocados dentro del carrusel de moldeado.
- Actuadores oleodinámicos que portan los moldes inferiores.

### **Instalación de refrigeración.**

- **Función:** Suministrar fluido refrigerante a temperatura controlada a las siguientes partes:  
 Cambiador de calor agua/aceite de la central oleodinámica  
 Extrusor  
 Moldes superiores  
 Moldes inferiores  
 Distribuidor giratorio
- **Características operacionales:** El sistema está compuesto por un chiller que suministra el líquido a baja temperatura a una central de termorregulación la cual suministra los caudales de fluido refrigerante.  
 Cada caudal está a una temperatura específica y es enviada al punto de utilización respectivo.

**Figura 38. Instalación oleodinámica.**



Fuente. Manual documentación técnica CCM64M. SACMI Italia.

## Cabina eléctrica.

- **Función:** Alojar los equipos de protección, maniobra, señalización, y comunicación eléctricos que gobiernan la lógica (PLC) y energicen cargas para motores, válvulas, dispositivos de seguridad entre otros.
- **Características operacionales:** La instalación eléctrica está constituida principalmente por cuatro partes:

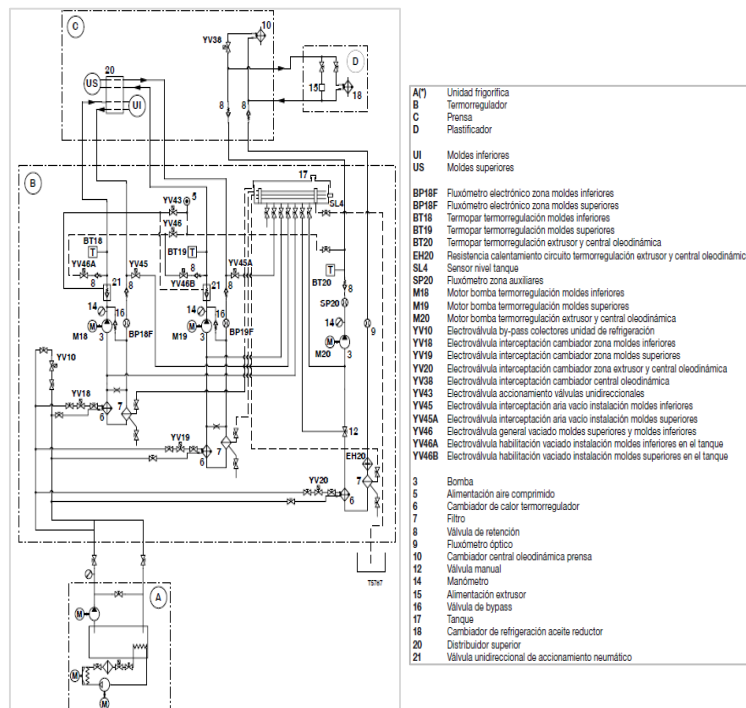
Interfaz del operador.

Microprocesador para el control de la máquina.

Control de potencia para funciones principales.

Cableado eléctrico.

Figura 39. Instalación de refrigeración.



Fuente. Manual documentación técnica CCM64M. SACMI Italia.

## Interfaz del operador.

- **Función:** Permitir el diálogo entre el operador y el sistema mediante microprocesador de control de la máquina encargado de gestionar el ciclo de producción de la máquina, adquiriendo las señales de los varios dispositivos instalados en la misma.
- **Características operacionales:** Está compuesto por el terminal gráfico de interfaz, el teclado alfanumérico y la botonera de accionamiento de la máquina. Contiene todas las conexiones a los menús de accionamiento: AUTOMÁTICO, MANUAL, SETUP. Esta parte representa la unidad de elaboración y de accionamiento de la máquina. El controlador programable cuenta con un conjunto de módulos de gestión de las entradas y de las salidas:

Tarjeta Alimentador. Proporciona las alimentaciones internas del sistema.

Tarjeta CPU. Incluye el microprocesador y la unidad que elabora el programa; en la CPU está integrado un módulo de entradas digitales, salidas digitales NPN y un puerto serial para la conexión al terminal gráfico de interfaz.

Tarjeta de memoria. Incluye un módulo de memoria MMC que contiene el programa.

Tarjeta de comunicación serial. Comprende una tarjeta de comunicación serial para el coloquio con los varios dispositivos de accionamiento.

Módulos de entradas digitales. Tienen la función de adquirir el estado de micro contactos, interruptores de proximidad, fotocélulas, etc.

Módulos de salidas. Tienen la función de pilotar los actuadores de la máquina.

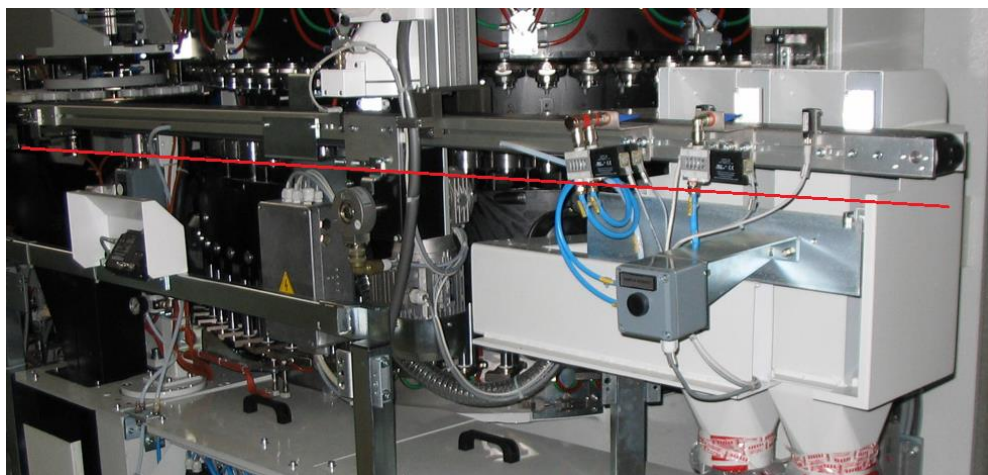
Control de potencia para funciones principales. Esta parte comprende todos los dispositivos para el accionamiento de los motores eléctricos. Los mandos de los motores y de los transformadores están protegidos mediante interruptores magnetotérmicos.

Cableado. Esta parte comprende cajas de derivación y cables que conectan los varios dispositivos y actuadores presentes en la máquina con el tablero eléctrico. En el cableado eléctrico se mantiene siempre una separación entre parte de potencia (motores, alimentación puntos de utilización, etc.) y parte de control (fotocélulas, sensores, electroválvulas, microcontactos, etc.).

### **Cinta de salida.**

- **Función:** Recibir el producto de las estrellas de extracción y transportarlo de manera ordenada a la zona de inspección del sistema de visión para la revisión de calidad. Posteriormente el producto conforme se entrega a la unidad de enfriamiento.
- **Características operacionales:** En la cinta se encuentran los dispositivos para el descarte de las tapas defectuosas o para la extracción de una muestra de las mismas. Adicionalmente se cuenta con un sistema de conteo que puede ser utilizado opcionalmente.

**Figura 40. Cinta de salida.**



Fuente. Manual documentación técnica CCM64M. SACMI Italia.

## Unidad de visión CVS052.

- **Información técnica.**

Es descrita en la tabla 9.

**Tabla 9. Datos técnicos CVS052.**

| <b>DATOS TÉCNICOS</b>                      |                          |
|--|--------------------------|
| TENSIONES DE ALIMENTACIÓN                  | 440 VAC                  |
| POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA               | (Hz 50/60) 1 kW          |
| POTENCIA ELÉCTRICA ABSORBIDA               | (Hz 50/60) 1 kW          |
| TENSIONES AUXILIARES                       | 220 VAC - 24 VDC         |
| TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN                    | LED 48 VDC               |
| TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN E.V. Y<br>SENSORES | 24 VDC                   |
| CONSUMO AIRE (*)                           | 800 NI/min               |
| AIRE, PRESIÓN EXPULSIÓN                    | 5 Bar                    |
| TEMPERATURA DE<br>FUNCIONAMIENTO TABLERO   | 5 - 40 Grados<br>Celsius |
| HUMEDAD DE FUNCIONAMIENTO<br>NO CONDENSADA | 30 - 95%                 |

- **Función.** Inspeccionar en línea el 100% de la producción con el fin de detectar todos los defectos presentes en la producción, que han sido adaptados y grabados en el equipo de acuerdo a los estándares de producción necesarios para luego descartar únicamente las piezas defectuosas con fiabilidad.
- **Características operacionales.** El Sistema de Visión SACMI CVS052 se puede subdividir en los siguientes componentes:

**Sistema de transporte (1).** Es el instrumento del cual el sistema se vale para llevar las piezas a la posición adecuada para la toma. El sistema de visión considera como línea hardware un flujo de piezas a inspeccionar que se mueven en sincronía. Un sensor de presencia detecta cuándo la pieza está en la posición adecuada para la toma de imagen.

**Grupo Dispositivos de iluminación (2).** La iluminación de las piezas es generada por un dispositivo controlado por el sistema de visión para garantizar un perfecto sincronismo entre la acción del dispositivo de iluminación y la toma por parte de la/s cámara/s de video.

**Cámara de video y óptica (3).** Se encargan de la adquisición de las imágenes de las piezas a inspeccionar.

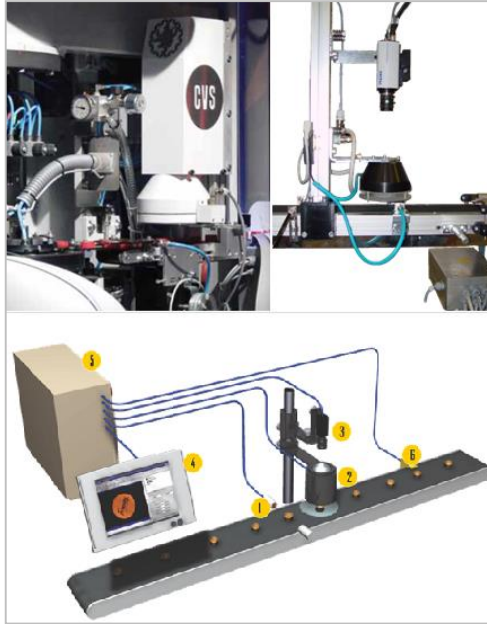
**Pantalla (4).** Utilizada para facilitar la visualización y lectura de las imágenes tomadas y de los menús para la configuración del sistema.

**Sistema de elaboración (5).** Elabora las imágenes adquiridas por las cámaras de video.

**Dispositivo de descarte (6).** La expulsión de las piezas defectuosas se lleva a cabo mediante un dispositivo de descarte neumático controlado por el sistema de elaboración.

**Software (7).** El programa que controla el sistema de visión.

**Figura 41. Unidad de Visión CVS 052.**



Fuente. Manual documentación técnica CVS 001.86.102 SACMI Italia.

### **Unidad de enfriamiento (Green Box) TARA0012.**

- **Información técnica.**

Es descrita en la tabla 10.

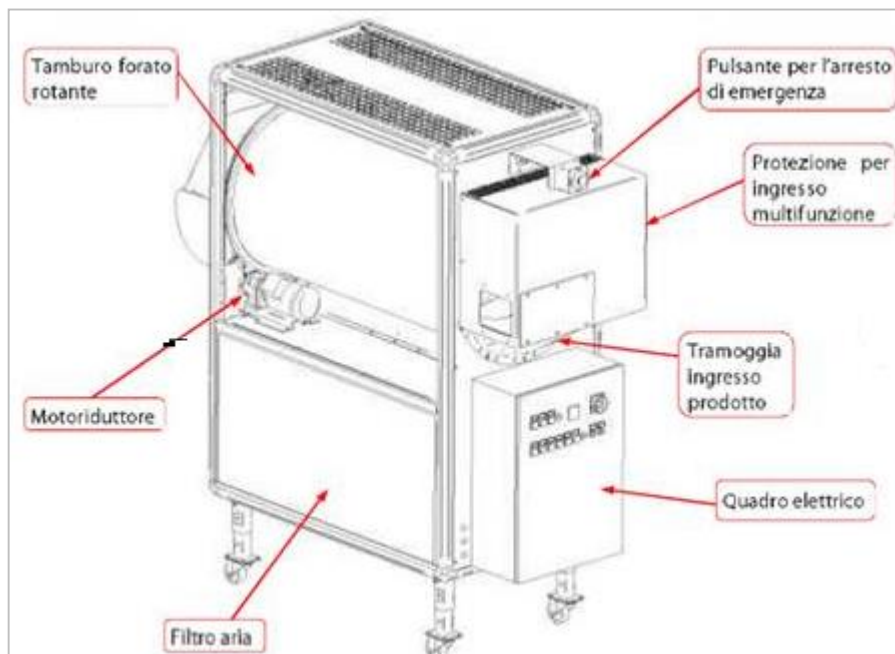
- **Función:** Enfriar las tapas plásticas soplando aire aspirado y filtrado previamente del medio ambiente. Al mismo tiempo transporta la tapa hacia el elevador del orientador.
- **Características operacionales.** El aire pasa a través de las tapas plásticas colocadas en el fondo de un tambor perforado, que gira a baja velocidad. El aire es enviado hacia el tambor por un ventilador centrífugo de caudal variable, para poder regular el caudal de aire según el tipo de tapón que se desea enfriar. Una hélice, colocada en el interior del tambor, hace avanzar las tapas desde el extremo de entrada hacia el extremo de salida del tambor.

**Tabla 10. Datos técnicos Unidad de enfriamiento TARA0012.**

| MODELO / MODEL                  | CAP-COOLER - RT 12            |  |
|---------------------------------|-------------------------------|--|
| Alimentación eléctrica          | Volt/Ph/Hz                    | 380÷460/3/50-60  |
| Temperatura del aire de entrada | °C                            | ≤ 35   |
| Humedad del aire de entrada     | h.r. %                        | ≤ 90   |
| Potencia del ventilador         | kW                            | 3  |
| Potencia del motorreductor      | kW                            | 0,13   |
| Caudal del ventilador           | m <sup>3</sup> /h             | 1500 - 5500  |
| Cantidad tapones                | tapones/h                     | ≤ 30000  |
| Temperatura de entrada tapones  | °C                            | ≤ 70   |
| Condensador                     | Caudal máx.                   | l/h  |
|                                 | Temperatura máx. agua refrig. | °C   |
|                                 | Presión agua enfriamiento     | bar  |
| Ruido producido                 | dbA                           | ≤ 85   |
| Filtro                          |                               | Acolchado insonorizante de poliéster clase G4 espesor 8 mm |
| Medidas                         | mm                            | 757 x 1809 x 1684  |
| Peso                            | kg                            | 223  |
| Peso con embalaje               | kg                            | 253  |

Fuente. Manual documentación técnica SFM12L. SACMI Italia.

**Figura 42. Unidad de enfriamiento TARA0012.**



Fuente. Manual documentación técnica Green Box SRL. Italia.

## Elevador ELPA 0040.

- **Información técnica.**

Es descrita en el siguiente Tabla.

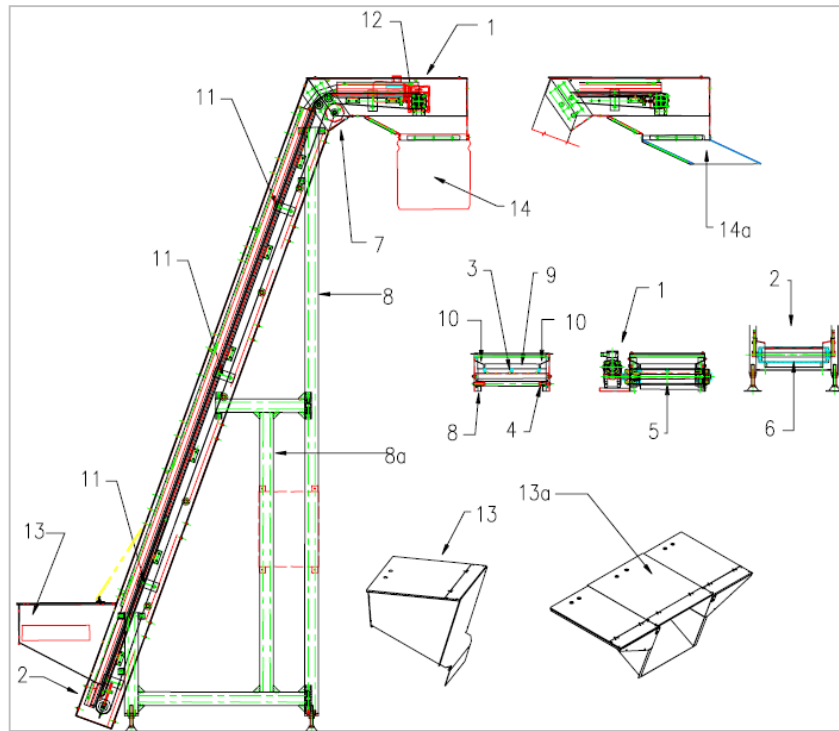
**Tabla 11. Datos técnicos CVS052.**

| <b>DATOS TECNICOS</b> |               |
|-----------------------|---------------|
| VELOCIDAD             | 11m/min       |
| CARGA MAXIMA          | 80000piezas/h |
| POTENCIA INSTALADA    | 0.37KW        |

- **Función:** Transportar material a granel, tales como tapas plásticas.
- **Características operacionales:** La banda es arrastrada por la fricción de un rodillo, que a la vez es accionado por un motor-reductor. Esta fricción es la resultante de la aplicación de una tensión a la banda transportadora, habitualmente mediante un mecanismo tensor por husillo o tornillo tensor. El otro rodillo gira libre, sin ningún tipo de accionamiento, y su función es servir de retorno a la banda.

Debido al movimiento de la banda las tapas plásticas provenientes de la unidad de enfriamiento caen sobre la banda de lona y son arrastradas por cangilones montados sobre la banda hasta la parte superior de la banda en donde se encuentra la entrada del silo de almacenamiento. Las tapas plásticas son vertidas al silo por acción de la gravedad y de la inercia.

**Figura 43. Elevador ELPA 0040.**



Fuente. Manual documentación técnica Bevini SRL. Italia.

### **Tolva SIST 002.**

- **Función:** Almacenar las tapas plásticas producidas por la termo compresora para entregar posteriormente al orientador de tapa ORCE 0010.
- **Características operacionales.** Una vez elaboradas las tapas plásticas en la termocompresora son enviadas a la unidad de enfriamiento y descargadas en la tolva con el fin de crear un stock de producto suficiente para abastecer de manera constante el orientador de tapa que a su vez proveerá la tapa hacia la unidad de corte y doblado.

### Orientador centrífugo de tapa ORCE0010.

- **Datos técnicos.**

Son descritos en la tabla 12.

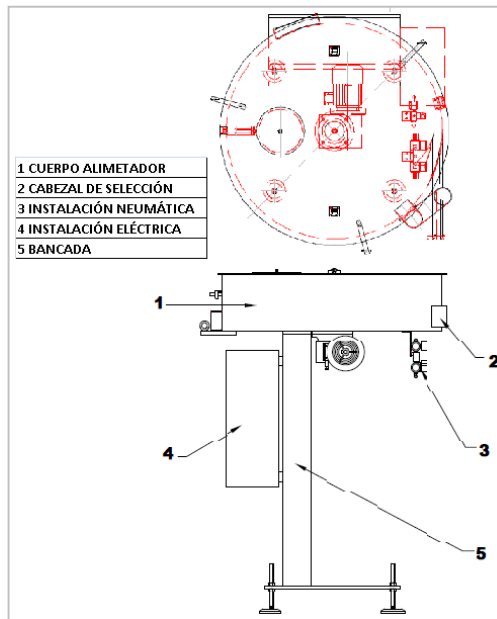
**Tabla 12: Datos técnicos Orientador centrífugo de tapa ORCE0010.**

| <b>DATOS TÉCNICOS</b>                             |        |
|---|--------|
| POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA (A 380 V – 50 HZ) KW | 0.27   |
| POTENCIA ELÉCTRICA ABSORBIDA (KW)                 | 0.17   |
| POTENCIA MOTOR ELÉCTRICO (KW)                     | 0.246  |
| AIRE, PRESIÓN UTILIZACIÓN (MPA)                   | 0.5    |
| TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO (°C)                | 5 a 40 |

- **Función:** Orientar las tapas plásticas de manera que la rosca de estas se posicione hacia arriba por medio del principio de la fuerza centrífuga. El diámetro de las tapas plásticas debe ser mayor que su altura.
- **Características operacionales:** El alimentador está compuesto por un disco fijo sobre cuya circunferencia está fijada una faja de plancha inoxidable. Debajo del disco fijo en posición central, está colocado un motor reductor que por medio de un eje empalmado permite la rotación del disco en bakelita, recubierto por un disco en acero inoxidable puesto en el interior del alimentador centrífugo. Las tapas plásticas cargadas en el alimentador caen sobre el disco rotante y por fuerza centrífuga son empujadas contra la pared interna de la faja, donde está fijado un cabezal que permite la salida de las tapas. En el interior del cabezal se produce la selección y la orientación las tapas. Un grupo de recirculación de las

tapas con funcionamiento neumático interviene para evitar su entrada en el cabezal de selección en el momento en que no se requiere alimentación en la unidad de corte y doblado. Las tapas que son alimentadas en forma errónea (la rosca hacia abajo) son recuperadas por medio de un soplo de aire que las impulsa a través de un conducto en acero inoxidable adecuadamente configurado para devolverlas al interior del orientador.

**Figura 44. Orientador centrifugo de tapas ORCE0010.**



Fuente. Manual documentación técnica PESCE SRL. Italia.

## Unidad de corte y doblado SFM12L.

- **Información técnica.**

Son descritos en la tabla 13.

**Tabla 13. Datos técnicos Unidad de corte y doblado SFM12L.**

| <b>PRODUCCIÓN</b>   |                       |         |
|---|-----------------------|---------|
| Tapones (formato 30 x 20mm)                               | hasta tapones/hora(*) | 126.000 |
| Diámetro tapones  | mm                    | 25 ÷ 63 |
| Altura tapones  | mm                    | 15 ÷ 25 |
| <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>                              |                       |         |
| Potencia instalada  | KVA (50Hz)            | 32,7    |
| Potencia para dimensionado cables                         | KVA (50Hz)            | 27,8    |
| Potencia máxima absorbida                                 | KVA (50Hz)            | 8,7     |
| Potencia media absorbida                                  | KVA (50Hz)            | 8,0     |
| <b>INSTALACIÓN NEUMÁTICA</b>                              |                       |         |
| Consumo de pico (a 0,5 Mpa)                               | NI/min                | 230     |
| Presión mínima necesaria                                  | MPa                   | 0,5     |
| Presión máxima permitida                                  | MPa                   | 1,0     |
| Clase de pureza del aire (ISO 8573-1)                     |                       | 644     |
| Tubo de conexión  | Ø mm                  | 20      |
| (*) En función de la dimensión de los tapones a elaborar. |                       |         |

Fuente. Manual documentación técnica SFM12L. SACMI Italia.

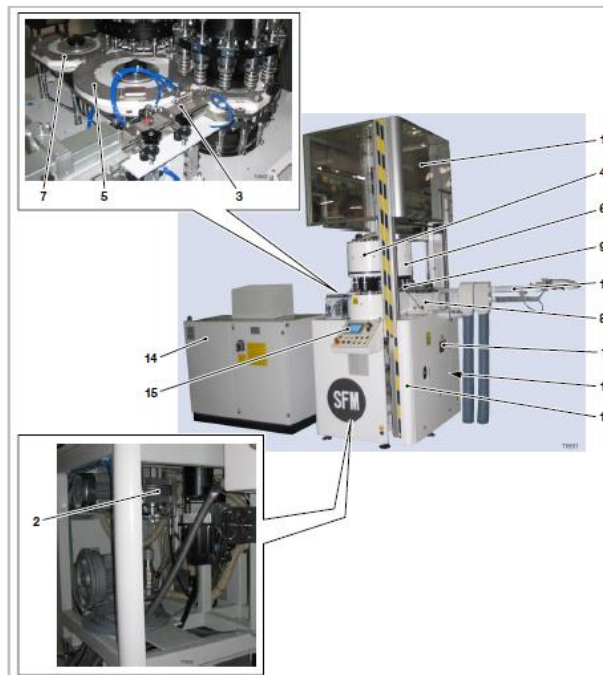
- **Función:** Realizar en los tapas de plástico, el corte y el doblado del borde del tapón para la formación del anillo de precinto de garantía.
- **Características operacionales:** Las tapas plásticas que cuentan con bandas del tipo de “aletas” o “corrugadas” necesitan de un proceso de corte y de doblez después del moldeo para permitir una aplicación adecuada en la botella. Esta es una operación muy importante que debe llevarse a cabo inmediatamente después de la obtención de la carcasa de la tapa.

Esta unidad se encuentra conformada por quince subsistemas que se describen en el siguiente Tabla y se ilustran en la figura 42. Para el ejercicio se estudiarán las funciones y características operacionales de las más relevantes.

**Tabla 14. Sistemas de la unidad de corte y doblado SFM12L**

| NUMERAL | SUBSISTEMAS                    | NUMERAL | SUBSISTEMAS                           |
|---------|--------------------------------|---------|---------------------------------------|
| 1       | Base                           | 9       | Utiles de corte.                      |
| 2       | Motorización.                  | 10      | Cinta de salida.                      |
| 3       | Canal de alimentación.         | 11      | Instalacion neumatica                 |
| 4       | Carrusel de pliegue (doblado). | 12      | Instalacion de lubricacion automatica |
| 5       | Estrella de traslado.          | 13      | protecciones                          |
| 6       | Carrusel de corte.             | 14      | Tablero                               |
| 7       | Estrella de salida.            | 15      | Botonera de accionamiento.            |
| 8       | Soporte utiles de corte.       |         |                                       |

**Figura 45. Unidad de corte y doblado SFM12L.**



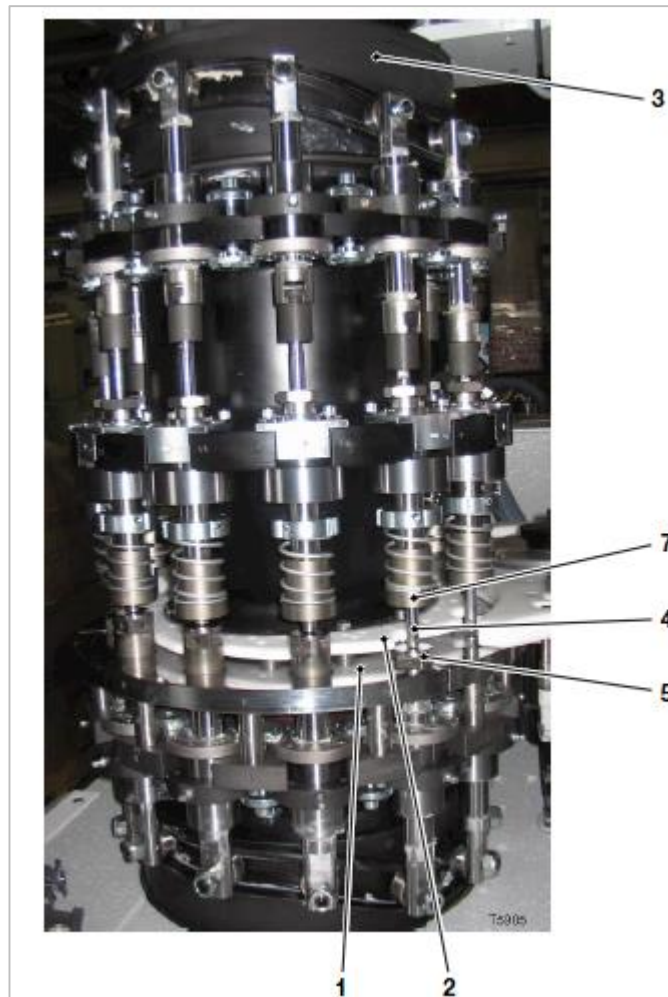
Fuente. Manual documentación técnica SFM12L. SACMI Italia.

- **Base:** Está constituida por una estructura inferior conectada a la estructura superior mediante ángulos portantes; todo ello es soportado por pies regulables en altura y cerrado por paneles de protección.
- **Motorización.** Está constituido por un motor reductor ensamblado directamente al carrusel de corte. El carrusel de corte, mediante un encoder, envía una señal a los accionamientos que accionan los motores de los carruseles de doblado, de traslado y de salida, de modo que los carruseles estén siempre en fase entre sí.
- **Canal de alimentación:** Utiliza soplos de aire comprimido para hacer que avancen las tapas. En la tapa superior se halla montado un actuador neumático adecuado para la interrupción del flujo de las tapas cuando es necesario.

#### **Carrusel de doblado.**

- **Función:** Doblar la aleta o banda de la tapa a un diámetro de  $25\text{mm} \pm 0.2$ .  
Características operacionales. La estrella 2 arrastra las tapas, que se deslizan por la superficie 1, alrededor del eje del carrusel.  
Mediante la leva fija superior 3, descienden los equipos móviles superiores con resortes 4, permitiendo así la referencia del tapón en el equipo móvil inferior 5. Sucesivamente los equipos móviles superiores e inferiores, se mueven en sincronía hacia arriba, haciendo subir la tapa hasta el útil 7 que, con su conformación geométrica, genera el doblado de la banda. La bajada del equipo 5, acompañado por el equipo móvil superior 4, libera la tapa ya doblada por el útil, depositándolo nuevamente en la superficie 1.

**Figura 46. Carrusel de doblado.**



Fuente. Manual documentación técnica SFM12L. SACMI Italia.

### **Carrusel de corte.**

- **Función.** Realizar el corte de la banda de seguridad de la tapa, creando puentes que la mantendrán sujeta a la carcasa de la tapa. Debe presentar un par de aplicación en la tapa entre 16 y 19 lbsf.in y en la remoción a cero horas entre 14 y 16 lbsf.in. Siendo este último el par necesario para reventar los puentes y desprender la banda de seguridad de la tapa.

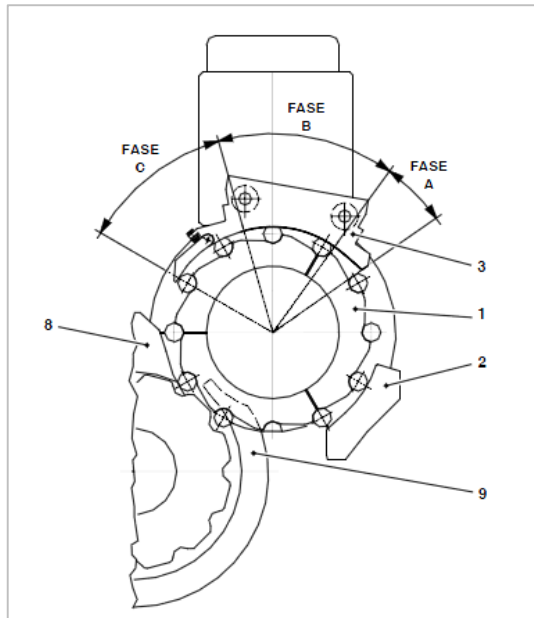
- **Características operacionales:** En la entrada del carrusel, las tapas son retenidas entre la estrella 1 y la guía externa 2 mientras que un contraste de muelles descende al interior de las mismas mediante una leva mecánica, bloqueándolas. Las tapas son elevadas para que entren en la zona de corte, desde un platillo inferior y un elemento de contraste superior, ambos accionados por excéntricas mecánicas. A tal punto, inicia la fase de corte de la banda de seguridad que es posible dividir en las fases siguientes:

**Fase A.** Colocación de las tapas en la posición correcta para la ejecución de corte.

**Fase B.** Ejecución del corte de la banda de seguridad por parte de los útiles de corte fijos 3.

**Fase C.** Recentrado (si es necesario) de la tapa en el mandril.

**Figura 47. Carrusel de corte.**

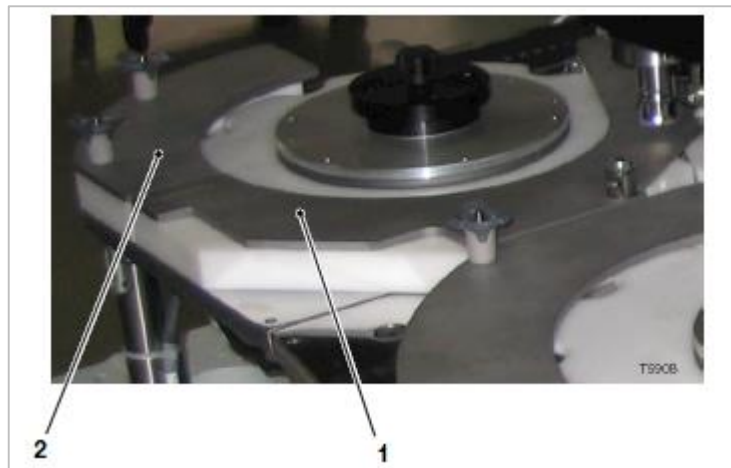


Fuente. Manual documentación técnica SFM12L. SACMI Italia.

### Estrella de salida.

- **Función.** Tomar las tapas del carrusel de trabajo para depositarlos en la cinta de salida.
- **Características operacionales.** En este grupo están montados una tapa móvil 1, controlada por un sensor, a la salida del carrusel de trabajo para detectar eventuales tapas no conformes (tapas dañadas durante la fase de elaboración, etc.) y una eventual tapa fija 2 a la entrada de la cinta de salida.

Figura 48. Estrella de salida.



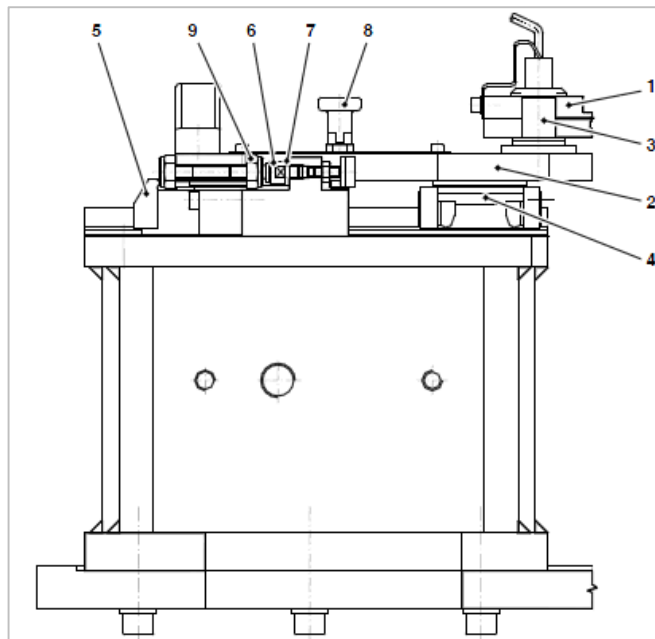
Fuente. Manual documentación técnica SFM12L. SACMI Italia.

### Soporte útiles de corte.

- **Función:** Alojar, colocar y soportar los útiles de corte. Ejecutar las operaciones de desbloqueo / retroceso y avance / bloqueo en posición de trabajo de los útiles (llamadas "A"), y regulación micrométrica de la posición de trabajo de los útiles de corte (llamadas "B")

- **Características operacionales:** La operación “A” se hace necesaria cuando se debe sustituir el útil de corte, o bien, desmontar completamente el grupo útiles fijos; de hecho, el movimiento perfectamente guiado, realizado para el sistema, permite evitar la posibilidad de dañar la cuchilla de corte durante las fases de sustitución. La operación B permite realizar pequeñas regulaciones de la posición de los útiles fijos para facilitar la gestión del proceso de desgaste del útil de corte. Los útiles fijos 1 se refieren a la plancha 2 mediante pasadores de referencia 3; la plancha 2 está montada en las guías 4 que, gracias a una oportuna pre-carga interna, garantiza repetición continua y rigidez de colocación. Los útiles deben mantenerse en la posición de trabajo mediante la brida 5 del elemento de contraste fijo 6 que permite la regulación micrométrica de los útiles a través de la sustitución del separador calibrado 7 con los demás suministrados con la máquina.

**Figura 49. Soporte útiles de corte.**



Fuente. Manual documentación técnica SFM12L. SACMI Italia.

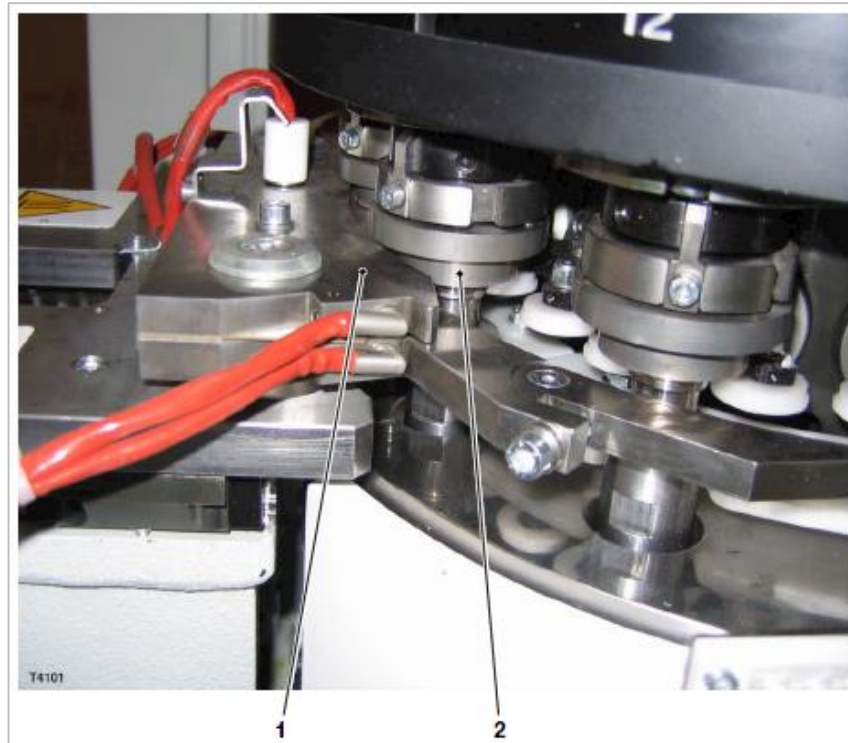
## Útiles de corte.

- **Función:** realizar el precinto de garantía (banda) efectuando una incisión en la pared cilíndrica de las tapas según las especificaciones acordadas con el cliente.
- **Características operacionales.** El corte se efectúa rodando las tapas sobre la cuchilla. Los útiles se pueden subdividir en útiles fijos y útiles móviles.

**Útiles Fijos:** Los útiles fijos 1 están montados en el respectivo soporte y durante el funcionamiento de la máquina permanecen en posición estática; las tapas, solidarias con el carrusel de corte, se sitúan en contacto y rodamiento sobre el perfil de los sectores y de la cuchilla. La cuchilla de corte se calienta y se mantiene a una temperatura programable para facilitar la operación de corte. Los útiles fijos comprenden la cuchilla de corte y un número variable de sectores que poseen la función de garantizar un correcto apoyo de las tapas durante el corte; soportar la cuchilla de corte; contener las resistencias que calientan la cuchilla; soportar el termopar que mide la temperatura de la cuchilla para la termorregulación de la misma.

**Útiles móviles:** Los útiles móviles (mandriles) 2 están montados en el carrusel de corte y tienen la función de mantener la tapa presionada contra los útiles fijos, obrando desde el interior. Gracias a un oportuno cinematismo presente en el carrusel de corte los mandriles giran alrededor del propio eje a una velocidad programable para garantizar un arrastre casi nulo del punto de contacto con las tapas.

**Figura 50. Útiles de corte.**

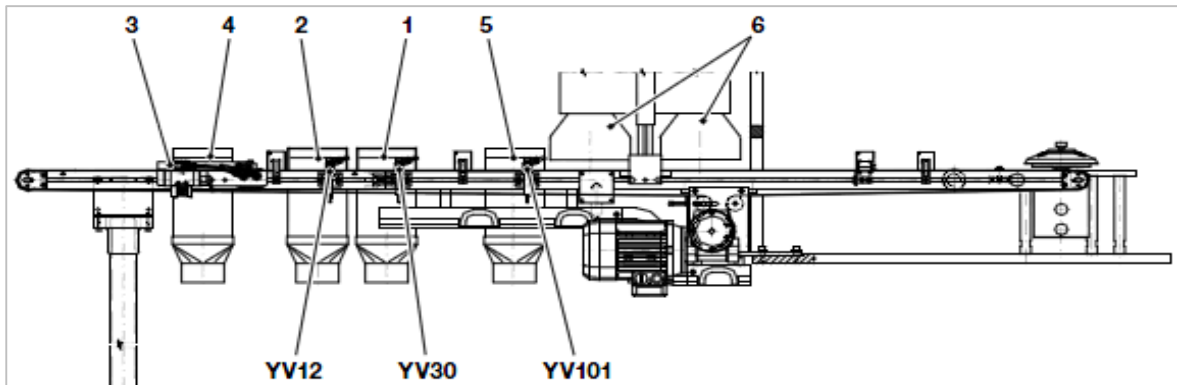


Fuente. Manual documentación técnica SFM12L. SACMI Italia.

### **Cinta de salida.**

- **Función:** Recibir las tapas del carrusel de salida y transportarlas manteniendo la distancia o fase entre ellas.
- **Características operacionales:** Mediante la electroválvula YV30 el producto defectuoso es descartado en el respectivo transportador 1. Mediante la electroválvula V12, y el correspondiente transportador 2 es posible efectuar la extracción de tapas para muestreo. El desviador con accionamiento neumático 3 permite, a través del transportador 4, desviar el flujo de tapas a la salida. La electroválvula YV101 y el correspondiente transportador 5 está disponible para el sistema de control video CVS 6 similar al descrito anteriormente en el numeral 0.

**Figura 51. Cinta de salida.**



Fuente. Manual documentación técnica SFM12L. SACMI Italia.

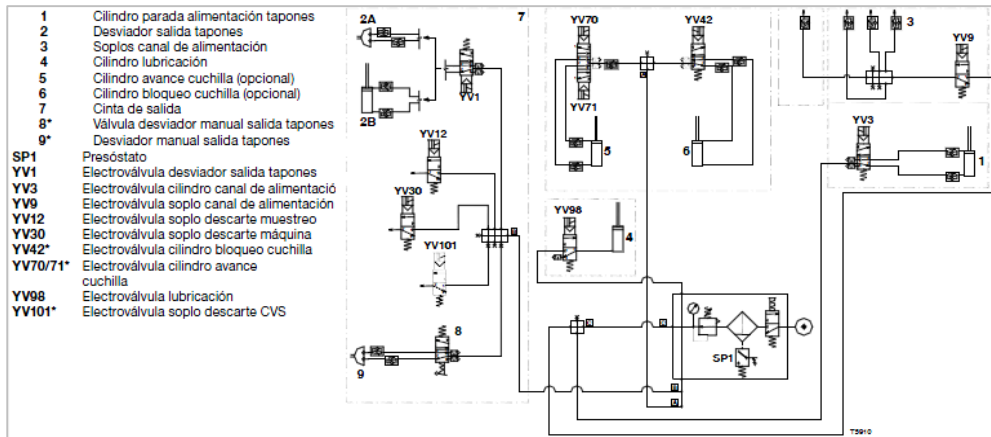
### **Instalación neumática.**

- **Función:** Generar, transmitir y transformar fuerzas y movimientos por medio del aire comprimido regulado y controlado.
- **Características operacionales.** La instalación neumática consiste en una centralita que contiene los elementos para la preparación del aire (filtros, reguladores de presión, presóstatos, válvulas de seguridad) y los elementos de accionamiento de los actuadores neumáticos (electroválvulas).

### **Instalación de lubricación automática.**

- **Función.** Lubricar, de modo automático, muchas de las partes que necesitan frecuentes lubricaciones, reduciendo al mínimo las paradas de la máquina por mantenimientos ordinarios.
- **Características operacionales.** Funciona mediante descargas impulsadas por neumática, controladas por el PLC de la máquina. Las partes lubricadas automáticamente son las descritas en la tabla 15.

**Figura 52. Instalación neumática.**

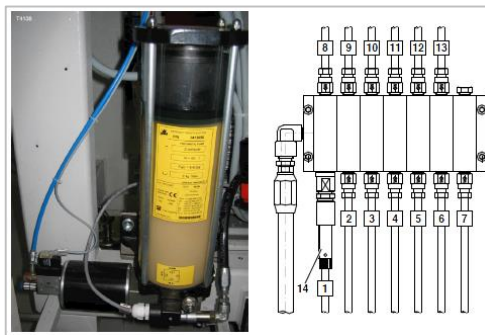


Fuente. Manual documentación técnica SFM12L. SACMI Italia.

**Tabla 15. Puntos de lubricación automática SFM12L.**

| POSICION | PUNTO LUBRICADO                     | POSICION | PUNTO LUBRICADO                     |
|----------|-------------------------------------|----------|-------------------------------------|
| 1        | Leva inferior (carrusel de doblado) | 8        | Leva superior (carrusel de doblado) |
| 2        | Leva inferior (carrusel de doblado) | 9        | Leva superior (carrusel de doblado) |
| 3        | Leva inferior (carrusel de doblado) | 10       | Leva superior (carrusel de doblado) |
| 4        | Leva inferior (carrusel de corte)   | 11       | Leva superior (carrusel de corte)   |
| 5        | Leva inferior (carrusel de corte)   | 12       | Leva superior (carrusel de corte)   |
| 6        | Leva inferior (carrusel de corte)   | 13       | Leva superior (carrusel de corte)   |
| 7        | Leva re-centradores                 | 14       | Sensor control distribuidor.        |

**Figura 53. Instalación de lubricación automática.**



Fuente. Manual documentación técnica SFM12L. SACMI Italia.

### **Protecciones.**

- **Función.** Prevenir accidentes a operadores por atrapamiento o exposición y contacto con altas temperaturas.
- **Características operacionales.** La máquina está provista de protecciones mecánicas para la prevención de accidentes móviles, conectadas a dispositivos eléctricos de bloqueo. Asimismo, existen protecciones mecánicas fijas que impiden el acceso casual a todos los elementos en movimiento de la máquina y a las partes peligrosas, porque están bajo tensión o a elevadas temperaturas.

### **Tablero eléctrico FSM12L.**

- **Función:** Alojar los equipos de protección, maniobra, señalización, y comunicación eléctricos que gobiernan la lógica (PLC) y energicen cargas para motores, válvulas, dispositivos de seguridad entre otros.
- **Características operacionales.** El tablero eléctrico comprende todos los equipos necesarios para los accionamientos eléctricos de los puntos de utilización y los elementos de elaboración de las señales provenientes de los controles en la máquina o del teclado de mando.

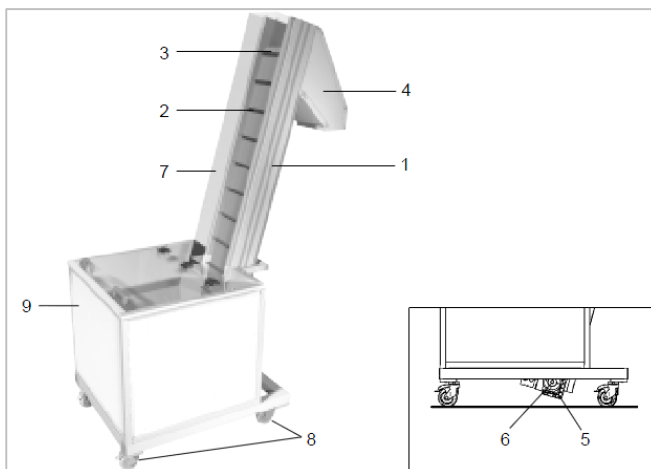
### **Botonera de accionamiento.**

- **Función:** Permitir el diálogo entre el operador y el sistema mediante la botonera de mando, a través de la cual el operador imparte las ordenes a la máquina y controla su funcionamiento.
- **Características operacionales.** Está compuesto por el terminal gráfico de interfaz, el teclado alfanumérico y la botonera de accionamiento de la máquina. Contiene todas las conexiones a los menús de accionamiento: AUTOMÁTICO, MANUAL, SETUP, entre otras.

### Elevador LPA 0040.

- **Función:** Recoger y transportar producto manufacturado (tapas plásticas); elevándolo a la altura de descarga.
- **Características operacionales.** Una lona de plástico lisa 2, o con listones termosoldados, se desplaza mediante un rodillo transportador 6, ensamblado a su vez a un grupo motor reductor de tracción 5, a través de un recorrido determinado por la estructura del transportador. La estructura está compuesta por un tramo ascendente colocado en el interior de la tolva de almacenamiento 9 donde se deposita el producto que se debe transportar. En el tramo ascendente están fijados los bordes laterales de contención 7 y revestimiento de policarbonato transparente ubicado sobre la lona.

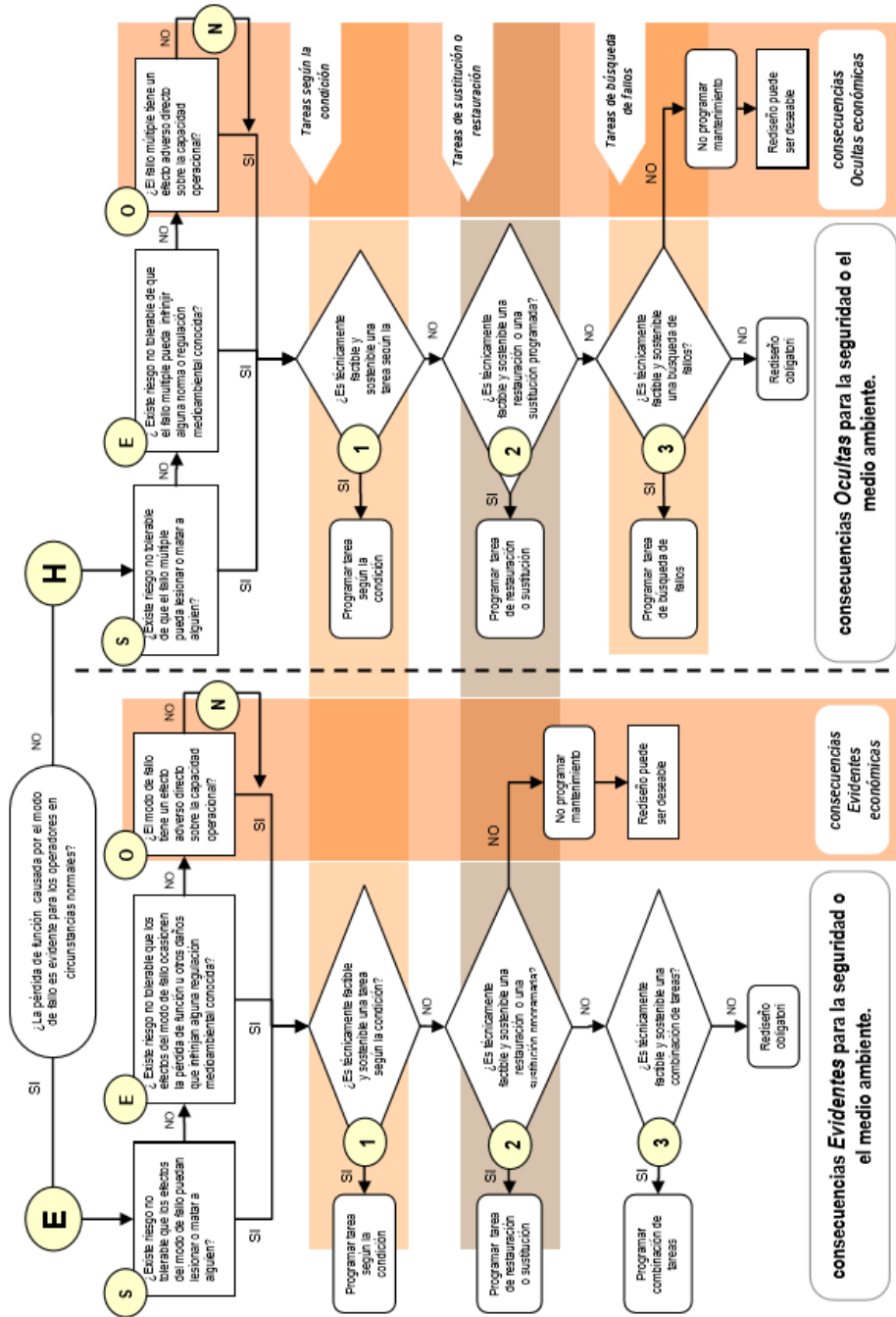
Figura 54. Elevador LPA 0040.



Fuente. Manual documentación técnica MB conveyors. Italia.

# ANEXO C. HOJAS DE TRABAJO Y DECISIÓN LÍNEA TERMO-COMPRESIÓN

Figura 55. Diagrama de decisión RCM.



Fuente. Norma SAE JA 1012

**Tabla 16. Hoja de trabajo extrusor (plastificador).**

| HOJA DE TRABAJO RCM |   |  |   |   |   |  |
|---------------------|---|--|---|---|---|--|
| SISTEMA SUBSISTEMA  |   | Unidad de formación CCM64 MB<br>Plastificador (extrusor) | Equipo de trabajo:<br>Aprobado por  | Fecha de realización<br>Fecha de aprobación |   |  |
| C.F.                | FUNCIÓN   | C.F.F.   | FALLA DE FUNCIÓN  | C.M.F                                       | MODO DE FALLA   | EFFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA (Qué sucede cuando falla)   |
| 1                   | Fundir, mezclar y preparar correctamente el material a una temperatura de 280°C para entregarlo a la unidad de formación a una tasa de 350Kg/h max. | 1A   | Incapaz de fundir el material a 280°C   | 1A1<br>1A2<br>1A3                           | Resistencias del barril en mal estado.<br>Termocuplas en mal estado.<br>Material que obstruye la garganta de alimentación.  | El material no fluye y se aumenta la presión de succión en la bomba de dosificación.<br>Las resistencias no calientan por presentar lecturas erróneas.<br>No permite que el material fluya dentro del tornillo extrusor para ser plastificado.<br>El tornillo extrusor no gira y por ende es incapaz de cargar el material.  |
|                     |   | 1B   | Incapaz de entregar material fundido a la unidad de formación con una tasa menor a 350Kg/h. | 1B1   | Correa que transmite el movimiento del motor a la caja reductora de engranajes del extrusor se encuentra rota.<br>Programación errónea del número de r.p.m. de la bomba de dosificación del polímero.   | La presión de aspiración y de salida es demasiado baja. La máquina se detiene por señal de los transductores BP1 y BP2 de aspiración y salida de la bomba<br>el material no fluye desde entre el extrusor y el tubo  |
| 2                   | Regular el caudal del material plástico fundido y determinar el peso de las dosis   | 2A   | No regula el caudal del material plástico fundido   | 1B2   | Motor-reductor bomba quemado por sobrecarga.  | el material no fluye desde entre el extrusor y el tubo   |
|                     |   |  |   | 2A1<br>2A2<br>2A3<br>2A4<br>2A5<br>2A6      | Engranajes internos de la bomba desgastados o rotos.<br>Acople en mal estado.<br>Resistencias de la bomba en mal estado.<br>Termocuplas de la bomba en mal estado.<br>Brida de succión obstruida.<br>Establecimiento erróneo del valor del n. de r.p.m. de la bomba de dosificación del polímero (demasiado alto o demasiado bajo). | el material no fluye desde entre el extrusor y el tubo de abastecimiento.<br>La bomba no gira solidaria al motor y por ende no fluye el material.<br>Se aumenta la presión de aspiración y salida de bomba. El motor de la bomba aumenta el consumo de corriente.<br>Resistencias no calientan por presentar lecturas erradas.<br>El material no fluye desde entre el extrusor y la Bomba.   |
| 3                   | Transportar y homogenizar el material fundido a temperatura constante de 280°C hasta el grupo aparato de by-pass.                                   | 3A   | No transporta ni homogeniza la mezcla de material fundido.                                  | 3A1<br>3A2<br>3A3<br>3A4                    | Resistencias del tubo en mal estado.<br>Termocuplas en mal estado.<br>Material que obstruye el tubo de alimentación.<br>Mezclador del tubo en mal estado.   | Se aumenta la presión de aspiración y salida de bomba. El motor de la bomba aumenta el consumo de corriente.<br>Resistencias no calientan por presentar lecturas erradas.<br>El material no fluye desde entre la Bomba y el by pass.<br>Material presenta problemas de tonalidad y distribución en la cavidad.   |
|                     |   |  |   | 4A1<br>4A2<br>4A3<br>4A4<br>4A5<br>4A6      | Boquilla obstruida.<br>Resistencias de la boquilla en mal estado.<br>Termocuplas de la boquilla en mal estado.<br>Cilindro neumático averiado.<br>Desviador obstruido.<br>Máquina no responde a la orden de alimentación a máquina o generación de purga.   | El material fluye con dificultad y las dosis varían de peso. Por esta razón se presentan tapas mal formadas.<br>El material no fluye y se aumenta la presión de succión en la bomba de dosificación.<br>Las resistencias no calientan por presentar lecturas erróneas.<br>No se realiza el movimiento del desviador y el material queda fluyendo.<br>El material no fluye hacia el camusel de inserción o hacia el depósito de purgas.<br>Se evidencia cuando se realiza la selección de flujo de material y el cilindro neumático que actúa el desviador no responde. |

Tabla 17. Hoja de decisión extrusor (plastificador)

| SISTEMA SUBSISTEMA |   | HOJA DE DECISIÓN  |   |   |          |    |    |                     |    |    |                  |    |    | E. realización<br>F. aprobación     |    |               |    |                   |    |    |    |   |  |                       |  |          |
|--------------------|---|---|---|---|----------|----|----|---------------------|----|----|------------------|----|----|-------------------------------------|----|---------------|----|-------------------|----|----|----|---|--|-----------------------|--|----------|
| Ref. Información   |   | Unidad de formación CCM/64 MB<br>Plastificador (extrusor) |   |   |          |    |    |                     |    |    |                  |    |    | Equipo de trabajo:<br>Aprobado por: |    |               |    |                   |    |    |    |   |  |                       |  |          |
| F. FF MF           |   | Evaluación Consecuencias                                  |   |   | Decisión |    |    | Tareas "a falta de" |    |    | TIPO DE DECISIÓN |    |    | Tareas Propuestas                   |    | Frec. Inicial |    | A realizar por... |    |    |    |   |  |                       |  |          |
|                    |   | H   | S | E | O        | H1 | H2 | H3                  | H4 | H5 | H6               | S1 | S2 | S3                                  | S4 | O1            | O2 | O3                | N1 | N2 | N3 |   |  |                       |  |          |
| 1                  | A | 1   | S | N | N        | S  | S  |                     |    |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | Verificar consumo de las resistencias extrusor en kW.                       |  | Annual                |  | Técnico  |
| 1                  | A | 2   | S | N | N        | S  | S  |                     |    |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | Verificar conductividad y consumo en mV de las termocuplas extrusor.        |  | Annual                |  | Técnico  |
| 1                  | A | 3   | N |   |          |    |    |                     |    |    |                  | N  | N  | N                                   | S  |               |    |                   |    |    |    | Chequeo funcional obstrucciones en garganta extrusor.<br>Busqueda de fallas |  | Mensual               |  | Técnico  |
| 1                  | B | 1   | S | N | N        | S  | N  | N                   | S  |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | Realizar cambio de correa reductor extrusor                                 |  | Annual                |  | Técnico  |
| 1                  | B | 2   | S | N | N        | S  | N  | N                   | N  |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | No hacer mantenimiento proactivo.   |  | Operar hasta la falla |  | Operario |
| 2                  | A | 1   | S | N | N        | S  | S  |                     |    |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | Verificar aislamiento de embobinado motor bomba dosificación                |  | Annual                |  | Técnico  |
| 2                  | A | 2   | N |   |          |    |    |                     |    |    |                  | N  | N  | S                                   |    |               |    |                   |    |    |    | Realizar cambio de engranajes de bomba de dosificación                      |  | 3 años                |  | Técnico  |
| 2                  | A | 3   | S | N | N        | S  | S  |                     |    |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | Verificar estado de acople bomba de dosificación                            |  | Annual                |  | Técnico  |
| 2                  | A | 4   | S | N | N        | S  | S  |                     |    |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | Verificar consumo de las resistencias en kW.                                |  | Annual                |  | Técnico  |
| 2                  | A | 5   | S | N | N        | S  | S  |                     |    |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | Verificar conductividad de las termocuplas.                                 |  | Annual                |  | Técnico  |
| 2                  | A | 6   | S | N | N        | S  | N  | N                   | N  |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | No hacer mantenimiento proactivo.   |  | Operar hasta la falla |  | Operario |
| 2                  | A | 7   | S | N | N        | S  | N  | N                   | N  |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | No hacer mantenimiento proactivo.   |  | Operar hasta la falla |  | Operario |
| 3                  | A | 1   | S | N | N        | S  | S  |                     |    |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | Verificar consumo de las resistencias tubo en kW.                           |  | Annual                |  | Técnico  |
| 3                  | A | 2   | S | N | N        | S  | S  |                     |    |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | Verificar conductividad de las termocuplas tubo.                            |  | Annual                |  | Técnico  |
| 3                  | A | 3   | S | N | N        | S  | N  | N                   | N  |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | No hacer mantenimiento proactivo.   |  | Operar hasta la falla |  | Técnico  |
| 3                  | A | 4   | S | N | N        | S  | N  | N                   | N  |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | No hacer mantenimiento proactivo.   |  | Operar hasta la falla |  | Técnico  |
| 4                  | A | 1   | S | N | N        | S  | S  |                     |    |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | No hacer mantenimiento proactivo.   |  | Operar hasta la falla |  | Técnico  |
| 4                  | A | 2   | S | N | N        | S  | S  |                     |    |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | Verificar consumo de las resistencias boquilla en kW.                       |  | Annual                |  | Técnico  |
| 4                  | A | 3   | S | N | N        | S  | S  |                     |    |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | Verificar conductividad de las termocuplas boquilla.                        |  | Annual                |  | Técnico  |
| 4                  | A | 4   | S | N | N        | S  | N  | N                   | S  |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | Realizar cambio kit de desgaste   |  | 3 años                |  | Técnico  |
| 4                  | A | 5   | N |   |          |    |    |                     |    |    |                  | N  | N  | N                                   | S  |               |    |                   |    |    |    | Chequeo funcional desviador. Busqueda de fallas                             |  | Mensual               |  | Técnico  |
| 4                  | A | 6   | S | N | N        | S  | S  |                     |    |    |                  |    |    |                                     |    |               |    |                   |    |    |    | No hacer mantenimiento proactivo.   |  | Operar hasta la falla |  | Operario |

**Tabla 18. Hoja de trabajo Motorización.**

| SISTEMA    |   | HOJA DE TRABAJO RCM          |                                 |              |  | Fecha de realización  |
|------------|---|------------------------------|---------------------------------|--------------|--|---|
| SUBSISTEMA |   | Unidad de formación CCM64 MB | Equipo de trabajo:              | Aprobado por |  | Fecha de aprobación   |
| CF.        | FUNCIÓN   | C.F.F.                       | FALLA DE FUNCIÓN                | C.M.F.       | MODO DE FALLA  | EFFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA (Qué sucede cuando falla)  |
| 5          | Generar el movimiento del carrusel de moldeado en sentido horario a 19 r.p.m, o menor según selección del operador. | A                            | El carrusel de moldeado no gira | 5A1          | Reductor en mal estado por engranajes desgastados.           | El motor gira, pero no se evidencia movimiento en el carrusel de moldeado debido a Falla en los engranajes del reductor.<br>Se presenta alarma por motor fuera de régimen M9<br>La máquina no responde a la regulación de velocidad programada por el operador.<br>Se pierde el engranaje entre el piñón del motor reductor y la corona del carrusel de moldeado. |
|            |   |                              |                                 | 5A2          | Motor fundido  |   |
|            |   |                              |                                 | 5A3          | Variador de velocidad no responde a necesidades del operador |   |
|            |   |                              |                                 | 5A4          | Corona del carrusel de moldeado desgastada o dientes rotos.  |   |



**Tabla 20. Hoja de trabajo carrusel de introducción.**

| HOJA DE TRABAJO RCM |  |  |   |
|---------------------|--|--|---|
| SISTEMA SUBSISTEMA  |  | Unidad de formación CCM64 MB Carrusel de introducción    |   |
| Equipo de trabajo:  |  | Fecha de realización                                     |   |
| Aprobado por:       |  | Fecha de aprobación                                      |   |
| C.F.                | FUNCIÓN  | C.F.F.   | FALLA DE FUNCIÓN  |
| C.M.F.              | MODO DE FALLA  | EFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA. (Qué sucede cuando falla) |   |
|                     |  | 6A1  | Cuchillas de corte en mal estado  |
|                     |  | 6A2  | Cuchillas de corte des calibradas con respecto a la boquilla                        |
|                     |  | 6A3  | Carrusel fuera de posición  |
|                     |  | 6A4  | Cuerpo de los cortadores sucio.   |
|                     |  | 6A5  | Posición errónea fase mecánica  |
| 6                   | Cortar y depositar la dosis de plástico en la cavidad del carrusel de moldeado en forma constante. | A  | Incapaz de realizar el corte y la introducción de la dosis al carrusel de moldeado. |
|                     |  | 6A6  | Regulación errónea de la precarga del carrusel de introducción                      |
|                     |  | 6A7  | Funcionamiento anómalo de la electroválvula de introducción. dosis YV33             |
|                     |  | 6A8  | Regulación aire presión de introducción fuera de parámetros                         |
|                     |  | 6A9  | Senomotor del carrusel presenta alarma exceso de torque                             |
|                     |  | 7B1  | Posición errónea fase mecánica  |
|                     |  | 7B2  | Pinzas de transferencia rotas.  |
| 7                   | Transferir el producto acabado hasta la cinta de salida.   | B  | Incapaz de transferir las tapas terminadas a la cinta de salida.                    |
|                     |  | 7B3  | Leva acercamiento de pinzas carrusel en mal estado.                                 |
|                     |  | 7B4  | Seguidores de leva averiados  |

Tabla 21. Hoja de decisión carrusel de introducción.

| HOJA DE DECISIÓN   |  |   |   |                                   |   |    |                     |    |    |    |         |                              |               |                   |  |  |                       |          |
|--------------------|--|---|---|-----------------------------------|---|----|---------------------|----|----|----|---------|------------------------------|---------------|-------------------|--|--|-----------------------|----------|
| SISTEMA SUBSISTEMA |  | Unidad de formación CCM64 MB Carrusel de introducción |   |                                   |   |    |                     |    |    |    |         | F. realización F. aprobación |               |                   |  |  |                       |          |
| Ref. Información   |  | Evaluación Consecuencias                              |   | Decisión Carrusel de introducción |   |    | Tareas "a falta de" |    |    |    | TIPO DE | Tareas Propuestas            | Frec. Inicial | A realizar por... |  |  |                       |          |
| F FF MF            |  | H   | S | E                                 | O | N1 | O2                  | H2 | O3 | H3 | N3      | H4                           | H5            | S4                |  |  |                       |          |
| 6 A 1              |  | S   | N | N                                 | S | N  | N                   | N  | N  | N  | N       |                              |               |                   |  | No hacer mantenimiento proactivo.  | Operar hasta la falla | Técnico  |
| 6 A 2              |  | S   | N | N                                 | S | S  |                     |    |    |    |         |                              |               |                   |  | Verificar calibración cuchillas de corte con respecto a la boquilla                                | Quincenal             | Técnico  |
| 6 A 3              |  | S   | N | N                                 | S | N  | N                   | S  |    |    |         |                              |               |                   |  | Realizar cambio kit de desgaste  | 3 años                | Técnico  |
| 6 A 4              |  | S   | N | N                                 | S | S  |                     |    |    |    |         |                              |               |                   |  | Realizar limpieza cuerpo de contadores   | Semanal               | Operario |
| 6 A 5              |  | S   | N | N                                 | S | S  |                     |    |    |    |         |                              |               |                   |  | Verificar fase mecánica  | Quincenal             | Técnico  |
| 6 A 6              |  | S   | N | N                                 | S | S  |                     |    |    |    |         |                              |               |                   |  | Verificar ajuste precarga de carrusel de inserción   | Quincenal             | Técnico  |
| 6 A 7              |  | S   | N | N                                 | S | N  | N                   | S  |    |    |         |                              |               |                   |  | Realizar cambio válvula de soplo carrusel de inserción   | Anual                 | Técnico  |
| 6 A 8              |  | S   | N | N                                 | S | S  |                     |    |    |    |         |                              |               |                   |  | Verificar regulación aire soplo pistón de introducción   | Quincenal             | Técnico  |
| 6 A 9              |  | S   | N | N                                 | S | S  |                     |    |    |    |         |                              |               |                   |  | Verificar calibración encoder carrusel de moldeado.  | Mensual               | Técnico  |
| 7 B 1              |  | S   | N | N                                 | S | S  |                     |    |    |    |         |                              |               |                   |  | Verificar Posición pinza de extracción frente a cavidades. Si es necesario, ajustar fase mecánica. | Mensual               | Técnico  |
| 7 B 2              |  | S   | N | N                                 | S | S  |                     |    |    |    |         |                              |               |                   |  | Verificar estado de pinzas   | Mensual               | Técnico  |
| 7 B 3              |  | S   | N | N                                 | S | S  |                     |    |    |    |         |                              |               |                   |  | Realizar limpieza y verificación estado de la leva acercamiento pinzas                             | Mensual               | Técnico  |
| 7 B 4              |  | S   | N | N                                 | S | N  | N                   | S  |    |    |         |                              |               |                   |  | Realizar cambio seguidores de leva   | Anual                 | Técnico  |

Tabla 22. Hoja de trabajo carrusel de moldeado.

| SISTEMA    |   | HOJA DE INFORMACIÓN RCM      |  |   |   |   |
|------------|---|------------------------------|--|---|---|---|
| SUBSISTEMA |   | Unidad de formación CCM64 MB | Equipo de trabajo:                                       | Fecha de realización  | Fecha de aprobación   |   |
|            |   | Carrusel de moldeado         | Aprobado por   |   |   |   |
| C.F.       | FUNCIÓN   | C.F.F.                       | FALLA DE FUNCIÓN   | C.M.F.  | MODO DE FALLA   |   |
| 8          | Efectuar las operaciones de moldeado tales como recepción de la dosis, enfriamiento de la tapa a 45°C., y extracción del producto acabado, que es depositado en la estirilla de extracción. | A                            | Incapaz de recibir las dosis de plástico.                | 8A1   | Cavidades de moldeo sin torque y mal calibradas.              | Las dosis se estreñan contra la cavidad y no ingresan.  |
|            |   | B                            | Incapaz de moldear la tapa.                              | 8B1   | Actuador no sube o no baja.                                   | Se debe al funcionamiento incorrecto de la válvula oleodinámica relativa  |
|            |   |                              |  | 8B2   | Moldes no cierran bien.                                       | Programación errónea del valor del caudal de baja presión.  |
|            |   |                              |  | 8B3   | Disminución de la precarga de los acumuladores oleodinámicos. | Se presentan rebabas en la tapa.  |
|            |   | C                            | Incapaz de enfriar la tapa a 45°C antes de ser extraída. | 8C1   | Alta temperatura en termorregulador                           | La maquina arroja la alarma por alta temperatura en cavidades y para inmediatamente.  |
|            |   |                              |  | 8C2   | Ductos de refrigeración de punzones obstruidos                | La tapa empieza a presentar el efecto de concavidad en el espejo. Adicionalmente se presentan rechupes en los hilos de la rosca.    |
|            |   |                              |  | 8C3   | Ductos de refrigeración de cavidades obstruidos               | La tapa empieza a presentar el efecto de concavidad en el espejo. Adicionalmente se presentan rechupes en parte externa de la tapa. |
|            |   |                              |  | 8C4   | Agrietamiento de diafragmas electroválvulas de refrigeración. | Se cierran mecánicamente los pasos de agua helada hacia los intercambiadores del termorregulador.                                   |
|            |   | D                            | Incapaz de extraer el producto acabado.                  | 8D1   | Conjuntos extractores sueltos                                 | La tapa no se extrae con facilidad e la cavidad.  |
|            |   |                              |  | 8D2   | Extractores no actúan por acción de la leva de extracción.    | Dificulta la actuación del extractor para extraer la tapa.  |
|            |   |                              |  | 8D3   | Rodamientos de eje de extracción agarrados                    | Dificulta la actuación del extractor para extraer la tapa.  |
|            |   |                              |  | 8D4   | Leva de extracción fuera de posición                          | Los extractores no se desplazan lo suficiente para entregar la tapa a la estirilla de salida.                                       |
| 8D5        | Presión aire de extracción por debajo de 10psi  |                              |  | La tapa se extrae con mucha dificultad y se puede deformar. |   |   |
| 8D6        | seguidor válvulas neumáticas agarrado.  |                              |  | La tapa se extrae con mucha dificultad y se puede deformar. |   |   |

Tabla 23. Hoja de decisión carrusel de moldeado.

| HOJA DE DECISIÓN |    |                              |   |          |   |    |                     |    |    |    |                  |                   |               |                   |    |    |    |    |    |    |  |                     |   |           |         |
|------------------|----|------------------------------|---|----------|---|----|---------------------|----|----|----|------------------|-------------------|---------------|-------------------|----|----|----|----|----|----|--|---------------------|---|-----------|---------|
| SISTEMA          |    | Unidad de formación CCM64 MB |   |          |   |    |                     |    |    |    |                  | F. realización    |               |                   |    |    |    |    |    |    |  |                     |   |           |         |
| SUBSISTEMA       |    | Carrusel de moldeado         |   |          |   |    |                     |    |    |    |                  | F. aprobación     |               |                   |    |    |    |    |    |    |  |                     |   |           |         |
| Ref. Información |    | Evaluación Consecuencias     |   | Decisión |   |    | Tareas "a falta de" |    |    |    | TIPO DE DECISIÓN | Tareas Propuestas | Frec. Inicial | A realizar por... |    |    |    |    |    |    |  |                     |   |           |         |
| F                | FF | H                            | S | E        | O | H1 | H2                  | H3 | S1 | S2 | S3               | O1                | O2            | O3                | N1 | N2 | N3 | H4 | H5 | S4 |  |                     |   |           |         |
| 8                | A  | 1                            | S | N        | S | S  | S                   |    |    |    |                  |                   |               |                   |    |    |    |    |    |    |  | A condición         | Verificar calibración y torque de cavidades de moldeo                                   | 6 meses   | Técnico |
| 8                | B  | 1                            | S | N        | S | N  | S                   |    |    |    | S                |                   |               |                   |    |    |    |    |    |    |  | Reacondicionamiento | Realizar cambio kit de desgaste y seguidor de leva en válvulas oleodinámicas relativas. | 18 meses  | Técnico |
| 8                | B  | 2                            | S | N        | S | S  |                     |    |    |    |                  |                   |               |                   |    |    |    |    |    |    |  | A condición         | Verificar ajuste caudal baja presión oleodinámica                                       | Quincenal | Técnico |
| 8                | B  | 3                            | S | N        | S | S  |                     |    |    |    |                  |                   |               |                   |    |    |    |    |    |    |  | A condición         | Verificar precarga de acumuladores oleodinámicos  | Mensual   | Técnico |
| 8                | C  | 1                            | S | N        | S | N  | S                   |    |    |    | N                | N                 |               |                   |    |    |    |    |    | S  |  | Busqueda de falla   | Chequear estado de circuito de refrigeración cavidades proveniente del termostato       | Mensual   | Técnico |
| 8                | C  | 2                            | N |          |   | N  | N                   |    |    |    | N                | N                 |               |                   |    |    |    |    |    |    |  | Sustitución         | Realizar cambio kit de mangueras refrigeración de punzones                              | 18 meses  | Técnico |
| 8                | C  | 3                            | N |          |   | N  | N                   |    |    |    | N                | N                 |               |                   |    |    |    |    |    |    |  | Sustitución         | Realizar cambio kit de mangueras refrigeración de cavidades.                            | 18 meses  | Técnico |
| 8                | C  | 4                            | N |          |   | N  | N                   |    |    |    | N                | N                 |               |                   |    |    |    |    |    |    |  | Sustitución         | Realizar cambio de diafragmas termostato  | Anual     | Técnico |
| 8                | D  | 1                            | S | N        | S | S  |                     |    |    |    | S                |                   |               |                   |    |    |    |    |    |    |  | A condición         | Verificar ajuste de conjuntos extractores   | 6 meses   | Técnico |
| 8                | D  | 2                            | S | N        | S | S  |                     |    |    |    | S                |                   |               |                   |    |    |    |    |    |    |  | A condición         | Verificar accionamiento conjunto leva de extracción. Evaluar posibles desgastes.        | Quincenal | Técnico |
| 8                | D  | 3                            | S | N        | S | S  |                     |    |    |    | S                |                   |               |                   |    |    |    |    |    |    |  | A condición         | Evaluar estado de rodamientos barras extractoras  | 6 meses   | Técnico |
| 8                | D  | 4                            | S | N        | S | N  | S                   |    |    |    | N                | N                 |               |                   |    |    |    |    |    |    |  | Sustitución         | Realizar cambio de bujes y soporte cilindro actuador leva de extracción                 | Anual     | Técnico |
| 8                | D  | 5                            | S | N        | S | S  |                     |    |    |    | S                |                   |               |                   |    |    |    |    |    |    |  | A condición         | Verificar ajuste de reguladores de presión individuales                                 | Quincenal | Técnico |
| 8                | D  | 6                            | N |          |   | N  | N                   |    |    |    | S                |                   |               |                   |    |    |    |    |    |    |  | Sustitución         | Realizar cambio rodamientos seguidores de válvulas                                      | 3 años    | Técnico |

Tabla 24. Hoja de trabajo instalación neumática.

| HOJA DE TRABAJO RCM |   |                              |  |  |  |
|---------------------|---|------------------------------|--|--|--|
| SISTEMA             |   | Unidad de formación COM64 MB |  | Equipo de trabajo:   | Fecha de realización   |
| SUBSISTEMA          |   | instalación Neumática        |  | Aprobado por   | Fecha de aprobación  |
| C.F.                | FUNCION   | C.F.F.                       | FALLA DE FUNCION   | C.M.F.   | MODO DE FALLA  |
| 9                   | Transmitir y transformar fuerzas y movimientos por medio del aire comprimido regulado a 90psi y controlado. | A                            | Incapaz de generar los movimientos de elementos neumáticos implícitos en todos los sistemas y subsistemas de la unidad de formación. | 9A1<br>9A2<br>9A3<br>9A4   | <p>Presión de alimentación de tablero neumático por debajo de 110psi.</p> <p>Presión de aire no regulada a 90psi.</p> <p>Bloque de válvulas en mal estado.</p> <p>Filtro saturado.</p> |
|                     |   |                              |  | EFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA (Qué sucede cuando falla)                            |  |
|                     |   |                              |  | Se generan problemas en todo el proceso en donde sea implícito el aire comprimido. |  |
|                     |   |                              |  | La maquina para de inmediato por encontrar este parametro fuera de rango.          |  |
|                     |   |                              |  | Se generan problemas en todo el proceso en donde sea implícito el aire comprimido. |  |
|                     |   |                              |  | Se disminuye el flujo de aire hacia el tablero neumático.                          |  |

Tabla 25. Hoja de decisión instalación neumática.

| SISTEMA          |   | HOJA DE DECISIÓN                                      |   |   |          |    |    |                     |    |    |    |                  |                   | F. realización  |                       |         |
|------------------|---|---|---|---|----------|----|----|---------------------|----|----|----|------------------|-------------------|---|-----------------------|---------|
| SUBSISTEMA       |   | Unidad de formación CCM64 MB<br>instalación Neumática |   |   |          |    |    |                     |    |    |    |                  |                   | F. aprobación   |                       |         |
| Ref. Información | F | Evaluación Consecuencias                              |   |   | Decisión |    |    | Tareas "a falta de" |    |    |    | TIPO DE DECISIÓN | Tareas Propuestas | Frec. Inicial   | A realizar por...     |         |
|                  |   | H   | S | E | O        | H1 | H2 | H3                  | H4 | H5 | S4 |                  |                   |   |                       |         |
|                  |   |   |   |   |          |    |    |                     |    |    |    |                  |                   |   |                       |         |
| 9                | A | 1   | S | N | S        | S  |    |                     |    |    |    |                  |                   | Verificar regulación de alimentación presión de aire en tablero neumático | Quincenal             | Técnico |
| 9                | A | 2   | S | N | S        | N  | N  |                     |    |    |    |                  |                   | No hacer mantenimiento proactivo  | Operar hasta la falla | Técnico |
| 9                | A | 3   | S | N | S        | N  | N  |                     |    |    |    |                  |                   | No hacer mantenimiento proactivo  | Operar hasta la falla | Técnico |
| 9                | A | 4   | S | N | S        | S  |    |                     |    |    |    |                  |                   | Realizar limpieza unidad de filtración                                    | Mensual               | Técnico |

Tabla 26. Hoja de trabajo instalación oleodinámica.

| SISTEMA    |  | HOJA DE TRABAJO RCM   |                    | Fecha de realización  |  |
|------------|--|---|--------------------|---|--|
| SUBSISTEMA |  | Unidad de formación CCM64 MB  | Equipo de trabajo: | Fecha de aprobación   |  |
| FUNCIÓN    |  | FALLA DE FUNCIÓN  | MODO DE FALLA      | EFFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA (Qué sucede cuando falla)              |  |
| C.F.       | C.F.F.   | C.M.F.  | C.M.F.             |   |  |
| 10         | Suministrar aceite hidráulico con presión y caudal controlado para el movimiento de los actuadores del carrusel de moldeado. | Incapaz de suministrar aceite hidráulico con presión y caudal controlado para el movimiento de los actuadores del carrusel de moldeado. | 10A1               | Baja presión en grupo de bombeo.                                      | Los actuadores hidráulicos de las cavidades de formación no se desplazan.  |
|            |  |   | 10A2               | Grupo de Bombeo no genera presión ni caudal                           | La máquina arroja alarma por alto consumo y protección en motor principal de bombas. Se debe al daño interno de las bombas por aceite en mal estado, o por daño sistema presurización tanque que impide la succión de aire en las bombas |
|            |  |   | 10A3               | Alta cavitación en las bombas sistema oleodinámico.                   | Sonido fuerte en las bombas generado por la succión de aire en las bombas. Se debe a la desactivación o daño del sistema de presurización del tanque.  |
|            |  |   | 10A4               | fugas de aceite en juntas de actuadores.                              | Las fugas de aceite en estos actuadores son muy visibles y afectan su desempeño. Los moldes no cierran adecuadamente.  |
|            |  |   | 10A5               | Filtro saturado.  | La máquina arroja alarma de filtro succión saturado e impide arranque bombas circuito oleodinámico   |
|            |  |   | 10A6               | Bomba recirculación fundida. Temperatura de aceite por encima de 50°C | La máquina patea por registrar alarma a esta temperatura.  |
|            |  |   | 10A7               | Intercambiador enfriamiento de aceite obstruido.                      | La temperatura de aceite no regula.  |
|            |  |   | 10A8               | Nivel de aceite por debajo del nivel requerido.                       | La máquina se detiene de inmediato para evitar daño en la bomba doble de engranajes.   |

Tabla 27. Hoja de decisión instalación oleodinámica.

| SISTEMA          |   | HOJA DE DECISIÓN                                      |   |   |          |    |    |                     |    |    |                  |                   |               | F. realización    |  |           |         |
|------------------|---|---|---|---|----------|----|----|---------------------|----|----|------------------|-------------------|---------------|-------------------|--|-----------|---------|
| SUBSISTEMA       |   | Unidad de formación CCM64 MB instalación oleodinámica |   |   |          |    |    |                     |    |    |                  |                   |               | F. aprobación     |  |           |         |
|                  |   | Equipo de trabajo:<br>Aprobado por:                   |   |   |          |    |    |                     |    |    |                  |                   |               |                   |  |           |         |
| Ref. Información | F | Evaluación Consecuencias                              |   |   | Decisión |    |    | Tareas "a falta de" |    |    | TIPO DE DECISIÓN | Tareas Propuestas | Frec. Inicial | A realizar por... |  |           |         |
|                  |   | H   | S | O | H1       | H2 | H3 | H4                  | H5 | S4 |                  |                   |               |                   |  |           |         |
| 10               | A | 1   | S | N | N        | S  | S  |                     |    |    |                  |                   |               |                   | Verificar regulación bloque de presión   | Quincenal | Técnico |
| 10               | A | 2   | N |   |          | S  | S  |                     |    |    |                  |                   |               |                   | Realizar análisis fisicoquímico a aceite. Cambiar de ser necesario                                       | Anual     | Técnico |
| 10               | A | 3   | N |   |          | S  | S  |                     |    |    |                  |                   |               |                   | Inspeccionar que el sistema de presurización del tanque se encuentra activo y a una presión de 0,32 bar. | Mensual   | Técnico |
| 10               | A | 4   | S | N | N        | S  | N  | N                   | S  |    |                  |                   |               |                   | Realizar cambio kit de desgaste juntas de actuadores   | 18 meses  | Técnico |
| 10               | A | 5   | S | N | N        | S  | N  | N                   | S  |    |                  |                   |               |                   | Realizar cambio filtro de succión  | 3 meses   | Técnico |
| 10               | A | 6   | S | N | N        | S  | S  |                     |    |    |                  |                   |               |                   | Verificar aislamiento motor eléctrico bomba recirculación  | Anual     | Técnico |
| 10               | A | 7   | N |   |          | N  | S  |                     |    |    |                  |                   |               |                   | Realizar limpieza de intercambiador recirculación oleodinámica   | Anual     | Técnico |
| 10               | A | 8   | S | N | N        | S  | N  | N                   | S  |    |                  |                   |               |                   | Chequear nivel de aceite sistema oleodinámico  | Quincenal | Técnico |

Tabla 28. Hoja de trabajo, instalación de refrigeración.

| SISTEMA    |  | HOJA DE TRABAJO RCM          |  |   |  |   |
|------------|--|------------------------------|--|---|--|---|
| SUBSISTEMA |  | Unidad de formación CCM64 MB | Equipo de trabajo:   | Fecha de realización  | Fecha de aprobación  |   |
|            |  | Instalación de refrigeración |  | Aprobado por  |  |   |
| C.F.       | FUNCIÓN  | C.F.F.                       | FALLA DE FUNCIÓN   | C.M.F.  | MODO DE FALLA  | EFFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA (Qué sucede cuando falla)  |
| 11         | Suministrar fluido refrigerante a temperatura controlada a intercambiador de aceite, moldes superiores (punzones), moldes inferiores (cavidades) por medio del distribuidor giratorio. | A                            | Incapaz de suministrar líquido refrigerante a temperatura controlada a intercambiador de aceite.       | 11A1  | Bomba centrífuga circuito de enfriamiento aceite no genera presión ni caudal                       | No hay flujo de refrigerante por el intercambiador de aceite y la temperatura se eleva. La máquina para por alta temperatura de aceite y por pérdida de flujo del termostato.                           |
|            |  |                              |  | 11A2  | Diáfragma válvula solenoide cristalizado y roto.   | La válvula queda completamente cerrada y no recircula el agua por el intercambiador, elevándose la temperatura del aceite.  |
|            |  |                              |  | 11A3  | intercambiador termostato obstruido  | La temperatura del intercambiador que recibe el agua de chiller se aumenta y no refrigera el circuito de recirculación del intercambiador de aceite.  |
|            |  | B                            | Incapaz de suministrar líquido refrigerante a temperatura controlada a moldes superiores e inferiores. | 11B1  | Bomba centrífuga circuito refrigeración moldes superiores e inferiores no genera presión ni caudal | No hay flujo de refrigerante por los moldes superiores e inferiores y se genera alarma de paro automático de la máquina. Antes de dar la alarma de paro, pueden salir tapas con deformidad dimensional. |
| 11B2       | Diáfragma válvula solenoide cristalizado y roto.   |                              |  | La válvula queda completamente cerrada y no recircula el agua por el circuito de moldes.  |  |   |
|            |  | 11B3                         | intercambiador termostato obstruido  | La temperatura del intercambiador que recibe el agua de chiller se aumenta y no refrigera el circuito de recirculación de moldes. |  |   |
|            |  | 11B4                         | Nivel de refrigerante demasiado bajo   |   | El bajo nivel es detectado por la máquina y la detiene de inmediato.                               |   |

**Tabla 29. Hoja de decisión instalación de refrigeración.**

| SISTEMA          |   | HOJA DE DECISIÓN             |    |                          |   |   |          |    |    |                     |    |    |                  | F. realización    |               |                   |   |           |         |
|------------------|---|------------------------------|----|--------------------------|---|---|----------|----|----|---------------------|----|----|------------------|-------------------|---------------|-------------------|---|-----------|---------|
| SUBSISTEMA       |   | Unidad de formación CCM64 MB |    |                          |   |   |          |    |    |                     |    |    |                  | F. aprobación     |               |                   |   |           |         |
|                  |   | Equipo de trabajo:           |    |                          |   |   |          |    |    |                     |    |    |                  |                   |               |                   |   |           |         |
|                  |   | Aprobado por:                |    |                          |   |   |          |    |    |                     |    |    |                  |                   |               |                   |   |           |         |
| Ref. Información | F | FF                           | MF | Evaluación Consecuencias |   |   | Decisión |    |    | Tareas "a falta de" |    |    | TIPO DE DECISIÓN | Tareas Propuestas | Frec. Inicial | A realizar por... |   |           |         |
|                  |   |                              |    | H                        | S | E | H1       | H2 | H3 | H4                  | H5 | S4 |                  |                   |               |                   |   |           |         |
|                  |   |                              |    | O                        |   |   | S1       | S2 | S3 | O1                  | O2 | O3 | N1               | N2                | N3            |                   |   |           |         |
| 11               | A | 1                            |    | S                        | N | N | S        |    |    |                     |    |    |                  |                   |               |                   | Verificar aislamiento motor eléctrico bomba y presión descarga de bomba | Anual     | Técnico |
| 11               | A | 2                            |    | N                        |   |   | N        | N  | S  |                     |    |    |                  |                   |               |                   | Realizar cambio de diafragmas termostático                              | Anual     | Técnico |
| 11               | A | 3                            |    | N                        |   |   | N        | S  |    |                     |    |    |                  |                   |               |                   | Realizar limpieza de intercambiador recirculación oleodinámica          | Anual     | Técnico |
| 11               | B | 1                            |    | S                        | N | N | S        |    |    |                     |    |    |                  |                   |               |                   | Verificar aislamiento motor eléctrico bomba y presión descarga de bomba | Anual     | Técnico |
| 11               | B | 2                            |    | N                        |   |   | N        | N  | S  |                     |    |    |                  |                   |               |                   | Realizar cambio de diafragmas termostático                              | Anual     | Técnico |
| 11               | B | 3                            |    | N                        |   |   | N        | S  |    |                     |    |    |                  |                   |               |                   | Realizar limpieza de intercambiador recirculación oleodinámica          | Anual     | Técnico |
| 11               | B | 4                            |    | S                        | N | N | S        |    |    |                     |    |    |                  |                   |               |                   | Chequear nivel de aceite sistema oleodinámico                           | Quincenal | Técnico |

Tabla 30. Hoja de trabajo cinta de salida.

| SISTEMA    |  | HOJA DE TRABAJO RCM          |  |                      |                                     |   |
|------------|--|------------------------------|--|----------------------|-------------------------------------|---|
| SUBSISTEMA |  | Unidad de formación CCM64 MB | Equipo de Trabajo:   | Fecha de realización | Fecha de aprobación                 |   |
|            |  | Cinta de salida.             | Aprobado por   |                      |                                     |   |
| C.F.       | FUNCIÓN  | C.F.F.                       | FALLA DE FUNCIÓN   | C.M.F.               | MODO DE FALLA                       | EFFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA (Qué sucede cuando falla)  |
| 12         | Recibir el producto de las estrellas de extracción y transportarlo de manera ordenada a la zona de inspección del sistema de visión para la revisión de calidad. Posteriormente el producto conforme se entrega a la unidad de enfriamiento. | A                            | Incapaz de recibir el producto de las estrellas de extracción. | 12A1                 | Reductor con engranajes desgastados | El motor gira, pero no presenta movimiento la banda por daño del reductor                                     |
|            |  |                              |  | 12A2                 | Motor fundido                       | La banda no gira.   |
|            |  |                              |  | 12A3                 | Banda desgastada o rota.            | Las tapas se desplazan en la banda pero en forma errada y se dificulta la inspección en el sistema de visión. |
|            |  |                              |  | 12A4                 | No hay vacío en la Banda            | Las tapas no se sostienen sobre la banda y se caen dentro de la maquina.                                      |

Tabla 31. Hoja de decisión cinta de salida.

| SISTEMA          |   | HOJA DE DECISIÓN             |    |    |          |    |    |                     |    |    |                  |                   |               | F. realización   |                       |         |
|------------------|---|------------------------------|----|----|----------|----|----|---------------------|----|----|------------------|-------------------|---------------|--|-----------------------|---------|
| SUBSISTEMA       |   | Unidad de formación CCM64 MB |    |    |          |    |    |                     |    |    |                  |                   |               | F. aprobación  |                       |         |
|                  |   | Cinta de salida.             |    |    |          |    |    |                     |    |    |                  |                   |               |  |                       |         |
| Ref. Información | F | Evaluación Consecuencias     |    |    | Decisión |    |    | Tareas "a falta de" |    |    | TIPO DE DECISIÓN | Tareas Propuestas | Frec. Inicial | A realizar por...  |                       |         |
|                  |   | H                            | S  | E  | H1       | H2 | H3 | H4                  | H5 | S4 |                  |                   |               |  |                       |         |
|                  |   | MF                           | MF | MF | O1       | O2 | O3 | N1                  | N2 | N3 |                  |                   |               |  |                       |         |
| 12               | A | 1                            | S  | N  | N        | S  | N  | N                   | N  | N  |                  |                   |               | No hacer mantenimiento proactivo.  | Operar hasta la falla | Técnico |
| 12               | A | 2                            | S  | N  | N        | S  | S  | S                   | S  | S  |                  |                   |               | Verificar aislamiento motor cinta salida   | Anual                 | Técnico |
| 12               | A | 3                            | S  | N  | N        | S  | N  | N                   | N  | S  |                  |                   |               | Realizar cambio de banda cinta de salida   | 18 meses              | Técnico |
| 12               | A | 4                            | S  | N  | N        | S  | S  | S                   | S  | S  |                  |                   |               | Verificar aislamiento motor cinta salida y estado paletas bomba de vacío. Cambiar paletas si es necesario. | 3 meses               | Técnico |

Tabla 32. Hoja de trabajo sistema de visión.

| HOJA DE TRABAJO RCM |   |                          |   |  |   |  |
|---------------------|---|--------------------------|---|--|---|--|
| SISTEMA             |   | Sistema de Visión CVS052 |   | Equipo de trabajo:                           | Fecha de realización  |  |
| SUBSISTEMA          |   | Aprobado por:            |   | Fecha de aprobación                          |   |  |
| C.F.                | FUNCIÓN   | C.F.F.                   | FALLA DE FUNCIÓN  | C.M.F.                                       | MODO DE FALLA   | EFFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA (Qué sucede cuando falla)   |
| 13                  | Inspeccionar en línea el 100% de la producción con el fin de detectar todos los defectos presentes en la producción, que han sido adaptados y grabados en el equipo de acuerdo a los estándares de producción necesarios para luego descartar únicamente las piezas defectuosas con fiabilidad. | A                        | no puede realizar la inspección al 100% de la producción para detectar los defectos en la producción y descartarlos | 13A1<br>13A2<br>13A3<br>13A4<br>13A5<br>13A6 | Sistema de visión bloqueado.<br>Lente de cámara sucio.<br>Válvulas de descarte en mal estado.<br>Fibra óptica amplificador reventada.<br>Demasiada vibración en el sistema<br>Demasiado descarte sin justificación. | Se evidencia cuando en la pantalla no se observan las imágenes que debe tomar el sistema de visión a cada tapa-<br>Los descartes destapa son elevados por detectar sombras anormales en las imágenes de comparación del sistema de visión.<br>El descarte se toma lento y errado. Las Válvulas no actúan a tiempo y dejan pasar el producto no conforme detectado por el sistema de visión<br>El sistema de visión no detecta las tapas y por ende no toma las imágenes respectivas.<br>El sistema se bloquea. Sucede cuando en la cinta de salida se generan daños, estos producen altas vibraciones y bloquean el sistema de visión.<br>El descarte de tapas se encuentra fuera de control, y rechaza también tapas buenas |

Tabla 33. Hoja de decisión sistema de visión.

| SISTEMA          |         | HOJA DE DECISIÓN         |   |   |          |             |             |                     |    |    |    |                  |                   | F. realización |                   |  |          |          |
|------------------|---------|--------------------------|---|---|----------|-------------|-------------|---------------------|----|----|----|------------------|-------------------|----------------|-------------------|--|----------|----------|
| SUBSISTEMA       |         | Sistema de Visión CYS052 |   |   |          |             |             |                     |    |    |    |                  |                   | F. aprobación  |                   |  |          |          |
|                  |         | Equipo de trabajo:       |   |   |          |             |             |                     |    |    |    |                  |                   |                |                   |  |          |          |
|                  |         | Aprobado por:            |   |   |          |             |             |                     |    |    |    |                  |                   |                |                   |  |          |          |
| Ref. Información | F FF MF | Evaluación Consecuencias |   |   | Decisión |             |             | Tareas "a falta de" |    |    |    | TIPO DE DECISIÓN | Tareas Propuestas | Frec. Inicial  | A realizar por... |  |          |          |
|                  |         | H                        | S | E | O        | H1 S1 O1 N1 | H2 S2 O2 N2 | H3 S3 O3 N3         | H4 | H5 | S4 |                  |                   |                |                   |  |          |          |
| 13               | A 1     | S                        | N | N | S        | N           | N           | N                   | S  |    |    |                  |                   |                |                   |  | Mensual  | Técnico  |
| 13               | A 2     | S                        | N | N | S        | S           |             |                     |    |    |    |                  |                   |                |                   |  | Mensual  | Operario |
| 13               | A 3     | N                        |   |   |          | N           | N           | N                   | S  |    |    |                  |                   |                |                   |  | Mensual  | Operario |
| 13               | A 4     | S                        | N | N | S        | S           |             |                     |    |    |    |                  |                   |                |                   |  | 6 meses  | Técnico  |
| 12               | A 5     | S                        | N | N | S        | N           | N           | S                   |    |    |    |                  |                   |                |                   |  | 18 meses | Técnico  |
| 13               | A 6     | N                        |   |   |          | S           |             |                     |    |    |    |                  |                   |                |                   |  | 6 meses  | Técnico  |

**Tabla 34. Hoja de trabajo unidad de enfriamiento.**

| SISTEMA SUBSISTEMA               |  | HOJA DE TRABAJO RCM                |   |   |                                |   |
|----------------------------------|--|------------------------------------|---|---|--------------------------------|---|
| Unidad de enfriamiento Green BOX |  | Equipo de trabajo:<br>Aprobado por |   | Fecha de realización<br>Fecha de aprobación |                                |   |
| C.F.                             | FUNCIÓN  | C.F.F.                             | FALLA DE FUNCIÓN  | C.M.F.                                      | MODO DE FALLA                  | EFFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA (Qué sucede cuando falla)  |
| 14                               | Enfriar las tapas plásticas soplando aire aspirado y filtrado previamente del medio ambiente. Al mismo tiempo transporta la tapa hacia el elevador del orientador. | A                                  | No enfría las tapas plásticas.                            | 13A1  | Soplador averiado              | Se detecta porque la tapa entra muy caliente a la unidad de corte doblado y se dificulta el proceso |
|                                  |  | B                                  | No transporta las tapas hasta el elevador del orientador. | 13A2  | filtro de succión saturado     | Se eleva el consumo de corriente del soplador.  |
|                                  |  |                                    |   | 13B1  | Motor no gira el tambor.       | La tapa se acumula en la entrada de la unidad de enfriamiento.                                      |
|                                  |  |                                    |   | 13A2  | Correa arrastre de tambor rota | el tambor no gira   |



Tabla 36. Hoja de trabajo elevador LPA040.

| SISTEMA    |   | HOJA DE TRABAJO RCM |   |                    |  | Fecha de realización   |
|------------|---|---------------------|---|--------------------|--|--|
| SUBSISTEMA |   | Elevador LPA040     |   | Equipo de trabajo: | Fecha de aprobación  |  |
| C.F.       | FUNCIÓN   | C.F.F.              | FALLA DE FUNCIÓN  | C.M.F.             | MODO DE FALLA  | EFFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA (Qué sucede cuando falla)   |
| 15         | Transportar la tapa desde la salida de la unidad de enfriamiento hasta la tolva | A                   | Incapaz de transportar la tapa.                           | 15A1<br>15A2       | Motor-reductor no genera movimiento a la banda de Rodillos agarrotados | La banda no responde a la selección de movimiento.<br>Se eleva el consumo de corriente del motor-reductor. |
|            |   | B                   | No transporta las tapas hasta el elevador del orientador. | 15B1<br>15B2       | Banda de lona desgastada o rota<br>Guías de elevador desgastadas.      | Cuando la lona se desgasta se sale de las guías del elevador y se frena.<br>La banda se observa frenada.   |

Tabla 37. Hoja de decisión elevador LPA040.

| SISTEMA    |    | Elevador LPA040  |   |                          |   |   |          |    |    |                     |    |    |                  | F. realización    |               |                   |    |  |  |  |
|------------|----|------------------|---|--------------------------|---|---|----------|----|----|---------------------|----|----|------------------|-------------------|---------------|-------------------|----|--|--|--|
| SUBSISTEMA |    | HOJA DE DECISIÓN |   |                          |   |   |          |    |    |                     |    |    |                  | F. aprobación     |               |                   |    |  |  |  |
| F          | FF | A                | 1 | Evaluación Consecuencias |   |   | Decisión |    |    | Tareas "a falta de" |    |    | TIPO DE DECISIÓN | Tareas Propuestas | Frec. Inicial | A realizar por... |    |  |  |  |
|            |    |                  |   | H                        | S | E | O        | H1 | H2 | H3                  | H4 | H5 |                  |                   |               |                   | S4 |  |  |  |
|            |    |                  |   | H                        | S | E | O        | S1 | O1 | N1                  | S2 | O2 | N2               | S3                | O3            | N3                |    |  |  |  |
| 15         | A  | 1                |   | S                        | N | N | S        | S  |    |                     |    |    |                  |                   |               |                   |    |  |  |  |
| 15         | A  | 2                |   | N                        |   |   |          | N  | N  | S                   |    |    |                  |                   |               |                   |    |  |  |  |
| 15         | B  | 1                |   | S                        | N | N | S        | N  | N  | S                   |    |    |                  |                   |               |                   |    |  |  |  |
| 15         | B  | 2                |   | N                        |   |   |          | N  | N  | S                   |    |    |                  |                   |               |                   |    |  |  |  |

**Tabla 38. Hoja de trabajo, orientador de tapa.**

| HOJA DE TRABAJO RCM                                     |   |   |  |                      |  |
|---|---|---|--|----------------------|--|
| SISTEMA   |   | Orientador centrífugo de tapas ORCE0010 |  | Equipo de trabajo:   |  |
| SUBSISTEMA  |   |   |  | Aprobado por         |  |
| C.F.  | FUNCIÓN   | C.F.F.                                  | FALLA DE FUNCIÓN                             | C.M.F.               | MODO DE FALLA  |
| EFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA (Qué sucede cuando falla) |   |   |  |                      |  |
| 16  | Orientar las tapas plásticas por fuerza centrífuga con la rosca hacia arriba para alimentar la unidad de corte y doblado SFM. | A                                       | No orienta la tapa con la rosca hacia arriba | 16A1<br>16A2<br>16A3 | Motor-reductor no genera movimiento al disco.<br>El sople en el seleccionador no es suficiente para descartar las tapas que se encuentran en posición incorrecta.<br>Orientador atasgado.  |
|   |   |   |  |                      | Se eleva el consumo de corriente del motor-reductor.<br>Se bloquea la tapa en la alimentación de la unidad de corte y doblado.<br>Se presenta cuando el sensor de nivel funciona incorrectamente. La banda alimentadora no detecta señal de nivel y no se detiene. |



Tabla 40. Hoja de trabajo unidad de corte y doblado SFM12L.

| HOJA DE TRABAJO RCM |   |                                |  |  |  |
|---------------------|---|--------------------------------|--|--|--|
| SISTEMA             |   | Unidad de corte doblado SFM12L |  |  |  |
| SUBSISTEMA          |   | Equipo de trabajo:             | Fecha de realización                                     |  |  |
|                     |   | Aprobado por                   | Fecha de aprobación                                      |  |  |
| C.F.                | FUNCIÓN   | C.F.F.                         | FALLA DE FUNCIÓN   |  |  |
|                     |   | C.M.F.                         | MODO DE FALLA  |  |  |
|                     |   |                                | EFFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA (Qué sucede cuando falla) |  |  |
| 17                  | Realizar en las tapas plásticas, el corte y el doblado del borde de la tapa para la formación del precinto de garantía. | A                              | No realiza el corte del precinto.                        | <p>17A1 Canal de alimentación obstruido</p> <p>17A2 Daño en motor reductor carrusel de corte</p> <p>17A3 Rebaba en mandriles de corte.</p> <p>17A4 Resistencias abiertas en útil de corte.</p> <p>17A5 Termocupla en mal estado</p> <p>17A6 Pérdida de corte de cuchilla</p> <p>17A7 Útil de corte des calibrado.</p> <p>17A9 Correa de mandriles de corte reventada</p> <p>17B1 Daño servomotor carrusel de doblado.</p> <p>17B2 Equipo móvil superior e inferior des calibrado.</p> <p>17B3 Pérdida de sincronismo del carrusel de traslado.</p> <p>17B4 Pisadores agarrotados</p> |  |
|                     |   |                                |  | El carrusel de corte no es alimentado. Sucede cuando se pasan tapas deformes o en posición incorrecta en la alimentación.  |  |
|                     |   |                                |  | El carrusel de corte no gira y no entrega señal al encoder principal. Cuando no existe esta señal, los caruseles de doblado, traslado y salida   |  |
|                     |   |                                |  | Por esta razón las tapas no giran y no se genera el corte.   |  |
|                     |   |                                |  | Se presenta torque de remoción superior a 18kg-pulg  |  |
|                     |   |                                |  |  | No se genera el corte del precinto y no desprende, generando un alto torque de remoción. |
|                     |   |                                |  |  | Los mandriles no giran y no se genera el corte sobre la tapa.                            |
|                     |   |                                |  |  | El carrusel de doblado no se sincroniza con el carrusel de corte, traslado               |
|                     |   |                                |  |  | El doblado de la tapa no es el adecuado. Puede ser muy doblado o sin doblado.            |
|                     |   |                                |  |  | La tapa no se alimenta correctamente al carrusel de doblado.                             |
|                     |   |                                |  |  | La tapa queda suelta y el doblado queda deforme.   |
|                     |   |                                | B  | No realiza el doblado del borde.   |  |

**Tabla 41. Hoja de decisión unidad de corte y doblado SFM12L.**

| SISTEMA          |     | HOJA DE DECISIÓN               |   |   |          |    |    |                     |    |    |                  |                   |  | F. realización    |  |               |           |          |
|------------------|-----|--------------------------------|---|---|----------|----|----|---------------------|----|----|------------------|-------------------|--|-------------------|--|---------------|-----------|----------|
| SUBSISTEMA       |     | Unidad de corte doblado SFM12L |   |   |          |    |    |                     |    |    |                  |                   |  | F. aprobación     |  |               |           |          |
| Ref. Información |     | Evaluación Consecuencias       |   |   | Decisión |    |    | Tareas "a falta de" |    |    | TIPO DE DECISIÓN |                   |  | Tareas Propuestas |  | Frec. Inicial |           |          |
| F                | FF  | H                              | S | E | O        | H1 | H2 | H3                  | H4 | H5 | S4               |                   |  |                   |  |               |           |          |
|                  | MF  |                                |   |   |          | O1 | O2 | O3                  |    |    |                  |                   |  |                   |  |               |           |          |
|                  |     |                                |   |   |          | N1 | N2 | N3                  |    |    |                  |                   |  |                   |  |               |           |          |
| 17               | A 1 | S                              | N | N | S        | S  |    |                     |    |    |                  | A condición       |  |                   | Verificar que sensor de nivel este funcionando correctamente.                            |               | Quincenal | Operario |
| 17               | A 2 | N                              |   |   |          | S  |    |                     |    |    |                  | A condición       |  |                   | Verificar consumo y aislamiento motor.   |               | Anual     | Técnico  |
| 17               | A 3 | N                              |   |   |          | S  |    |                     |    |    |                  | A condición       |  |                   | Verificar que los mandriles no presenten rebabas.  |               | Mensual   | Técnico  |
| 17               | A 4 | S                              | N | N | S        | S  |    |                     |    |    |                  | A condición       |  |                   | Verificar consumo de las resistencias útil de corte en kW.                               |               | Anual     | Técnico  |
| 17               | A 5 | S                              | N | N | S        | S  |    |                     |    |    |                  | A condición       |  |                   | Verificar conductividad y consumo en mV de las termocuplas útil.                         |               | Anual     | Técnico  |
| 17               | A 6 | N                              |   |   |          | N  | N  | N                   | s  |    |                  | Busqueda de falla |  |                   | Verificar Estado de cuchilla y torque de remoción  |               | Quincenal | Técnico  |
| 17               | A 7 | S                              | N | N | S        | S  |    |                     |    |    |                  | A condición       |  |                   | Verificar Calibración útil de corte.   |               | Quincenal | Operario |
| 17               | A 9 | S                              | N | N | S        | N  | N  | S                   |    |    |                  | Sustitución       |  |                   | Realizar cambio correa   |               | 18 meses  | Técnico  |
| 17               | B 1 | S                              | N | N | S        | S  |    |                     |    |    |                  | A condición       |  |                   | Verificar consumo y aislamiento motor.   |               | Anual     | Técnico  |
| 17               | B 2 | S                              | N | N | S        | S  |    |                     |    |    |                  | A condición       |  |                   | Verificar Calibración equipo móvil superior e inferior de acuerdo a necesidad de doblado |               | Quincenal | Técnico  |
| 17               | B 3 | S                              | N | N | S        | S  |    |                     |    |    |                  | A condición       |  |                   | Verificar consumo y aislamiento motor carusel de traslado.                               |               | Anual     | Técnico  |
| 17               | B 4 | S                              | N | N | S        | S  |    |                     |    |    |                  | A condición       |  |                   | Realizar limpieza de palpadores  |               | 6 meses   | Técnico  |

## ANEXO D. PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO LÍNEA TERMO-COMPRESIÓN CCM64MB

**Tabla 42. Plan de Mantenimiento propuesto línea termo-compresión CCM64MB-5.**

| GRUPO Y PUNTO DE INTERVENCIÓN                                 | TIPO DE INTERVENCIÓN   | INTERVENCIÓN EN HORAS |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|---|--|-----------------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------|
|   |  | 7 DIAS<br>180         | 15 DIAS<br>360 | 1 MES<br>720 | 2 MESES<br>1440 | 3 MESES<br>2160 | 6 MESES<br>4320 | 1 AÑO<br>8460 | 8 MESES<br>12960 | 3 AÑOS<br>25920 |
| <b>MOTORIZACIÓN</b>   |  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Sistema de lubricación y lubricación corona                   | Realizar limpieza e inspección visual y verificación funcionamiento unidad automática de lubricación |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar nivel de sistema, rellenar si es necesario   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Motor reductor carrusel de moldeado                           | Verificar nivel de aceite.   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | sustitución de aceite.   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Realizar análisis de aceite  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar aislamiento de motor y consumo   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar respuesta de variador a ajuste de diversas frecuencias                                     |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| <b>PLASTIFICADOR</b>  |  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Tornillo extrusor   | Verificar desgaste y eventual sustitución  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar consumo de las resistencias extrusor en kW.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar conductividad y consumo en mV de las termocuplas extrusor.                                 |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Chequeo funcional obstrucciones en garganta extrusor.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Búsqueda de fallas   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Realizar cambio de correa reductor extrusor  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Reductor extrusor   | Controlar nivel de aceite  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Eventual llenado de aceite   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Sustitución aceite   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Bomba dosificación polímero                                   | Limpieza externa   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Revisión completa  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Lubricación junta cardán   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar estado de acople Cardan bomba  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar aislamiento de embobinado motor bomba  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Realizar cambio de engranajes de bomba   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar consumo de las resistencias en kW.   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar conductividad y consumo en mV de las termocuplas.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Transductores de presión BP1, BP2                             | Control y eventual regulación de alta y baja presión   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Tubo  | Verificar consumo de las resistencias tubo en kW.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar conductividad y consumo en mV de las termocuplas.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Boquilla  | Realizar limpieza  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Control posición   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar consumo de las resistencias boquilla en kW.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar conductividad y consumo en mV de las termocuplas.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Realizar cambio kit de desgaste cilindro transferencia   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Chequeo funcional desviador. Búsqueda de fallas  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Motor extrusor  | Lubricación cojinetes  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Sustitución junta elástica   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| <b>CARRUSEL DE INTRODUCCIÓN</b>                               |  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Cuchillas de corte  | Afilado  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar calibración cuchillas de corte con respecto a la boquilla                                  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Cortadores con sople de introducción o pistón de introducción | Realizar limpieza cuerpo de cortadores   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar fase mecánica  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Realizar cambio válvula de sople carrusel de inserción   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar regulación aire sople carrusel   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Precarga  | Verificar ajuste precarga de carrusel de inserción   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Lubricar cojinete dispositivo de precarga carrusel   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Distribuidor aire comprimido y vacío                          | Realizar limpieza  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Servomotor carrusel de introducción                           | Verificar calibración encoder carrusel de moldeado.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Pinzas de extracción  | Verificar Posición pinza de extracción frente a cavidades. Si es necesario, ajustar fase mecánica.   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar estado de pinzas   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Realizar limpieza y verificación estado de la leva acercamiento pinzas                               |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Realizar cambio seguidores de leva   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| <b>CARRUSEL DE MOLDEADO</b>                                   |  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Carrusel de moldeado  | Limpieza externa   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Verificar calibración y torque de cavidades de moldeo  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
|   | Lubricar rueda   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |
| Válvulas actuadores   | Realizar cambio kit de desgaste y seguidor de leva en válvulas oleodinámicas relativas.              |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |

| GRUPO Y PUNTO DE INTERVENCIÓN   | TIPO DE INTERVENCIÓN   | INTERVENCIÓN EN HORAS |         |       |         |         |         |       |        |        |
|---|--|-----------------------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|--------|--------|
|   |  | 7 DIAS                | 15 DIAS | 1 MES | 2 MESES | 3 MESES | 6 MESES | 1 AÑO | 2 AÑOS | 3 AÑOS |
|   |  | 180                   | 360     | 720   | 1440    | 2160    | 4320    | 8640  | 12960  | 25920  |
| Actuadores oleodinámicos  | Verificar ajuste caudal baja presión oleodinámica  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Verificar precarga de acumuladores oleodinámicos   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Realizar cambio de juntas en bridas inferiores y superiores  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Virolas bridas inferiores   | Realizar control de apretado   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Barras de extracción: ruedas, pernos, casquillos guía.                    | Lubricación  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Verificar ajuste de conjuntos extractores  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Verificar accionamiento conjunto leva de extracción. Evaluar posibles desgastes.                         |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Evaluar estado de rodamientos barras extractoras   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Realizar cambio de bujes y soporte cilindro actuador leva de extracción                                  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Verificar ajuste de reguladores de presión individuales  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Circuito refrigeración moldes   | Realizar cambio rodamientos seguidores de válvulas   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Chequear estado de circuito de refrigeración cavidades proveniente del termostato                        |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Realizar cambio kit de mangueras refrigeración de punzones   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Realizar cambio kit de mangueras refrigeración de cavidades.   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| LEVAS   | Realizar cambio de diafragmas termostato   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   |  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Leva de extracción  | Realizar lubricación   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Leva accionamiento válvulas actuadores                                    | Realizar lubricación   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Leva inyección aire moldes superiores                                     | Realizar lubricación   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| <b>DISTRIBUIDOR GIRATORIO</b>   |  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Distribuidor de agua y aceite   | Realizar cambio de Juntas  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Realizar cambio de rodamientos   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| <b>INSTALACIÓN OLEODINÁMICA</b>   |  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Central oleodinámica  | Chequear nivel de aceite sistema oleodinámico  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Realizar cambio filtro de succión  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Realizar análisis fisicoquímico a aceite. Cambiar de ser necesario.                                      |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Realizar control de condensación en el tanque  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Inspeccionar que el sistema de presurización del tanque se encuentra activo y a una presión de 0,32 bar. |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Verificar aislamiento motor eléctrico bomba recirculación  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Realizar limpieza de intercambiador recirculación oleodinámica            |  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Electroválvulas YV21, YV27, YV30  | Realizar limpieza  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| <b>INSTALACIÓN NEUMÁTICA</b>  |  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Unidad de filtración  | Realizar limpieza  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Verificar regulación de alimentación presión de aire en tablero neumático                                |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| <b>INSTALACIÓN DE REFRIGERACIÓN</b>                                       |  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Filtros   | Realizar limpieza  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Fluido refrigerante   | Realizar sustitución   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Bombas y válvulas   | Verificar aislamiento motor eléctrico bomba y presión descarga de bomba                                  | Anual                 |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Realizar cambio de diafragmas termostato   | Anual                 |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Realizar limpieza de intercambiador recirculación oleodinámica   | Anual                 |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Verificar aislamiento motor eléctrico bomba y presión descarga de bomba                                  | Anual                 |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Realizar cambio de diafragmas termostato   | Anual                 |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Realizar limpieza de intercambiador recirculación oleodinámica   | Anual                 |         |       |         |         |         |       |        |        |
| <b>INSTALACIONES VACÍO</b>  |  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Carrusel de introducción: transferencia tapones                           | Limpieza y eventual sustitución filtro principal instalación   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Limpieza y eventual sustitución filtro auxiliar instalación  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Limpieza y eventual sustitución filtro bomba   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Control y eventual sustitución paletas bomba   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Carrusel de introducción: pistones introducción dosis (si está instalado) | Limpieza y eventual sustitución filtro principal instalación   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Limpieza y eventual sustitución filtro auxiliar instalación  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Limpieza y eventual sustitución filtro bomba   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Control y eventual sustitución paletas bomba   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Cinta salida producto   | Limpieza y eventual sustitución filtro principal instalación   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Limpieza y eventual sustitución filtro auxiliar instalación  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Limpieza y eventual sustitución filtro fuelle  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| <b>CINTA DE SALIDA PRODUCTO</b>   |  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Ranuras plano de deslizamiento  | Realizar limpieza  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Fotocélula de cuenta  | Realizar limpieza  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Transmisión de movimiento   | Verificar aislamiento motor cinta salida   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
|   | Realizar cambio de banda cinta de salida   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>  |  |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Tableros eléctricos   | Eliminación eventual condensación u otros líquidos   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Tableros y cajas eléctricas   | Limpieza y mantenimiento   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Control estanqueidad  | Control estanqueidad   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Ventiladores tableros eléctricos (si presentes)                           | Limpieza filtros   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |
| Acondicionadores tableros eléctricos (si presentes)                       | Comprobar que el tubo de descarga condensación no esté obstruido   |                       |         |       |         |         |         |       |        |        |

| GRUPO Y PUNTO DE INTERVENCIÓN                               | TIPO DE INTERVENCIÓN  | INTERVENCIÓN EN HORAS |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|---|---|-----------------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------|--|
|   |   | 7 DIAS<br>180         | 15 DIAS<br>360 | 1 MES<br>720 | 2 MESES<br>1440 | 3 MESES<br>2160 | 6 MESES<br>4320 | 1 AÑO<br>8460 | 8 MESES<br>12960 | 3 AÑOS<br>25920 |  |
| <b>DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD</b>                            |   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Pulsadores de emergencia                                    | Control funcionamiento  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Puertas   | Control funcionamiento micro contactos de seguridad   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Dispositivos de señalización acústico-luminosos             | Control eficiencia  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Toma de tierra  | Control conexiones e integridad cables  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Cables eléctricos   | Control conexiones e integridad cables  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Dispositivos de protección diferencial de los interruptores | Control eficiencia  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| <b>SISTEMA DE VISIÓN</b>                                    |   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Componentes   | Chequear conexiones de cámara y lámpara a CPU   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Realizar limpieza lente de cámara   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Chequear que las válvulas estén realizando el descarte de las cavidades programadas.                      |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Verificar estado fibra óptica y amplificador  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Verificar altura y calibración de la cámara.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| <b>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO GREEN BOX</b>                    |   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Sistema de enfriamiento                                     | Revisar aislamiento motor   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Realizar cambio de filtro   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Verificar aislamiento motor.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Realizar cambio de correa   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| <b>ELEVADOR LPA 040</b>                                     |   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Componentes   | Verificar aislamiento motor   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Realizar cambio de rodamientos Rodillos   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Realizar cambio de lona   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Realizar cambio de guías elevador   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| <b>ORIENTADOR</b>   |   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Componentes   | Verificar consumo de motor y aislamiento  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Verificar regulación aire de descarte   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Verificar que sensor de nivel este funcionando correctamente.   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| <b>UNIDAD DE CORTE DOBLADO SFM12L</b>                       |   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| <b>MOTORIZACIÓN</b>   |   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Motor   | Sustitución aconsejada  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Encoder   | Control integridad  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| <b>CARRUSEL DE CORTE</b>                                    |   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Leva elementos de re-centrado                               | Control y eventual limpieza   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Verificar consumo y aislamiento motor.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Verificar que los mandriles no presenten rebabas.   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Verificar consumo de las resistencias útil de corte en kW.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Verificar conductividad y consumo en mV de las termocuplas útil.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Cojinetes de mandriles                                      | Realizar cambio   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Barra de recentrado   | Realizar lubricación y verificar centramiento   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Útil de corte   | Verificar Estado de cuchilla y torque de remoción   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Verificar Calibración útil de corte.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Realizar cambio correa  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Verificar consumo y aislamiento motor.  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Control deslizamiento carros soporte útiles fijos   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| <b>CARRUSEL DE DOBLADO</b>                                  |   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Punzones inferiores   | Control eventual y sustitución de perno   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Verificar Calibración equipo móvil inferior de acuerdo a necesidad de doblado. Realizar lubricación leva  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Lubricación casquillo de bolas  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Control desgaste  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Punzones superiores   | Control eventual y sustitución de perno   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Verificar Calibración equipo móvil superior de acuerdo a necesidad de doblado. Realizar lubricación leva. |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Lubricación casquillo de bolas  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Control desgaste  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Verificar consumo y aislamiento motor carrusel de traslado.   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
|   | Realizar limpieza de palpadores   |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Cojinetes rotación carrusel                                 | Realizar lubricación  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |
| Casquillos barras de bloqueo                                | Control y eventual sustitución  |                       |                |              |                 |                 |                 |               |                  |                 |  |