



# INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

## **Alumno**

González Palacios Carlos Fernando (07270412)

## **Nombre del Proyecto**

“Aumento de la Capacidad de Producción en Corazones para Cabezas R5 en Nave  
10 Volkswagen de México Aplicando Mantenimiento Autónomo”

## **Periodo de Realización**

Agosto-Diciembre 2011

## **Asesor Interno**

Dr. Elías Neftalí Escobar Gómez

## **Asesor Externo**

Ing. Rafael Castillo Barrera

## **Revisores**

MC Sabino Velázquez Trujillo

Ing. Jorge Elí Castellanos Martínez

# VOLKSWAGEN

DE MEXICO

Puebla, Pue a 23 de Enero de 2012

INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

PRESENTE

ATN: M.C. ROBERTO CARLOS GARCIA GOMEZ  
JEFE DE DEPARTAMENTO DE GESTION  
TECNOLOGICA Y VINCULACION

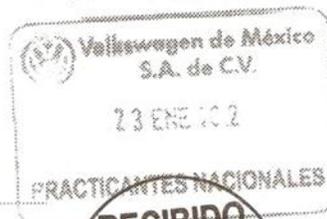
Por medio de la presente se hace constar que GONZÁLEZ PALACIOS CARLOS FERNANDO con NUMERO DE CONTROL 07270412 de la carrera de INGENIERIA INDUSTRIAL del plantel a su cargo, realizó RESIDENCIAS PROFESIONALES en Volkswagen de México, participando en el desarrollo del proyecto AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION EN CORAZONES PARA CABEZAS R5 EN NAVE 10 VOLKSWAGEN DE MEXICO APLICANDO MANTENIMIENTO AUTONOMO en el departamento de FUNDICION NAVE 10, bajo la asesoría de CASTILLO BARRERA JOSE RAFAEL, durante el periodo comprendido del 11 DE JULIO DE 2011 hasta el 11 DE ENERO DE 2012 con horario de 8:00 a 17:00 horas para así cubrir 960 horas.

Se extiende la presente a petición del interesado para los fines que a él convenga.

ATENTAMENTE

Lic. MARIA MAGALI ISLAS SANCHEZ

Coordinación General de Practicantes Nacionales





SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP

### CONSTANCIA DE LIBERACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**M.C. JORGE ANTONIO OROZCO TORRES**  
**JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**EDIFICIO.**

Por medio de la presente me permito informarle que ha concluido la asesoría y revisión del proyecto de Residencia Profesional cuyo título es: **Aumento de la capacidad de producción en corazones para cabezas R5 en nave 10 Volkswagen de México aplicando mantenimiento autónomo**, desarrollado por el **C. CARLOS FERNANDO GONZÁLEZ PALACIOS**, con número de control 07270412, desarrollado en el período "AGOSTO-DICIEMBRE 2011".

Por lo que, se emite la presente Constancia de Liberación y Evaluación del Proyecto a los veinticinco días del mes de enero de 2012.

ATENTAMENTE  
"CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"

  
Dr. Elías Neftalí Escobar Gómez  
Asesor del Proyecto

  
M.C. Sabino Velazquez Trujillo  
Revisor del proyecto

  
Ing. Jorge Eli Castellanos Martínez  
Revisor del proyecto

c.c.p.- Archivo.

Carretera Panamericana Km.1080, C.P. 29050, Apartado Postal 599  
Teléfonos: (961) 61 5-03-80 (961) 61 5-04-61 Fax: (961) 61 5-16-87  
<http://www.ittg.edu.mx>



# Contenido

Introducción .....	1
1 Caracterización del Proyecto.....	3
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Definición del Problema .....	5
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos .....	6
1.4 Justificación .....	6
1.5 Delimitación .....	6
1.6 Impactos .....	7
2 Descripción del Sistema .....	8
2.1 Grupo Volkswagen .....	9
2.2 Volkswagen de México .....	9
2.2.1 Ubicación.....	10
2.2.2 Misión .....	10
2.2.3 Visión.....	11
2.2.4 Planta .....	11
2.2.5 Producción .....	11
2.2.6 Personal .....	12
2.2.7 Dirección .....	12
2.2.8 Proveedores .....	13
2.2.9 Historia .....	13
2.2.10 Responsabilidad Social Corporativa.....	16
2.2.11 Certificaciones.....	17

2.3	Productos.....	20
2.3.1	Productos fabricados en Nave 10 Fundición .....	20
2.3.2	Productos elaborados en el área de corazones .....	21
2.4	Lay-out del Área de Corazones .....	22
2.5	Proceso de Fabricación de Corazones .....	24
2.6	Descripción del Equipo .....	27
3	Fundamentos .....	28
3.1	Mantenimiento Productivo Total .....	29
3.1.1	Concepto .....	30
3.1.2	Objetivos del Mantenimiento Productivo Total .....	31
3.1.3	Pilares del Mantenimiento Productivo Total .....	32
3.1.4	Cinco Principios del Mantenimiento Productivo Total.....	36
3.1.5	Etapas de Implementación del Mantenimiento Productivo Total .....	37
3.2	Mantenimiento Autónomo .....	41
3.2.1	Propósito del Mantenimiento Autónomo.....	43
3.2.2	Mantenimiento Autónomo Basado en las 5 S's .....	44
3.2.3	Niveles de Implementación del Mantenimiento Autónomo .....	45
3.3	Las Seis Grandes Pérdidas .....	54
3.4	Efectividad Global del Equipo (OEE) .....	56
3.4.1	Importancia de la Efectividad Global del Equipo .....	57
3.4.2	Elementos principales de la Efectividad Global del Equipo .....	58
3.4.3	Relación de los Coeficientes con las Seis Grandes Pérdidas .....	59
3.4.4	Cálculo de la Efectividad Global del Equipo .....	60
4	Metodología .....	61
5	Implementación de la Metodología.....	68

5.1	Análisis de los índices de disponibilidad, desempeño y calidad .....	69
5.2	Conocimiento y Análisis de Pérdidas del Área .....	72
5.2.1	Interrupciones por Mantenimiento .....	74
5.2.2	Cambio de Modelo y Ajustes .....	75
5.2.3	Cambio de Herramientas.....	77
5.2.4	Arranques.....	78
5.2.5	Paros Menores .....	78
5.2.6	Pérdidas de velocidad .....	79
5.2.7	Desechos y Retrabajos .....	80
5.3	Toma de Tiempos.....	81
5.4	Conocimiento de los índices de las 7 pérdidas.....	83
5.5	Determinación de las Pérdidas de Producción .....	84
5.6	Determinación de Causas de Paros Menores .....	85
5.6.1	Moldes y Placa .....	85
5.6.2	Robots.....	85
5.6.3	Pegado.....	85
5.6.4	Máquina.....	86
5.6.5	Materiales.....	86
5.6.6	Otras Causas.....	86
6	Propuestas .....	94
6.1	Motivación a los Operarios .....	95
6.2	Personal Especializado.....	99
6.3	5 S's en las Estaciones de Trabajo.....	102
6.4	Formatos de Limpieza y Lubricación .....	105
6.5	Distribución de Actividades en el Evento de Manos a la Obra.....	106
6.6	Lay-Out de Fugas .....	108
6.7	Formato de Evaluación de 5 S's.....	115
6.8	Plan de Mantenimiento Autónomo.....	115

6.8.1 Actividades .....	117
6.9 Cálculo de la Eficiencia Global del Equipo por Turnos y por Día .....	122
6.10 Control de Insumos para Producir .....	123
7 Conclusiones y Recomendaciones.....	126
7.1 Conclusiones .....	127
7.2 Recomendaciones .....	128
Fuentes de Consulta .....	129

## Lista de Figuras

<b>Figura 2.1</b> Ubicación de la Planta.....	10
<b>Figura 2.2</b> Lay-out de Corazones .....	23
<b>Figura 2.3</b> Descripción del Proceso de Corazones.....	26
<b>Figura 3.1</b> Pilares del Mantenimiento Productivo Total .....	33
<b>Figura 3.2</b> Proceso de Detección de Anomalías.....	46
<b>Figura 3.3</b> Proceso de Implementación del Mantenimiento Autónomo.....	54
<b>Figura 4.1</b> Metodología para el Proyecto.....	62
<b>Figura 4.2</b> Formato OEE.....	64
<b>Figura 4.3</b> Eficiencia del Proceso .....	66
<b>Figura 4.4</b> Formato para Diagrama de Ishikawa.....	67
<b>Figura 5.1</b> Factor de Disponibilidad .....	70
<b>Figura 5.2</b> Factor de Desempeño .....	71
<b>Figura 5.3</b> Factor de Calidad .....	72
<b>Figura 5.4</b> Eficiencia del Proceso .....	74
<b>Figura 5.5</b> Interrupciones por Mantenimiento .....	75
<b>Figura 5.6</b> Cambio de Modelo y Ajustes .....	76
<b>Figura 5.7</b> Cambios de Herramientas.....	77
<b>Figura 5.8</b> Arranques.....	78
<b>Figura 5.9</b> Paros Menores .....	79
<b>Figura 5.10</b> Pérdidas de Velocidad.....	80
<b>Figura 5.11</b> Desechos .....	81
<b>Figura 5.12</b> Índices de las 7 pérdidas.....	84
<b>Figura 5.13</b> Paros menores de área .....	87
<b>Figura 5.14</b> Análisis de paros por moldes y placa .....	88
<b>Figura 5.15</b> Análisis de paros de robots .....	89

<b>Figura 5.16</b>	Análisis de paros del sistema de pegado .....	90
<b>Figura 5.17</b>	Análisis de paros de las máquinas .....	91
<b>Figura 5.18</b>	Análisis de paros por materiales.....	92
<b>Figura 5.19</b>	Análisis de paros por otras cuestiones .....	93
<b>Figura 6.1</b>	Pasos para la Implementación del Mantenimiento Autónomo .....	95
<b>Figura 6.2</b>	Registro de Asistencia a las Pláticas.....	97
<b>Figura 6.3</b>	Tarjetas TPM.....	98
<b>Figura 6.4</b>	Registro de Asistencia de Manos a la Obra .....	99
<b>Figura 6.5</b>	Formato de Limpieza y Lubricación de Máquinas Hottinger 1 y 2 .....	106
<b>Figura 6.6</b>	Actividades de Mantenimiento en Máquinas Hottinger 1-2 Caja Fria ....	109
<b>Figura 6.7</b>	Actividades de Mantenimiento Autónomo para el Clasificador de Arenas.....	110
<b>Figura 6.8</b>	Actividades de Mantenimiento Autónomo para el Sistema Webac .....	111
<b>Figura 6.9</b>	Actividades de Mantenimiento Autónomo para las Máquinas Hottinger y Transfer.....	112
<b>Figura 6.10</b>	Actividades de Mantenimiento Autónomo para las Mesas Giratorias..	113
<b>Figura 6.11</b>	Lay-Out de Fugas.....	114
<b>Figura 6.12</b>	Evaluación Autónoma de 5 S's.....	116
<b>Figura 6.13</b>	Distribución de Actividades de Mantenimiento Autónomo para el Mezclador Luber.....	118
<b>Figura 6.14</b>	Distribución de Actividades de Mantenimiento Autónomo para los Robots.....	119
<b>Figura 6.15</b>	Distribución de Actividades de Mantenimiento Autónomo para las Máquinas Hottinger 1- 2 .....	121
<b>Figura 6.16</b>	Producción real.....	122
<b>Figura 6.17</b>	Minutos de paro por Hora.....	123
<b>Figura 6.18</b>	Desecho por hora .....	124
<b>Figura 6.19</b>	Eficiencia por Turno y por Día .....	124
<b>Figura 6.20</b>	Insumos para Producir Corazones R5.....	125

## Lista de Tablas

<b>Tabla 4.1</b> Tiempos de Paro.....	65
<b>Tabla 4.2</b> Registro de Pérdidas.....	67
<b>Tabla 5.1</b> Tiempos de Paro.....	82
<b>Tabla 5.2</b> Producción Perdida.....	84

## **Introducción**

El Mantenimiento Autónomo representa una forma de ahorro para las grandes empresas, implementarla correctamente y con la participación de todos los empleados genera una cultura de mejora tanto en los equipos como en el desempeño de los operarios.

El trabajo tiene como propósito implementar el mantenimiento autónomo en la línea de Corazones para Cabezas de Motor R5, bajo el objetivo de Incrementar la Efectividad Global de los Equipos (de las siglas en inglés OEE), en el proceso de fabricación de corazones.

Para el cumplimiento de los objetivos planteados, el informe se estructura de la siguiente manera: En el capítulo 1 se plantean los antecedentes, planteamiento del problema, objetivos y justificación, de igual manera las limitaciones del proyecto; así como su impacto.

En el capítulo 2 se describe al Grupo Volkswagen, la misión de la empresa, la historia, directivos, productos que vende la empresa y los que se elaboran en la Nave 10 de Fundición, específicamente en el área de corazones; también se describe el proceso de elaboración de Corazones para Cabezas de Motor R5.

En el Capítulo 3 se presentan los fundamentos teóricos acerca del Mantenimiento Productivo Total, los pilares y las etapas de implementación.

Se aborda de manera específica el Mantenimiento Autónomo con sus respectivos niveles de implementación, se describen las Seis Grandes Pérdidas relacionándolas con la Eficiencia Global del Equipo.

En el Capítulo 4 se describe la metodología contemplada en el proyecto con las herramientas para el análisis de los datos y búsqueda de causas de paros menores.

El capítulo 5 se centra en los resultados de aplicar la metodología y el análisis de los factores que determinan la Efectividad Global de los Equipos, se indagan las tendencias de éstos y también de las pérdidas del área, con el análisis se buscan las causas de los paros menores en la línea.

El capítulo 6 presenta las mejoras propuestas para el área, éstas tiene como finalidad atacar las pérdidas del área, las mejoras incluyen la motivación del personal, capacitación, aplicación de las 5 S's y un Plan de Mantenimiento Autónomo con distribución de actividades por operario.

Finalmente, en el capítulo 7 se encuentran las conclusiones y recomendaciones que son convenientes llevar a cabo para reducir las pérdidas del área.

## **Capítulo 1**

# **Caracterización del Proyecto**

## 1.1 Antecedentes

Volkswagen de México es una empresa líder en la fabricación de automóviles y autopartes a nivel mundial, por lo que es primordial tener los equipos disponibles en tiempo y forma para llevar a cabo los planes de producción.

En el área de corazones constantemente se tienen paros menores que al finalizar el mes impactan de manera significativa el Eficiencia Global de los Equipos (OEE) del proceso de caja fría.

Es muy común que durante los tres turnos el facilitador reporte un paro por falla en la cortina de los racks, un molde no ajustado, una falla en el mezclador o simplemente la limpieza de toberas.

En el plan de mantenimiento autónomo se tiene contemplado que el operario debe que conocer su máquina para que con el tiempo pueda de alguna manera predecir una avería o evitar que esta ocurra lo antes posible, de esta manera los operarios tienen que participar en actividades de limpieza, apriete de tornillería y lubricación de sus equipos, entre otros.

Actualmente las actividades de mantenimiento autónomo se realizan de manera esporádica y no con la frecuencia necesaria, debido al incremento en la demanda de cabezas de motor R5.

La línea debe operar de manera ininterrumpida dando lugar a semanas completas sin tiempo para apretar tornillos, lubricar las partes de las máquinas e incluso sin limpiar adecuadamente, esta situación ha provocado que durante las jornadas de trabajo ocurran paros por averías al no haber detectado un problema a tiempo. Lo que tiene como consecuencia paros en la línea para reparar las máquinas.

En algunas semanas sólo es posible limpiar superficialmente las máquinas y sus alrededores, en otras ocasiones deben de limpiarse porque la acumulación de suciedad ya es muy grande.

En ocasiones es posible que el personal de la línea de corazones para cabezas de motor R4 apoye en las actividades de limpieza y justes de las máquinas de corazones para cabezas R5, cuando es posible que el personal para R4 apoye a la línea de R5 la limpieza se realiza en menos tiempo y la producción inicia más rápido.

El tiempo destinado para llevar a cabo actividades de mantenimiento autónomo resulta menor que el tiempo que se lleva en proporcionar mantenimiento correctivo.

## **1.2 Definición del Problema**

Actualmente se tienen numerosos paros menores en las máquinas Hottinger 1 y 2 de Caja Fría que disminuyen la velocidad de producción y el número de corazones fabricados durante el día.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Incrementar el OEE: Overall Equipment Efficiency (Efectividad Global del Equipo); en el proceso de fabricación de corazones para cabezas R5 en la Nave 10 de Volkswagen de México, aplicando Mantenimiento Autónomo.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Disminuir paros menores en el proceso de Caja Fría
- Mejorar la disponibilidad de las máquinas
- Mejorar la cultura laboral y el trabajo en equipo

## **1.4 Justificación**

El Mantenimiento Autónomo representa una herramienta para el mejoramiento, debido a que transforma la cultura, las creencias y las formas de actuar del personal de la empresa.

Cuando se aplica correctamente el mantenimiento autónomo el tiempo que están inactivos los equipos es menor que el tiempo inactivo a causa del mantenimiento correctivo.

Permite llevar a cabo un proceso de aprendizaje donde cada operario participa de tal manera que conoce y explora las áreas que tiene a su cargo, observa y analiza el proceso productivo.

Además, permite actuar de tal forma que el operario se vuelve un experto a la hora de determinar cómo está operando la máquina y si se requiere de algún ajuste antes de que ocurra una avería.

## **1.5 Delimitación**

El proyecto se lleva a cabo de julio de 2011 a enero de 2012 en nave 10 Fundición en el área de Corazones en Volkswagen de México.

Para el desarrollo del proyecto se observan las siguientes limitaciones:

- Tiempo disponible en el semestre para llevar a cabo el proyecto
- Disponibilidad de información
- Disponibilidad de tiempo de los jefes del área

## **1.6 Impactos**

### **Social**

Un mejor ambiente laboral entre operarios al no haber paros durante el turno.

### **Económico**

Menos pérdidas económicas al disminuir los paros menores y continuar con la producción y cumplir las metas.

### **Ambiental**

Menor cantidad de desechos debido a que las máquinas estarán en su estado ideal.

**Capítulo 2**

**Descripción del Sistema**

## **2.1 Grupo Volkswagen**

El Grupo Volkswagen, con sus oficinas centrales en Wolfsburg, Alemania, es uno de los productores automotrices líderes en todo el mundo, y el más grande en Europa. El Grupo Volkswagen está compuesto por las marcas: Volkswagen, Audi, SEAT, Skoda, Volkswagen Vehículos Comerciales, Bentley, Bugatti, Lamborghini y Scania.

El Grupo Volkswagen opera 60 plantas de producción en 15 países de Europa y en otros seis de América, Asia y África. Cada día, cerca de 370 mil trabajadores alrededor del mundo participan en la producción, o están involucrados en la prestación de algún servicio relacionado, de aproximadamente 26 mil vehículos. El Grupo Volkswagen comercializa sus vehículos en 153 países.

Volkswagen de México comercializa en México además de vehículos marca Volkswagen, los vehículos de las marcas SEAT, Audi, Bentley y Porsche.

La Marca Volkswagen está presente en todo México con 168 concesionarios, SEAT con 47, Audi con 28, Porsche con 7 concesionarios y Bentley con uno.

El volumen de ventas del Grupo Volkswagen en México durante 2009 fue de 118.000 vehículos, con lo que el país se coloca como el noveno mercado más grande para el consorcio a nivel mundial.

## **2.2 Volkswagen de México**

Volkswagen de México es una empresa filial del Grupo Volkswagen. Su actividad principal es la producción, exportación e importación y venta de

automóviles, motores, componentes y refacciones, tanto en el mercado mexicano como en los de exportación.

### 2.2.1 Ubicación

Se localiza en el Estado de Puebla, sobre la Autopista México-Puebla, en km 116 San Lorenzo Almecatla, Cuautlancingo, Puebla, C.P. 72700. En la **figura 2.1** se presenta la ubicación de la planta.



**Figura 2.1** Ubicación de la Planta  
(Fuente: Google Mapas)

### 2.2.2 Misión

Volkswagen de México quiere entusiasmar a sus clientes en todo el mundo con productos y servicios de excelencia, con el objetivo de obtener resultados sobresalientes.

### **2.2.3 Visión**

- Nuestra fabricación de vehículos y componentes es la mejor del Grupo Volkswagen.
- Somos líderes en México en la oferta de soluciones integrales de movilidad.
- Somos líderes a nivel mundial en satisfacción del cliente con base en precios competitivos, excelente calidad y confiabilidad en la entrega.
- Somos capaces de generar éxito y utilidades de manera sustentable.
- Somos atractivos como empleador y como socio comercial

### **2.2.4 Planta**

La planta y las oficinas centrales de Volkswagen de México se encuentran Puebla, Capital del estado del mismo nombre, localizada 120 Km. al suroeste de la Ciudad de México. La superficie de la planta es de 300 has, de éstas la superficie construida es de 550,000 m<sup>2</sup>, aproximadamente.

### **2.2.5 Producción**

La planta de Volkswagen en Puebla es la más grande de México. En ella se llevan a cabo todos los procesos de fabricación de un automóvil incluyendo el estampado de la lámina, la producción y montaje del Motor, los ejes y catalizadores. La capacidad de producción es a partir de mediados de 2010 de 2 mil 100 vehículos por día.

En 2008 la planta produjo 450 mil vehículos, con lo que impuso un récord de producción. En 2009 se produjeron 320 mil vehículos, de éstos más del 80% fueron destinados a la exportación.

En Volkswagen de México se producen 5 modelos en exclusiva para los mercados internacionales. El New Beetle, en sus dos versiones, sedán y convertible, fue en 1997 el primer vehículo que se comenzó a producir en México para los mercados mundiales.

Se continúa produciendo en Puebla el Jetta A4 para el mercado latinoamericano. El modelo que más se produce es el Bora/Jetta A5, y de igual manera se exporta a todo el mundo.

Desde 2007 se produce aquí también el Golf Variant, que es exportado principalmente a Europa.

#### **2.2.6 Personal**

Volkswagen de México es uno de los empleadores más grandes de la Industria Mexicana. Actualmente laboran más de 12,800 personas en esta empresa, del total 9.200 son técnicos de producción. El porcentaje de mujeres que laboran en la empresa es del 7% y menos del 1% son extranjeros.

#### **2.2.7 Dirección**

- Andreas Hinrichs: Presidente del Consejo Ejecutivo de Volkswagen de México.
- Alfons Dintner: Vicepresidente Ejecutivo de Producción y Logística
- Dieter Neuhaeusser: Vicepresidente Ejecutivo de Recursos Humanos
- Björn Ehlbeck: Vicepresidente Ejecutivo de Finanzas y Organización
- Hans-Heiner Tüting: Vicepresidente Ejecutivo de Marketing, Ventas y Servicio

### **2.2.8 Proveedores**

La importancia económica de Volkswagen para los estados de Puebla y Tlaxcala no reside únicamente en la planta misma, sin también en los más de 50 proveedores de auto partes que se encuentran en un radio de 50 Km. de la planta. 20 de los más importantes se ubican en los parques industriales alrededor de la planta para suministrar los componentes bajo el esquema JIT (Justo a Tiempo) a las líneas de montaje.

El total de proveedores de Volkswagen in México es de aproximadamente 210. Cerca del 50% del volumen de compra de Volkswagen de México durante 2009 corresponde a estos proveedores.

### **2.2.9 Historia**

La historia de Volkswagen en México comenzó en 1954 con la importación de las primeras unidades del Sedán. La Empresa Volkswagen de México se constituyó en 1964 como una filial de Volkswagen AG 1964. El 23 de Marzo de 1967 salió de la línea de producción de la Planta de Puebla el primer Sedán. Para el final de 2009 se habían producido y entregado en esta planta 7.9 millones de vehículos.

1954-1960

En marzo de 1954 llegan a México los primeros modelos Volkswagen, con motivo de la exposición "Alemania y su industria" que se celebró en las instalaciones de Ciudad Universitaria, en la Ciudad de México.

1960-1970

En enero de 1964 se constituye la empresa "Volkswagen de México".

En junio de 1965 comienzan los trabajos de construcción de la Planta de Volkswagen de México, en Puebla. En octubre de 1967 se produce el primer Volkswagen Sedan en la Planta de Puebla.

#### 1970 – 1980

En noviembre de 1970 comienza la producción del modelo Safari; en octubre del mismo año, arrancó también la producción de la Combi.

En marzo de 1973 se lleva a cabo la primera exportación de vehículos fabricados en México a los Estados Unidos, se trató de 50 unidades del modelo Safari.

En 1974 arrancó la producción de la Brasilia, mientras que en 1977 Volkswagen de México inició la producción del modelo Caribe.

#### 1980-1990

En septiembre de 1980 se produce el Volkswagen Sedan 1, 000,000. En abril de 1981 Volkswagen de México inicia la fabricación de motores enfriados por agua y del modelo Atlantic.

En diciembre de 1984 inicia la producción del Corsar. En octubre de 1988 comienza la producción del Golf para los mercados de Estados Unidos y Canadá.

#### 1990-2000

En el primer semestre de 1995 inicia la producción de dos modelos: el Golf convertible y el Derby.

En el segundo semestre de 1997 inicia la producción del New Beetle, de la cuarta generación del modelo Jetta, también se suma la marca Audi a la presencia del Grupo Volkswagen en el mercado mexicano.

2000- a la fecha

En el año 2000 Volkswagen de México estableció un récord de producción. La Planta de Puebla reportó una fabricación de 425,703 unidades de los modelos Jetta, New Beetle, Golf Cabrio y Sedan.

En el 2001, Volkswagen de México celebró la producción del vehículo 5 millones. La marca SEAT se suma a la presencia del Grupo Volkswagen en el mercado mexicano. En el 2002 inicia la producción del New Beetle Cabriolet.

A casi cuatro décadas de producción ininterrumpida, en julio de 2003 termina la fabricación mundial del Sedan; Volkswagen de México era la única planta que lo producía. Desde 1946, la producción del Vocho sumó un total de 21, 529,464 unidades. En el 2004 inicia la producción del modelo Bora/Jetta A5.

Durante el primer semestre del 2007 se llevan a cabo las fases de preserie y arranque de producción del Variant, la versión vagoneta del modelo Bora.

En enero de 2008, Volkswagen de México celebra 10 años del lanzamiento del Beetle a los mercados mundiales; un millón de autos de este modelo producidos y Siete millones de vehículos fabricados por Volkswagen en México. Al cierre del mismo año, Volkswagen de México estableció un nuevo récord de producción histórico, al fabricar 450 mil 802 unidades.

En julio de 2009 Volkswagen de México ratificó la inversión de 1 mil millones de dólares, para un proyecto que incluyó el desarrollo de un nuevo modelo y la ampliación de su planta con la construcción del nuevo Segmento Poniente.

En julio de 2010 se lleva a cabo la inauguración del Segmento Poniente de Volkswagen de México, en el que se produce, en exclusiva para todo el mundo, la sexta generación del Jetta. Con motivo de las celebraciones por el Bicentenario de la Independencia de México, Volkswagen presenta el Nuevo Jetta, Edición Especial Bicentenario.

#### **2.2.10 Responsabilidad Social Corporativa**

Volkswagen de México realiza una importante contribución a la economía de la región generando empleos y un alto volumen de exportación. Además, Volkswagen otorga su apoyo a causas sociales de relevancia en México.

En los últimos 8 años, empleados y empresa han hecho donaciones por más de 1.5 millones de dólares a proyectos de asistencia social para los niños necesitados de Puebla. En 2005 Volkswagen de México creó el Premio a la investigación y conservación de la biodiversidad en México, dotado con 100 mil dólares por año.

Desde marzo del 2008 la empresa inició un proyecto de reforestación de largo plazo en el parque nacional Izta-Popo, con el objetivo de alimentar los mantos acuíferos del valle de Puebla.

## **2.2.11 Certificaciones**

### **2.2.11.1 Sistema de Gestión**

Volkswagen de México, buscando tanto un desarrollo sustentable en todas sus actividades como el mejoramiento continuo, ha enfocado sus esfuerzos para la implementación de un Sistema de Gestión:

- De la Calidad que incremente el grado de confiabilidad de los productos y servicios ante los clientes;
- Ambiental enfocado asegurar el equilibrio entre sus actividades productivas, productos y la naturaleza,
- De Seguridad y Salud Laboral para que el personal labore en un ambiente confortable, eficiente y seguro, cumpliendo para estos sistemas con requisitos nacionales, internacionales y los establecidos por el Grupo Volkswagen.

### **2.2.11.2 Calidad**

Con el objetivo de contar con un mecanismo que le permita garantizar la excelencia de los procesos y productos, Volkswagen de México cuenta con un sistema integral de gestión de la calidad desde 1994, éste fue re-certificado bajo la norma ISO 9001:2008 y VDA 6.1 en la segunda semana de febrero del presente año por el organismo internacional Global Cert.

El resultado fue positivo para mantener la certificación en estas normas, logrando así asegurar con esta base la obtención del Permiso de Venta de sus productos según los requerimientos específicos de sus principales mercados; este

tipo de certificaciones deben ser renovadas cada tres años tal y como lo ha hecho la empresa desde 1994.

#### 2.2.11.3 Ambiental

En Volkswagen están conscientes que las actividades, productos y servicios interactúan con el ambiente. Por ello se han comprometido a implementar medidas de prevención de la contaminación, reducción y mitigación de los impactos ambientales a los mismos.

#### 2.2.11.4 Certificado Industria Limpia

El gobierno Mexicano, por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), ha desarrollado el Programa Voluntario de Auditorías Ambientales como apoyo, estímulo y reconocimiento para todas las organizaciones que de manera voluntaria se someten a un esquema de revisión y convienen con la autoridad un plan de acción.

En el año de 1998, VWM obtuvo por primera vez la Certificación como Industria Limpia, sobre ésta se han obtenido a la fecha ya, cuatro recertificaciones más.

#### **Certificado ISO 14001**

La serie de estándares internacionales ISO 14000, especifican los requerimientos de un Sistema de Gestión Ambiental y fueron diseñados para ser aplicables a todo tipo y tamaño de empresas.

#### 2.2.11.5 Seguridad y Salud en el Trabajo

Volkswagen de México se preocupa por realizar sus procesos de manera que puedan asegurar la integridad física y la salud de su personal también de proteger sus instalaciones. Es por ello que Volkswagen decidió firmar el Programa de Autogestión que ofrece la STPS y que ofrece a futuro una certificación como Planta Segura, este programa se basa en los requisitos de la norma OHSAS 18001.

#### 2.2.11.6 Programa de Autogestión STPS

Una cultura prevencionista en la conducción de las empresas constituye el mecanismo fundamental para evitar pérdidas en la salud de los trabajadores y los costos elevados que merman la productividad de éstas.

La autogestión en esta área específica va dirigida a formar esta cultura, considerando que en las acciones preventivas tienen rango hasta el operario en el proceso laboral, inclusive los que desarrollan actividades de apoyo.

En este mismo concepto, se requiere tener una actitud proactiva detectando las situaciones de riesgo, realizando su evaluación y al plantear su solución, asignar tareas específicas de acuerdo a las responsabilidades de cada uno de los trabajadores.

Las Certificaciones que maneja el Programa son:

- 1° Etapa por Gestión y Cumplimiento
- 2° Etapa por Mejoramiento Continuo y
- 3° Etapa por Reconocimiento por Administración de Seguridad y Salud en el proceso laboral, inclusive los que desarrollan actividades de apoyo.

En Mayo del 2005 Volkswagen de México logró el Certificado por la Segunda Etapa del Programa de Autogestión por el Mejoramiento Continuo y se está en el proceso de la certificación de la tercera etapa.

## **2.3 Productos**

- The Beatle
- CC
- Clásico
- Cross Fox
- Gol
- Gol Sedán
- Golf SW
- Golf GTI
- Jetta
- Nuevo Jetta GLI
- Nuevo Passat
- Protect
- Routan
- Nuevo Tiguan
- Touareg
- Amarok
- Crafter
- Saviero
- Transporter

### **2.3.1 Productos fabricados en Nave 10 Fundición**

- Cabeza de Motor de 4 Cilindros

- Cabeza de Motor de 5 Cilindros
- Bastidor
- Consola
- Mangueta

## **2.3.2 Productos elaborados en el área de corazones**

### 2.3.2.1 Corazones para Cabeza de Cilindro R5:

- Ensamble (Exterior + Camisa de Aceite)
- Codos de Admisión y Escape
- Camisa de Agua

### 2.3.2.2 Corazones para Cabezas R4

#### a) Modelo 06AJ

- Exterior
- Interior
- Camisa de Agua
- Codos Admisión y Escape

#### b) Modelo BT

- Exterior
- Camisa de Agua
- Codos Admisión y Escape

### 2.3.2.3 Corazones para Mangueta

- a) Modelo R
- b) Modelo AG
- c) Modelo S

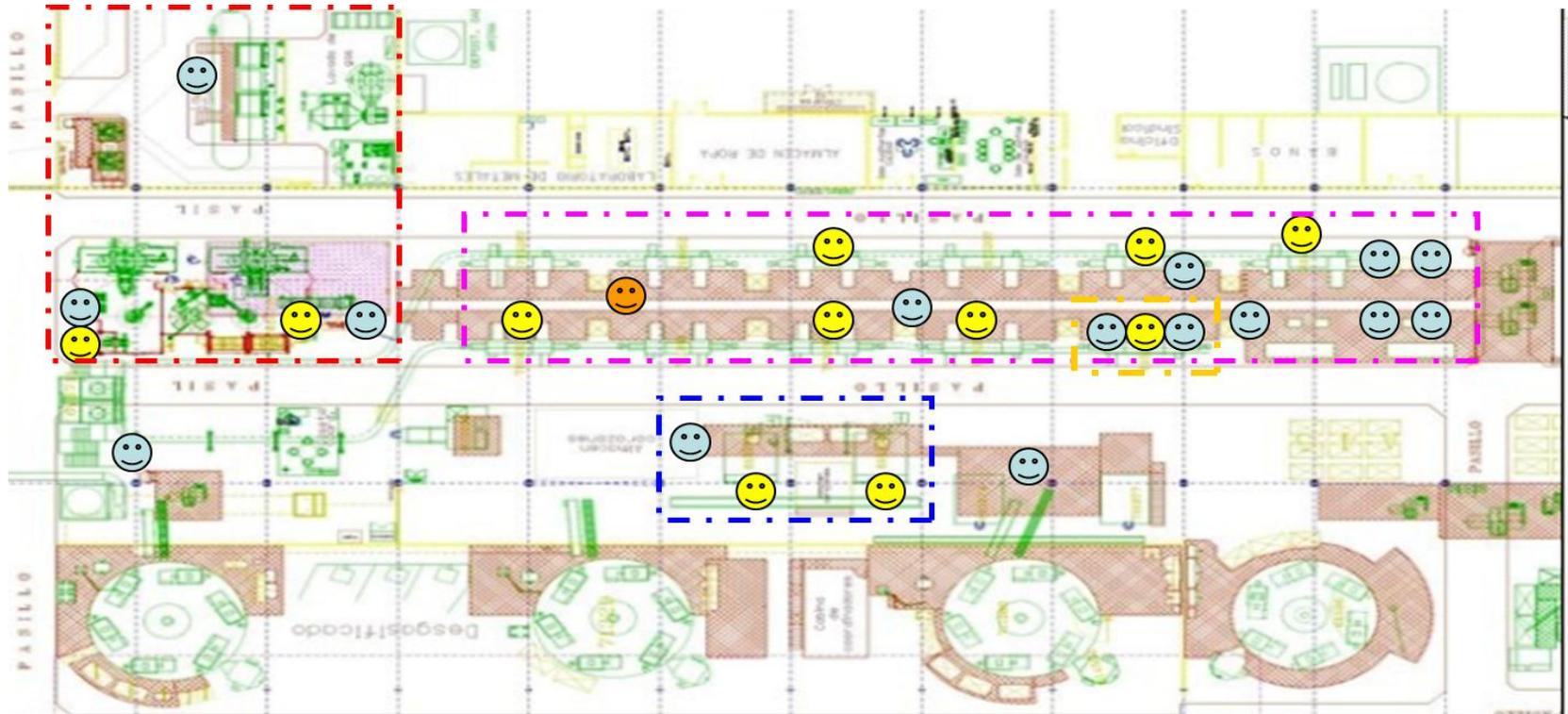
### 2.3.2.4 Corazones para Cabezas de Cilindro Turbo

- Ensamble (Exterior + Camisa de Aceite)
- Codos de Admisión y Escape
- Camisa de Agua

Los corazones para R5 y Turbo se elaboran en las Máquinas Hottinger 1 y 2 de Caja Fría, con excepción de las Camisas de Agua que se elaboran en la máquina 1 de Caja Caliente.

## 2.4 Lay-out del Área de Corazones

El Lay-out del área de Corazones se muestra en la **Figura 2.2**.



Fabricación de corazones  
caja fría

Fabricación de Corazones Caja Caliente

Fabricación de Corazones Shell

Fabricación de Corazones  
para Mangueta

**Figura 2.2** Lay-out de Corazones  
(Fuente: Volkswagen de México Fundación Área de Corazones)

## 2.5 Proceso de Fabricación de Corazones

El operario verifica visualmente que la máquina no se encuentre en reparación eléctrica o mecánica y las puertas de protección deben estar cerradas.

Verifica el estado inicial de la máquina y enciende el lavador de gases (Scrubber) antes de empezar a gasear en las máquinas.

El Facilitador hace el conteo del stock de corazones y se produce en el primer turno Juegos de Codos Admisión y Escape, en el segundo y tercer turno Ensamble R5, verificar que los depósitos de arena, resina, amina y pegamento no se encuentren en niveles mínimos.

Checar la posición inicial del robot 1 y 2 antes de iniciar cualquier movimiento, y que todas las operaciones se encuentren en manual según sea el caso.

Verifica los parámetros de arranque del gasificador, estos deben estar tal y como se menciona en la hoja de parámetros del proceso y registrar mezclador / pegamento en formato de pegamento.

Antes de iniciar la producción el operario debe seleccionar en el display la receta adecuada según la producción planeada (camisa de aceite, exterior o codos de admisión y escape).

Ya que se ha revisado el estado general de la máquina, procede la producción de corazones en forma automática.

El Facilitador pulsa el botón de arranque de ambas máquinas para iniciar el ciclo.

Ya que se tienen los corazones, los robots los toman. El robot 1 toma el exterior, pasa el corazón por el rebabeador de cadenas y lo deja en la mesa de pegado. El robot 2 toma las camisas las pone en la mesa giratoria, ahí el operario oprime el botón, la mesa gira las revisa, rebabea y las pinta del lado admisión, las coloca de nuevo en la mesa y oprime el botón para que gire la mesa el robot 2 las toma y las lleva a pegar con el exterior.

Para el caso de codos el robot 2 los toma y los deja en la mesa, el operario oprime el botón la mesa gira revisa los corazones, los rebabea, los pinta y los deja en los racks. Para el robot 1 toma los corazones de la máquina y los deja sobre la banda transportadora ahí el operario los revisa, rebabea, pinta y coloca en los racks.

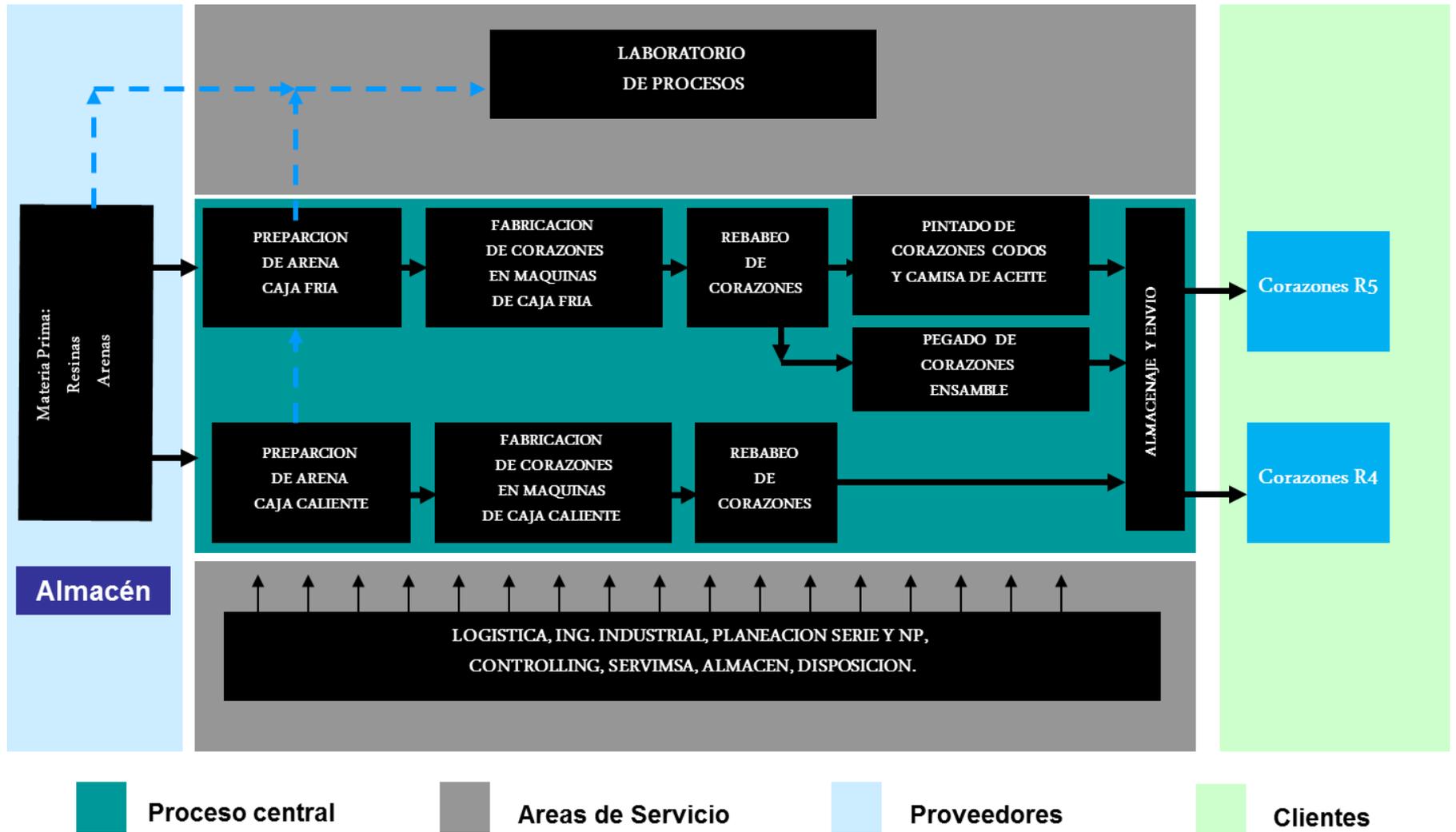
Una vez lleno el rack el operario debe liberar el material asegurando visualmente que no lleve rebabas, se sopletea el material y se coloca la hoja de material liberado OK.

Si se Produjo ensambles, el Facilitador marca con gis el ensamble para indicar que fue revisado.

Para pintar los corazones se utiliza grafito suministrado por el laboratorio de proceso.

Durante el turno se debe tomar una muestra de los corazones que se estén produciendo al azar y se llevan al laboratorio de proceso para que realicen las pruebas físicas.

La descripción del proceso de Corazones se muestra en la **Figura 2.3**.



**Figura 2.3** Descripción del Proceso de Corazones  
 (Fuente: Volkswagen de México Fundición Área de Corazones)

## 2.6 Descripción del Equipo

El proceso de fabricación de Corazones para Cabezas de Motor R5 cuenta con 2 máquinas que fabrican los corazones, el mezclador de arenas y resina, el sistema de pegado y 2 robots que toman las piezas.

Las máquinas de corazones cuentan con una campana de inyección por donde entra la arena mezclada con resinas, de esta manera es inyectada a través de las toberas de inyección a los moldes para formar los corazones.

Los corazones salen del molde a través de la placa de expulsores. Los moldes entran y salen de la máquina a través del carro que mueve los moldes.

La célula cuenta con la máquina de pegado de corazones para formar el ensamble R5. Este equipo cuenta con boquillas de pegado, manguera por donde viaja el pegamento y la caja que mantiene caliente el pegamento.

Una vez fabricados los corazones, estos se transportan a las mesas de rebabeo mediante brazos robóticos que cuentan con grippers especiales para que sostengan los corazones sin apretarlos demasiado o soltarlos a la hora de moverlos.

Para realizar las recetas de fabricación de corazones se usa el mezclador, donde se adicionan las cantidades de Resina 1 y Resina 2 y las arenas para los corazones. Este equipo cuenta con la tolva de mezclado y las aspas del mezclador.

**Capítulo 3**  
**Fundamentos**

### **3.1 Mantenimiento Productivo Total**

Hoy en día las grandes empresas elaboran e implementan sistemas de mantenimiento que permitan evitar grandes paros de producción, reduciendo de esta manera el número de averías en los equipos, buscando siempre mantenerlos en el estado ideal.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) nació en el seno de JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) como resultado de la evolución de los sistemas de gestión del mantenimiento.

El TPM incluye la adaptación del Mantenimiento Preventivo americano hacia el entorno industrial de Japón. Cuatrecasas y Torrell (2010:28) mencionan que éste estaba basado en la separación de actividades donde cada operario es responsable de cuidar tanto su equipo como su estación de trabajo.

Antes de los años cincuenta el mantenimiento que se aplicaba era el de Reparación o Correctivo, consistente en reparar el equipo cuando ocurre una avería.

El Mantenimiento Preventivo fue introducido en Japón en 1951 basándose en los modelos de Estados Unidos por parte de Toanenryo Kogyo. De esta manera se establecieron las funciones para detectar y/o prever fallos antes de que estos sucedan.

En los años setenta se desarrolló e implementó el Mantenimiento Productivo, éste incluía un plan para cuidar la vida útil del equipo atendiendo la fiabilidad y la mantenibilidad.

El TPM se implementa a partir de los años setenta en Japón. Incluye los conceptos anteriores e incorpora el Mantenimiento Autónomo, la participación activa

del capital humano hasta llegar a la filosofía del Mantenimiento Productivo Total adaptando el concepto de Mejoramiento Continuo.

Finalmente se integra la Prevención del Mantenimiento en la etapa de diseño y desarrollo de equipo para reducir al máximo las necesidades de mantenimiento cuando el equipo esté en operación.

### **3.1.1 Concepto**

La definición inicial establecida por el JIPM mencionada por Álvarez Laverde (2007:1 y 2) fue la siguiente:

El TPM se orienta a maximizar la eficacia de las máquinas (mejoramiento de la eficiencia global) estableciendo un sistema de alcance amplio que cubre la vida entera del equipo, involucrando todas las áreas relacionadas con el equipo (planificación, producción, mantenimiento, etc.), contando con la participación de todos los empleados desde la alta dirección hasta los operarios para promover el mantenimiento productivo a través de la gestión de la motivación o actividades de pequeños grupos voluntarios.

Para Nakajima (1988), mencionado por Álvarez Laverde (2007:2 y 3) la palabra total en Mantenimiento Productivo Total tiene tres significados:

1. Efectividad total: Indica que el Mantenimiento Productivo Total busca la rentabilidad además de los beneficios económicos que incluye la productividad, costo, entregas, ambiente de seguridad, salud y calidad de vida en el trabajo.
2. Mantenimiento total: Incluye la prevención del mantenimiento y el mejoramiento de la mantenibilidad en la fase de diseño del equipo.

3. Participación total: La participación de todos los empleados a través de actividades en pequeños equipos de trabajadores.

Dounce (2006) afirma que el Mantenimiento Productivo Total es un sistema de administración diseñado para facilitar el desarrollo de la industria. Se apoya en la participación de todo el personal que conforma la empresa, incluyendo a los proveedores.

Wireman (2004:1) define al Mantenimiento Productivo Total una técnica de fabricación avanzada que se centra en la maximización de la eficacia general de los equipos de cualquier activo utilizado en la producción de bienes o servicios.

Rey Sacristán (2001:59) define al Mantenimiento Total como el conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones incluyendo organización que conforman un proceso básico o línea de producción logran desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la aplicación del mejoramiento continuo.

Con base en estas fuentes se define el Mantenimiento Productivo Total como un sistema que permite cuidar los equipos de producción manteniéndolos en su estado ideal a través del mejoramiento continuo.

### **3.1.2 Objetivos del Mantenimiento Productivo Total**

Para Rey Sacristán 2 (2001:444) el Mantenimiento Productivo Total tiene como finalidad mantener los estándares de buen funcionamiento, además de buscar el incremento de los mismos con el fin de optimizar el comportamiento de un proceso a través de la participación de todos los miembros con sus respectivas funciones en la empresa, sobre todo las que están relacionadas con los procesos productivos.

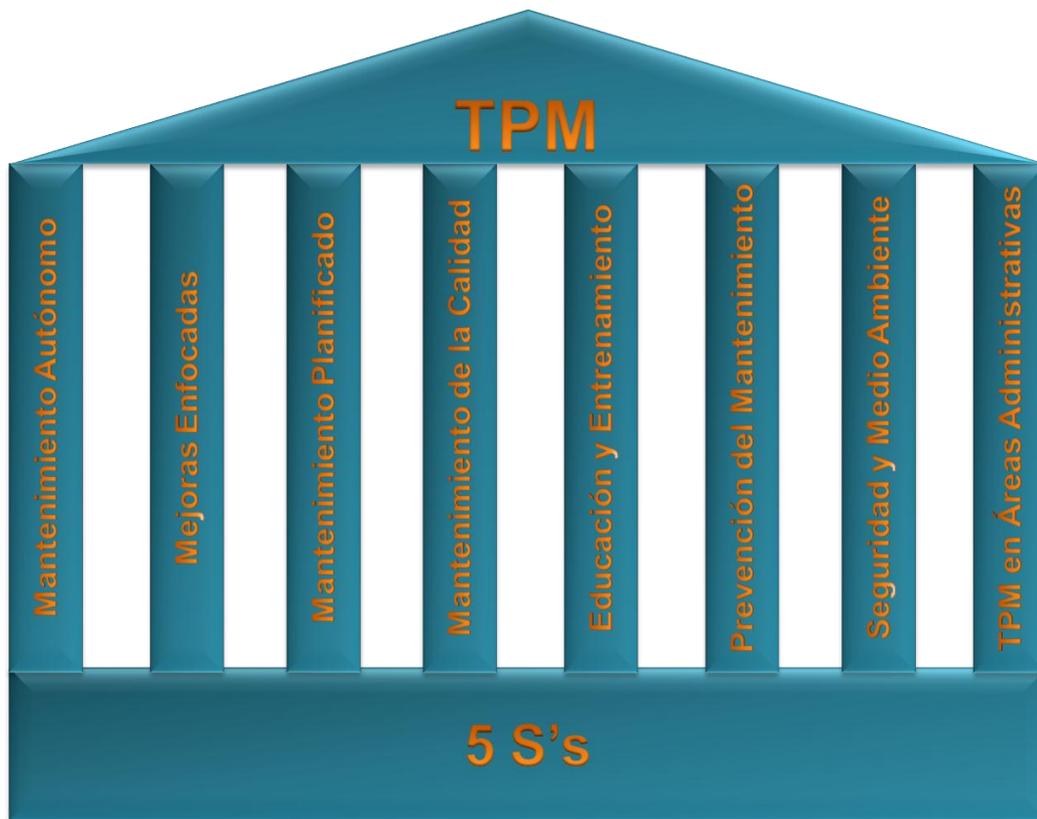
Creus Solé (2005:112) menciona que el objetivo principal es eliminar totalmente las pérdidas de producción, anulando las averías, los defectos en las piezas y los accidentes, mejorando la efectividad del equipo, reduciendo los costos e incrementando la productividad.

Con el TPM se busca:

- Cero defectos de calidad.
- Cero paros por fallas en operación.
- Cero perdidas por fallas de seguridad.
- Costos de producción más bajos al igual que de mantenimiento.
- Ahorro de energía.
- Incremento en capacidad de planta, en productividad y en seguridad industrial.
- Maximizar la eficacia de los equipos.
- Involucrar en el mismo a todas las personas y equipos que diseñan, usan o mantienen los equipos.
- Obtener un sistema de Mantenimiento Productivo para toda la vida del equipo
- Involucrar a todos los empleados, desde los trabajadores a los directivos.
- Promover el TPM mediante motivación de grupos activos en la empresa.

### **3.1.3 Pilares del Mantenimiento Productivo Total**

Los Pilares del TPM se muestran en la **Figura 3.1**.



**Figura 3.1** Pilares del Mantenimiento Productivo Total  
 (Fuente: Adaptado de Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo de F. Rey [2001] y de la lectura de TPM en un entorno Lean Management de Cuatrecasas y Torrell [2010])

Espinoza Fuentes describe de la siguiente manera cada uno de los pilares:

### 1. Mantenimiento Autónomo

El mantenimiento autónomo se fundamenta en el conocimiento que el operario tiene para dominar las condiciones del equipo, que incluye; mecanismos, aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo, averías, etc.,

Los operarios comprenden la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas además de la realización de trabajos de mantenimiento liviano en la primera etapa para asimilar acciones de mantenimiento más complejas.

## **2. Mejoras Enfocadas**

Consiste en desarrollar el proceso de mejoramiento continuo similar al existente en los procesos de Control Total de Calidad aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento.

Permite eliminar radicalmente las causas de las pérdidas crónicas a través del mejoramiento en el conocimiento de los procesos mediante el análisis y solución de problemas en forma continua.

## **3. Mantenimiento Planificado**

Permite a la empresa calendarizar sus actividades a lo largo del año, según especificaciones del proveedor del equipo, para lograr un buen funcionamiento

## **4. Mantenimiento de la Calidad**

Tiene como propósito el mejoramiento de la calidad del producto, reduciendo la variabilidad, mediante el control de las condiciones de los componentes y del equipo que tienen impacto directo en las características.

## **5. Educación y Entrenamiento**

Es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo, en consecuencia el Mantenimiento Productivo Total requiere de un personal que haya desarrollado habilidades para:

- Identificar y detectar problemas en los equipos.

- Comprender el funcionamiento de los equipos.
- Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto.
- Analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos.
- Conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros.
- Trabajar y cooperar con áreas relacionadas con los procesos industriales.

## **6. Prevención del Mantenimiento**

Destinado a prevenir los problemas que se presentan en equipos, maquinaria, productos o proyectos, desde las fases de diseño y desarrollo.

Los problemas se encuentran en la compra, instalación y puesta en marcha de una máquina o proceso, o bien cuando se introduce un nuevo producto en el mercado.

## **7. Seguridad y Medio Ambiente**

Todas las compañías deben mantener planes de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente a largo plazo, con la condición de que deben ser continuamente adaptados a los desarrollos, nuevos descubrimientos y experiencias relacionadas.

Las operaciones deben ser conducidas de tal manera que protejan la salud de los empleados, el ambiente, conserven la energía y los recursos naturales. El desempeño de estas actividades debe ser mejorado continuamente.

## **8. Mantenimiento Productivo Total en Áreas Administrativas**

Estas actividades no involucra el equipo productivo, los departamentos de planeación, desarrollo y administración no producen un valor directo como producción, facilitan y ofrecen el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente, con los menores costos y con la más alta calidad. Su apoyo normalmente es ofrecido a través de la creación de información.

### **3.1.4 Cinco Principios del Mantenimiento Productivo Total**

Cáceres menciona que el Mantenimiento Productivo Total se basa en cinco principios fundamentales para lograr sus objetivos:

1. Incrementar la confiabilidad de los equipos buscando cero fallas (equipos libres de mantenimiento).
2. Mantenimiento autónomo, basado en que el operario debe efectuar parte del mantenimiento.
3. Prevención del mantenimiento, que implica equipos de trabajo entre las gerencias de Ingeniería, Proyectos y Mantenimiento para prevenir fallas desde el diseño.
4. Gente: adiestramiento centrado en formar mantenedores multifuncionales y programas de motivación personal.

5. Trabajo basado en pequeños grupos, integrados por operarios y mantenedores en la búsqueda de la causa raíz de las fallas de los equipos.

### **3.1.5 Etapas de Implementación del Mantenimiento Productivo Total**

De acuerdo con Nakajima mencionado por Acuña (2003:289) El proyecto de implementación se divide en doce pasos divididos en cuatro etapas.

#### **3.1.5.1 Preparación**

##### **1. La alta gerencia anuncia la decisión de introducir Mantenimiento Productivo Total**

La alta dirección informa a todos los empleados y órganos de la empresa de la intención de implementar el Mantenimiento Productivo Total, además de transmitir con entusiasmo el proyecto para crear un entorno favorable para generar el cambio.

##### **2. Información sobre Mantenimiento Productivo Total**

Establecer la política de difusión para todo el personal que permita entender el concepto de Mantenimiento Productivo Total y su papel en la empresa, mediante campañas informativas para divulgar el porqué de la introducción del Mantenimiento Productivo Total en la empresa.

##### **3. Estructura promocional del Mantenimiento Productivo Total**

La promoción se lleva a cabo a través de una estructura de pequeños grupos que difunden la información a todos en la organización.

La información debe fluir de los niveles más altos de la organización hasta los niveles más pequeños para facilitar la información.

Crear una oficina de promoción del Mantenimiento Productivo Total para que de a conocer el proyecto a través del desarrollo de estrategias eficaces.

#### **4. Objetivos y políticas básicas del Mantenimiento Productivo Total**

La alta dirección deberá incorporar el Mantenimiento Productivo Total a la política estratégica de la compañía; de igual manera, fijará los objetivos concretos a alcanzar incluyendo las directrices a seguir a medio y largo plazo.

#### **5. Plan Maestro de desarrollo del Mantenimiento Productivo Total**

En esta etapa se trata de establecer un plan concreto para la implementación del TPM que integra las actividades secuenciales para conseguir las metas propuestas. Debe contener:

- Establecimiento de un programa de Mantenimiento Autónomo
- Mejoramiento de la efectividad del equipo
- Establecimiento del programa de Mantenimiento Planeado
- Aseguramiento de la calidad
- Gestión temprana de equipos
- Formación y entrenamiento para aumentar aptitudes personales.

### 3.1.5.2 Introducción

## **6. Arranque formal del Mantenimiento Productivo Total**

Hacer el lanzamiento oficial del proyecto del Mantenimiento Productivo Total con una reunión oficial invitando a clientes y proveedores externos, en la reunión la Dirección confirma su compromiso de Implementar el Mantenimiento Productivo Total informando los planes desarrollados y trabajo realizado en la Etapa de Preparación.

### 3.1.5.3 Implementación

## **7. Mejorar la efectividad del equipo**

Se organizan grupos de trabajo multifuncionales entre ingenieros de producción, personal de mantenimiento y operarios con el propósito de eliminar las pérdidas, en consecuencia mejorar la efectividad del equipo.

Seleccionar los equipos que tengan pérdidas crónicas, generando acción correctiva para obtener mejoras significativas en un periodo aproximado de tres meses.

## **8. Desarrollo de un programa de Mantenimiento Autónomo**

Los operarios de producción participan en las funciones de mantenimiento diarias y en las actividades de mejoramiento para evitar el deterioro acelerado.

## **9. Desarrollo de un programa de Mantenimiento Planeado**

Desarrollar el programa para que el departamento de mantenimiento lleve a cabo en tiempo y forma programados.

## **10. Formación para elevar las capacidades de operación y mantenimiento**

Mejoramiento de las habilidades de los recursos humanos de que dispone la empresa, evaluar periódicamente a cada persona para fijar planes de formación para la fase siguiente para consolidar objetivos futuros.

## **11. Gestión temprana de equipos**

Esta etapa tiene como objetivo la prevención del mantenimiento y el diseño de nuevos equipos para minimizarlo o incluso estén exentos de él.

Para lograr los objetivos descritos; es necesario actuar desde el nacimiento del equipo, continuar con el proyecto inicial, avanzar hasta su madurez, conservar la operación normal con producción estable en el proceso para mantener productos de calidad con cero defectos.

### 3.1.5.4 Consolidación

## **12. Consolidación del Mantenimiento Productivo Total y elevación de metas**

Este paso busca mantener y perfeccionar las mejoras obtenidas a lo largo de cada una de las etapas anteriores, cuantificando el progreso alcanzado para conocer los resultados por todos los empleados con el afán de que valoren las consecuencias

de su trabajo cotidiano; para adoptar una filosofía de mejoramiento continuo, revisando los objetivos y fijando metas más ambiciosas.

### **3.2 Mantenimiento Autónomo**

El pilar de Mantenimiento Autónomo está dirigido a los operarios para que desarrollen la capacidad de llevar a cabo actividades pequeñas de conservación a los equipos que tiene a cargo, liberando a la gente de mantenimiento para dedicar tiempo a actividades de mayor valor agregado y las reparaciones técnicas; responsabilizando de los equipos que se deterioren.

El Mantenimiento Autónomo previene, contaminación por agentes externos, rupturas de ciertas piezas, desplazamientos, errores en la manipulación; es necesario instruir al operario para limpiar, lubricar y revisar, la filosofía básica para quien opera con un equipo productivo es ocuparse del mantenimiento.

De acuerdo con Denso (2006:13) el mantenimiento autónomo concibe los siguientes efectos:

- Las condiciones de equipo que se conoce en todo momento.
- Las averías inesperadas se reducen al mínimo.
- La corrosión se evita, se retrasa el desgaste y la vida de la máquina se extiende.
- Sentencia de la capacidad de la máquina es mejor.
- El costo de las piezas producidas se reduce

Cuatrecasas y Torrell (2010) mencionan que el mejoramiento de la eficiencia y competitividad que se consigue de la mano del Mantenimiento Autónomo se deriva de:

1. La combinación de trabajo y mantenimiento en el mismo puesto de trabajo, permite ahorrar tiempos (de vacío) además de esfuerzos, en consecuencia permite una actuación más rápida.
2. El trabajador conoce mejor que nadie su equipo, sabe que y cuándo necesita de un mantenimiento rápido y eficiente.
3. El trabajador conoce cuándo el equipo está próximo a una avería o la necesidad de cambio de algún componente (un ruido, una holgura, algún indicador de percepción, etc.).

A medida que avanza la automatización y la robotización, es necesario el mantenimiento, para convertirse en un operario conocedor de su equipo, se contemplan las habilidades siguientes:

### **1. Habilidad para reconocer las anomalías**

Cuando se asume expresiones como: “se descompuso” o “salieron mal las piezas”; se descubre rápidamente el resultado de una anomalía; sin embargo, éstas deben ser aquellas que tienen el potencial de convertirse en la causa de una avería o defecto de calidad.

Los operarios son los únicos que tienen la oportunidad de estar en contacto permanente con el equipo, permitiéndoles detectar anticipadamente una anomalía.

### **2. Habilidad para tomar medidas y eliminar la anomalía**

El objetivo es recuperar las condiciones originales del equipo a través de actividades de limpieza, lubricación, inspección y apriete de tornillería, en otras palabras, hacer que el equipo funcione como estaba originalmente diseñado.

### **3. Habilidad para identificar cuantitativamente el estándar de lo normal y lo anormal**

Si la capacidad para detectar anomalías dependiera de la intuición y la experiencia, no se lograría que todo el personal involucrado adquiriera la misma capacidad; además, no todos detectarían las anomalías con la misma prontitud, permitiendo retrasos en la solución.

Para convertirse en un operario experto en su equipo requiere la habilidad de definir cuantitativamente el criterio o la condición que distingue lo normal de lo anormal, en aquellas partes críticas del equipo, que el propio operario debería controlar.

### **4. Habilidad para sostener y controlar, respetar las reglas establecidas.**

Para trabajar con confianza, es necesario cuidar y realizar operaciones seguras en el equipo para mantenerlas, lo importante es cumplir con las actividades planeadas, investigando la razón de algún incumplimiento para revisar los métodos de inspección, en consecuencia llevar a cabo o sugerir las mejoras en el equipo que permitan el control cotidiano.

#### **3.2.1 Propósito del Mantenimiento Autónomo**

Adiestrar a los operarios para mantener en buen estado sus equipos a través de:

- Verificaciones diarias
- Lubricación
- Reemplazo de partes
- Reparaciones

- Verificar precisión
- Detección temprana de condiciones anormales

### **3.2.2 Mantenimiento Autónomo Basado en las 5 S's**

El Mantenimiento Autónomo está basado en el principio de las 5 S's, que como cinco aspectos básicos para el desarrollo de las actividades en los procesos de producción y del mantenimiento en particular, con la máxima eficiencia y rapidez.

Se trata de cinco términos de origen japonés que comienzan con la letra S:

Seiri: Organizar, clasificar

Seiton: Ordenar eficientemente

Seiso: Limpieza e inspección

Seiketsu: Estandarización

Shitsuke: Cumplimiento o disciplina

Objetivos de las 5 S's:

- Crear un lugar de trabajo eficiente.
- Empleo de la limpieza para comprobar las deficiencias de funcionamiento.
- Establecer controles visuales.
- Mejorar la estandarización y las preparaciones.
- Acciones de carácter preventivo.
- Capacitación de trabajadores competentes en sus equipos.
- Promover las ventas.

### 3.2.3 Niveles de Implementación del Mantenimiento Autónomo

Implementar el Mantenimiento Autónomo proporcionará un cambio en la gestión de los equipos que permite una reorientación de la gestión del personal, traerá cambios en la organización, permitiendo menos rigidez y mayor autonomía departamental al incluir la participación de los departamentos más vinculados a la gestión de equipos.

Para su implementación progresiva, Cuatrecasas y Torrell (2010:125) enumeran cuáles son los niveles, en cada una de ellos se deberán asegurar la consecución de los objetivos del Mantenimiento Productivo Total, es decir, el mejoramiento de la eficiencia, productividad y flexibilidad:

#### 3.2.3.1 Nivel básico

Nivel básico: se refiere a la introducción del mantenimiento básico, cuyo objetivo es la limpieza, engrase y apriete o ajuste de elementos fijos o móviles de los equipos.

El nivel básico consta de tres etapas:

##### 1. Limpieza inicial

Desarrollo del interés de los operarios por mantener limpias sus máquinas y su área de trabajo.

La limpieza de las máquinas y de las estaciones de trabajo permite inspeccionar automáticamente el estado de los activos, de esta forma conseguir la detección de anomalías como se muestra en la **Figura 3.2**.



**Figura 3.2** Proceso de Detección de Anomalías  
(Fuente: Adaptado de TPM en un entorno Lean Management [2010:130])

Primeramente se debe:

- Limpiar diariamente el equipo
- Limpiar en profundidad toda la suciedad
- Limpiar todos los rincones, zonas inaccesibles, áreas escondidas, etc.

Mientras se realiza la limpieza los operarios deben:

- Buscar defectos visibles e invisibles
- Checar tornillos y tuercas
- Checar puntos de engrase, niveles de lubricación, alimentación de combustibles
- Averiguar obstáculos que impiden la limpieza, lubricación y sujeción de tornillos
- Checar etiquetas, placas de identificación, etc.
- Checar aparatos de medida y control
- Checar herramientas

Finalmente se llegan a detectar situaciones como:

- Tornillos y tuercas flojos
- Grietas y fisuras
- Rozaduras
- Abolladuras
- Piezas rotas o en mal estado

- Vibraciones
- Calentamientos
- Fugas o escapes
- Corrosiones internas
- Obstrucciones
- Debilidades que dificultan el área

Los resultados y beneficios después de la etapa 1 son:

- Máquina limpia
- Cero fugas
- Cero tuercas flojas y tornillos flojos
- Todas las anomalías identificadas
- Todos los Miembros participaron en la actividad

## **2. Proponer medidas y señalar las causas y efectos de la basura y el polvo**

En esta etapa se comprueba que el equipo se vuelve a ensuciar con facilidad y que existen zonas difíciles de limpiar.

Genera la proactividad de los operarios para descubrir y eliminar cualquier fuente de suciedad que contrarreste aquello que tanto trabajo le ha costado limpiar, además se desarrollan métodos de limpieza efectivos.

Con estas medidas combatir las causas que generan desorden, suciedad, desajustes y averías, se mejoran las partes que son difíciles de limpiar y lubricar, acortando el tiempo de limpieza debido a que se hace de la manera más efectiva y rápida sin lugares difíciles de limpiar.

En esta fase se llevan a cabo las siguientes actividades:

- Identificar y eliminar los focos de suciedad.
- Mejorar la accesibilidad de las zonas susceptibles de ser limpiadas.
- Elaborar los planes correctos para una limpieza efectiva, perfeccionando progresivamente los métodos utilizados y algunas partes de los equipos.

Una vez realizadas las actividades anteriores se esperan los siguientes resultados:

- Máquina siempre limpia
- Cero averías
- Cero defectos
- Alta disponibilidad y fiabilidad
- El operario resuelve los problemas pequeños
- El operario toma el hábito de la acción correctiva

### **3. Estándares de limpieza y lubricación**

En las etapas 1 y 2 los operarios identifican las condiciones básicas de sus equipos lo que permite a definir los estándares de limpieza, inspección y lubricación.

Los estándares son realizados por los operarios con la orientación del departamento de mantenimiento, además estas deben ser fáciles de entender a través de las ayudas visuales.

Los siguientes puntos deben contemplarse al formular y aplicar los estándares:

1. Elementos a inspeccionar para incluir en la estandarización: determinar qué elementos de los equipos han de ser examinados.
2. Aspectos clave a estandarizar que prevean los efectos de una limpieza, lubricación y sujeción negligentes.
3. Metodología a estandarizar: emplear los métodos más simples y fáciles para checar, incluir controles visuales que ayuden a ejecutar rápida y correctamente las acciones correspondientes.
4. Incluir las herramientas para la limpieza, chequeos, lubricación, aprietes, etc..
5. Tiempos estándar: asignar un tiempo determinado para las tareas y establecer objetivos alcanzables, estos tiempos deben ir reduciéndose en las sucesivas mejoras.
6. Frecuencia estándar: fijar la frecuencia de las inspecciones y supervisar los resultados, con el mejoramiento se prolongarán los intervalos de inspección.
7. Responsabilidades: asignar claramente las funciones de cada persona, evitando descuidos o duplicidades, tanto de funciones como de personal.
8. Cumplimiento de los estándares: en ocasiones se elaboran adecuadamente los estándares, pero luego no se aplican, o se hace a un nivel muy bajo, de forma que no se reducen las pérdidas, ni se mejora la productividad ni las condiciones de trabajo.

### 3.2.3.2 Nivel de Eficiencia

Este nivel se llevará a cabo una vez asumido el anterior, tiene como finalidad lograr mejoras efectivas a través de la inspección y eliminación o reducción de las pérdidas.

Al implementar el nivel debe consolidarse el mejoramiento de la productividad y de las condiciones de trabajo, acompañadas de un mejoramiento en el MTBF (tiempo medio entre paradas, con o sin avería) y un alargamiento de la vida de los equipos.

## 4. Inspección General

La inspección general pretende introducir controles sobre los elementos vitales del equipo; deben estar en perfecto orden de funcionamiento, cubriendo adecuadamente los aspectos del funcionamiento, mantener la calidad de la producción y la seguridad del proceso.

Para que los operarios sean capaces de extraer conclusiones de lo que oyen o ven en el equipo mediante las inspecciones será necesario instruirlos sobre la estructura, características, tecnología y funciones del equipo que manejan.

Implementar las hojas de inspección para que los operarios lleven el control de lo que sucede y cómo encuentran la máquina.

Se deben controlar los intervalos de inspección general, de manera diaria semanal, mensual, etc., según se planifiquen tomando en cuenta el deterioro del equipo, de la seguridad y calidad que exige el producto.

## 5. Inspección Autónoma

Con los esfuerzos realizados en las etapas anteriores, la inspección autónoma tiene como objetivo: incorporar progresivamente las tareas de inspección al mantenimiento realizado por un grupo autónomo, al tiempo que constituyen una depuración sistemática del deterioro del equipo; debe optimizarse todo lo que afecta al funcionamiento correcto del equipo, la calidad, fiabilidad y seguridad.

La inspección autónoma presenta las siguientes fases:

1. Revisión de los estándares realizados en las etapas tercera y cuarta. Deben revisarse los resultados obtenidos en el mejoramiento de las seis grandes pérdidas, reducción del MTBF, aumento de la productividad y progreso de las condiciones de trabajo.
2. Objetivos de la inspección. Partiendo de las especificaciones de diseño del equipo y del historial de averías, se determinarán los puntos que deben ser objeto de la inspección, si provocan averías, pérdidas de capacidad o defectos.
3. Incluir los componentes básicos funcionales del equipo (tornillos, sistemas de lubricación, sistemas eléctricos, instrumentación, etc.).
4. Es útil identificar físicamente los puntos de inspección con tarjetas de colores, utilizando como trabajo pendiente, y cambiarlas, una vez realizado el mismo por otras de otro color que indiquen que ha sido implementada una mejora.
5. Establecer magnitudes a alcanzar para los objetivos de la inspección. Fijar los niveles de capacidad, cantidad de averías, valores del MTBF y tolerancias para la calidad que se consideren correctos.

6. Creación de un equipo de trabajo mixto integrado por personal de ingeniería, mantenimiento, calidad y producción, a fin de analizar y proveer solución a los problemas fijados en los objetivos de la inspección.
7. Elaboración de las instrucciones de la inspección y de los registros de las actividades correspondientes a los nuevos estándares a implementar; asimismo, se registrarán en manuales o en hojas de chequeo, junto con la información técnica necesaria para realizar correctamente las actividades.
8. Establecimiento e implementación de plan de trabajo a llevar a cabo por el departamento de mantenimiento conjuntamente con los responsables de producción;
9. La implementación estará basada en una planificación cuidadosa a largo plazo y se llevará a cabo comenzando por el adiestramiento de los líderes de grupo, sobre los que recaerá la responsabilidad de formar a los miembros del mismo.

A partir de estas fases el operario logrará realizar:

- Las inspecciones generales que correspondan.
- Valoración de los resultados.
- Estandarización de los procedimientos de inspección.

### 3.2.3.3 Nivel de Plena implementación

Cuando se alcanza este nivel se logra la implementación del Mantenimiento Autónomo, se estandarizará el control y se establecerán sistemas de ayudas visuales, asimismo se integrará el mejoramiento continuo en todos los aspectos citados.

El nivel de implementación total supone la autogestión completa en el marco del mantenimiento autónomo, la estandarización de los métodos, las operaciones y los chequeos.

## **6. Organización y Ordenamiento**

Se trata de aplicar dos de las 5 S's en las áreas donde no se ha hecho mención.

Con la organización se pretende minimizar el número de elementos del área de trabajo, de forma que en ella no haya ningún elemento que no sea necesario.

El orden se refiere a la disposición de los elementos necesarios para el área de trabajo, para que su utilización sea lo más rápida y sencilla posible, de esta manera cada cosa esté donde debe estar, en el momento en que se necesita, en la cantidad exacta y con la calidad precisa.

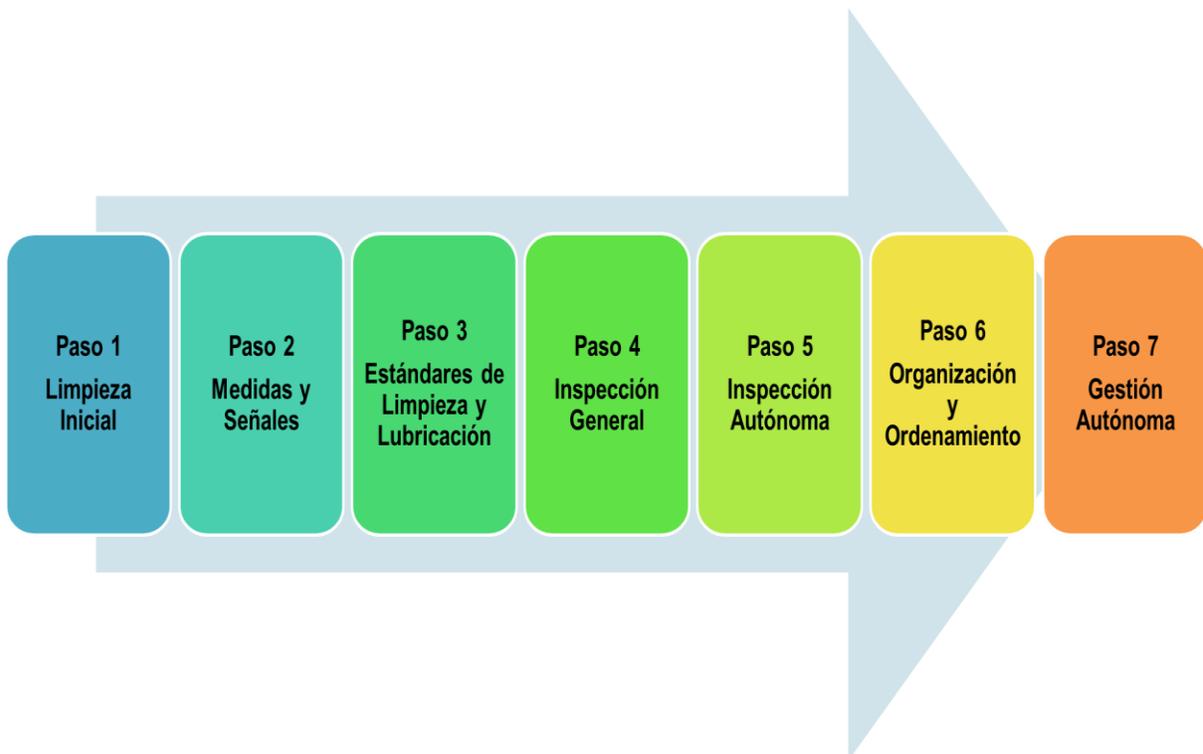
Estandarizar los diversos tipos de controles sobre los elementos de trabajo de gestión y diseño:

- Normas para la limpieza, revisiones y lubricación
- Normas para la distribución física en el lugar de trabajo
- Normalización de los registros de datos
- Sistematización de la Gestión del Mantenimiento

## 7. Gestión Autónoma

Los operarios expertos en los equipos que manejan son capaces de detectar y corregir las anomalías ocurridas en su trabajo diario, a través de chequeos, poco a poco se van refinando las acciones acumulando las mejoras permitiendo que se desarrollen nuevas metas.

La **Figura 3.3** muestra el proceso de implementación del Mantenimiento Autónomo.



**Figura 3.3** Proceso de Implementación del Mantenimiento Autónomo  
(Fuente: Adaptada de TPM en un entorno Lean Management [2010:142])

### 3.3 Las Seis Grandes Pérdidas

Las Seis Grandes Pérdidas de acuerdo con Belohlavek (2006) y Cuatrecasas y Torrell (2010) son descritas a continuación:

## **1. Pérdidas por Averías**

Las pérdidas por averías, errores o fallos del equipo provocan tiempos muertos del proceso por paro total del mismo debido a problemas que impiden su buen funcionamiento. Las averías y sus paros son de tipo esporádico o crónico.

## **2. Pérdidas Debidas a Preparaciones**

Las operaciones de preparación de las máquinas para acometer una nueva actividad de producción suponen un conjunto de operaciones que deben realizarse a máquina parada (MP), junto a otras que se realizan fuera de las mismas y que se permiten llevarse a cabo a máquina en marcha (MM). El tiempo consumido a máquina parada es el objetivo básico de la reducción.

Dentro de este tiempo se llevan a cabo operaciones de:

- Preparación
- Montaje
- Ajuste

## **3. Pérdidas Provocadas por Tiempo de Ciclo en Vacío y Paradas Cortas**

Este tipo de pérdidas hacen referencia a períodos de funcionamiento en vacío (sin producción) y a paradas breves, también conocidas como cortes de aire; en los tiempos de vacío la máquina opera, pero lo hace sin efectuar la producción de pieza alguna, debido a un problema temporal.

Su reducción a cero es imprescindible para mantener una producción automática en flujo continuo.

#### **4. Pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida**

Este tipo de pérdida hace referencia a la situación creada cuando al operar a la velocidad diseñada se producen problemas de calidad o mecánicos que fuerzan la reducción de la velocidad.

#### **5. Pérdidas por defectos de calidad, recuperaciones y reprocesados**

Estas pérdidas incluyen el tiempo perdido en la producción de productos defectuosos, de calidad inferior a la exigida, las pérdidas de los productos irrecuperables y las pérdidas provocadas por el reprocesado de productos defectuosos.

También este tipo de pérdidas incluyen defectos esporádicos y defectos crónicos, aunque referidos, ahora, a la calidad del producto, lo que no obsta para que las causas, esporádicas o crónicas, se hallen en los equipos.

#### **6. Pérdidas de funcionamiento por puesta en marcha del equipo**

Estas pérdidas se refieren al nivel de producción que se da en ocasiones en el arranque y puesta en funcionamiento de determinadas máquinas, situado por debajo de la capacidad que se obtiene con el mismo equipo una vez superada esta fase.

### **3.4 Efectividad Global del Equipo (OEE)**

La Efectividad Global del Equipo de una planta o de un proceso fue desarrollada por Seiichi Nakajima.

Belohlavek (2006:23) define a la Efectividad Global del Equipo como un método de medición del desempeño productivo que integra los datos de disponibilidad de los equipos, de la eficiencia del proceso y de la tasa de calidad que se logra.

Cruelles Ruíz (2009:102) define al OEE como una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial. Se emplea para medir el rendimiento y productividad de las líneas de producción en las que la maquinaria tiene gran influencia.

Además menciona que la ventaja de la Efectividad Global del Equipo es la medición en un único indicador, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

La Efectividad Global del Equipo es una medida que representa el porcentaje del tiempo en que una máquina produce realmente las piezas de la calidad, comparadas con el tiempo que fue planeado para hacerlo.

### **3.4.1 Importancia de la Efectividad Global del Equipo**

Las empresas usan las máquinas para agregar valor a sus productos mediante la transformación de la materia prima en productos terminados o semiterminados, para agregar valor es importante operarlas efectivamente con el menor gasto posible.

La Efectividad Global del Equipo indica que tan efectiva está operando una máquina al ir más allá de la producción total que realiza una máquina durante su funcionamiento.

### **3.4.2 Elementos principales de la Efectividad Global del Equipo**

Belohlavek (2006:29) define cada elemento del OEE como se presenta a continuación.

#### **1. Disponibilidad**

La disponibilidad del equipo es el factor que mejor se observa, Se mide restando del tiempo operativo el de los paros que ocurren mientras se lleva a cabo la producción y relacionándolo con el tiempo total operativo disponible.

El coeficiente de disponibilidad tiene en cuenta las pérdidas por averías, las pérdidas de preparación y ajustes y otras pérdidas por paradas. Estas paradas obligadas ocasionan pérdidas de tiempo y/o volumen de producción y su reducción es vital para maximizar la eficiencia global del equipo, de esta forma, se consigue aumentar el tiempo operativo del equipo a la vez que se incrementa la disponibilidad.

#### **2. Desempeño**

Este elemento representa la propiedad del mantenimiento de alcanzar la máxima capacidad productiva respecto a la capacidad potencial del proceso. Se mide de acuerdo a la desviación entre la producción real y la producción potencial.

El coeficiente de desempeño tiene en cuenta las pérdidas por tiempos en vacío y paradas cortas y las pérdidas por reducción de velocidad. El mejoramiento de este coeficiente implica, evidentemente, la erradicación de estas pérdidas.

### **3. Calidad**

La calidad es el resultado de comparar los productos que están dentro de los parámetros de calidad establecidos con la cantidad total que se produjo.

El coeficiente de calidad tiene en cuenta las pérdidas derivadas de la producción de productos con calidad inferior a la esperada, es decir, el tiempo para la recuperación o reprocesado de estos productos y las pérdidas que ocurren durante la puesta en marcha de la maquinaria. Cualquier acción que permita la reducción del número de productos defectuosos o estabilizar, lo antes posible, el proceso productivo, conllevará un aumento del coeficiente de calidad.

#### **3.4.3 Relación de los Coeficientes con las Seis Grandes Pérdidas**

Para comprender mejor los Coeficientes del OEE es necesario que se relacionen con las Seis Grandes Pérdidas.

El coeficiente de Disponibilidad se relaciona con las pérdidas por:

- Averías
- Tiempos de preparaciones

El coeficiente de Desempeño se relaciona con las pérdidas por:

- Paradas y tiempos de vacío
- Reducciones de velocidad

El coeficiente de Calidad se relaciona con las pérdidas por:

- Productos defectuosos y reprocesados
- Puestas en marcha sin producto real

Las seis grandes pérdidas determinan la Efectividad Global del Equipo

### 3.4.4 Cálculo de la Efectividad Global del Equipo

Con la ecuación 1 se obtiene la Efectividad Global del Equipo, multiplicando los factores de disponibilidad, desempeño y calidad.

$$OEE = DxDxC \quad \text{Ecuación 1}$$

La disponibilidad se calcula a través de la ecuación 2.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo disponible de operación} - \text{tiempo perdido}}{\text{Tiempo de operación}} \quad \text{Ecuación 2}$$

El desempeño se obtiene con ecuación 3.

$$\text{Desempeño} = \frac{\text{Tiempo de Ciclo} \times \text{Producción Total}}{\text{Tiempo de Operación}} = \text{Tiempo de ciclo} \quad \text{Ecuación 3}$$

La disponibilidad de calcula con la ecuación 4.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Producción aprobada}}{\text{Producción real}} \quad \text{Ecuación 4}$$

**Capítulo 4**  
**Metodología**

La **figura 4.1** presenta el resumen de la metodología.



**Figura 4.1** Metodología Para el Proyecto  
(Fuente: Elaboración propia)

A continuación se describen los pasos seguidos para la elaboración del proyecto:

## **1. Análisis de los índices de disponibilidad, desempeño y calidad de corazones para cabezas R5.**

Antes de comenzar el análisis se aprende como obtener los índices de disponibilidad, desempeño, calidad y la Efectividad Global del Equipo, después se estudia como introducir los datos en el Formato OEE del área.

Para obtener los datos del OEE se buscan los archivos de:

- Reportes de producción para conseguir el total de producción y desecho de piezas.
- Reportes de tiempo de paro del área de mantenimiento.
- Formato de Cambio de turno
- Reportes de producción de los meses de julio y agosto para efectos de registro de paros menores.

El análisis comienza al conocer el estado en que se encuentra el proceso, respecto a los índices de disponibilidad de las máquinas, el desempeño del proceso y la calidad del producto.

En este paso se usa el Formato OEE del Área de Corazones como se observa en la **figura 4.2**.

Para el análisis se considera los datos de enero hasta el mes de agosto, con estos datos analizar el comportamiento de los índices, el análisis se hará con la ayuda de graficas a través de las hojas de cálculo.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Acum. 1° Sem.	Acum. 2° Sem.	Acum. Anual
Tacto Planeado															
Días laborables															
Turnos de Trabajo <small>-Incluir fracciones de turno-</small>															
Tiempo Extra (Horas presencia)															
No. de técnicos en un turno al 100% la línea															
Producción Total															
Paros Planeados - EN MINUTOS -															
Act. Grupos de Trabajo (P8)															
Mantto Productivo / TPM (P8)															
Otros paros planeados -especificar- (P8)															
Paros No Planeados -EN MINUTOS- DETERMINAN EL INDICE DE DISPONIBILIDAD															
Interrupciones Mantto (P1)															
Numero de Interrupciones de Mantto															
Cambio de Modelo y Ajustes (P2)															
Cambio Rtas. (P3)															
Arranques (P4)															
Otros paros NO planeados -especificar- (P4)															
VELOCIDAD PERDIDA Y CHOKOTEIS -EN MINUTOS- DETERMINAN EL FACTOR DE SEMPERO															
Paros menores (Chokotei) (P5)															
Numero de Interrupciones por (Chokotei)															
Pérdidas de velocidad (P6)															
Pérdida de Calidad -EN NUMERO DE PIEZAS- DETERMINAN EL FACTOR DE CALIDAD															
Desechos (P7)															
Retrabajos (P7)															
Calculos de Tiempos -EN MINUTOS-															
TOTAL PAROS NO PLANEADOS															
TIEMPO TOTAL DISPONIBLE POR DÍA															
TIEMPO EXTRA <small>-Proceso-</small>															
TIEMPO DE CARGA															
TIEMPO UTILIZADO															
FACTOR DISPONIBILIDAD															
FACTOR DESEMPEÑO															
FACTOR CALIDAD															
META OEE															
OEE															

**Figura 4.2 Formato OEE**  
(Fuente: Volkswagen de México Nave 10 Área de Corazones)

Una vez graficados los índices determinar las posibles causas del comportamiento a través del tiempo, éstas se determinan con base en los reportes de producción y con retroalimentación del coordinador.

## 2. Conocimiento y análisis de pérdidas del área de corazones para cabezas R5.

Ahora se analiza cada uno de los índices de pérdidas, en el mismo formato de OEE se manejan los datos históricos de éstos.

El análisis se lleva a cabo mediante la elaboración de gráficas de cada una de las pérdidas del área, con las gráficas ya elaboradas determinar las causas del comportamiento de los índices, para las causas hablar con los operarios y coordinadores del área.

### 3. Toma de tiempos de paros menores en corazones para cabezas R5.

Registrar los tiempos de paro de la línea con base en los reportes de producción de los operarios de las máquinas.

En el reporte de producción diario los operarios registran el tiempo que la máquina para durante cada turno, con la ayuda de esta información se registran todos los tiempos perdidos durante los meses de julio agosto y se registran en el Formato OEE (ver **figura 4.2**).

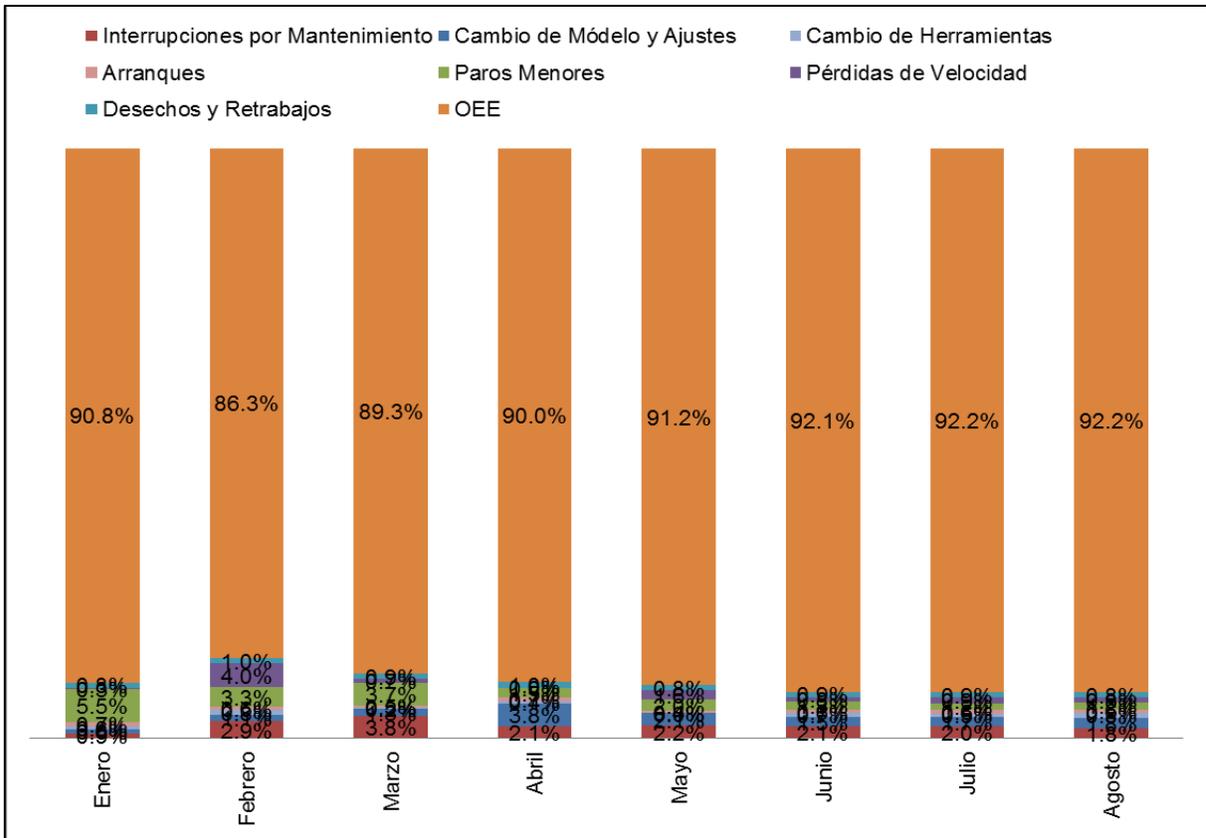
Con el tiempo registrado se elabora una tabla resumen para conocer mejor el tiempo en que el proceso está inactivo. El ejemplo se presenta en la **tabla 4.1**.

**Tabla 4.1** Tiempos de Paro  
(Fuente: Elaboración propia)

	Julio	Agosto
Paros Planeados (min)		
Actividades de Grupos de Trabajo (min)		
Mantenimiento Productivo (min)		
Paros No Planeados (min)		
Interrupciones de Mantenimiento (min)		
Número de Interrupciones de Mantenimiento		
Cambio de Modelo y Ajustes (min)		
Cambio Herramientas (min)		
Arranques (min)		
Paros menores (min)		
Número de Interrupciones por Paros Menores		
Pérdidas de velocidad (min)		

#### 4. Conocimiento de los índices de las 7 pérdidas.

Con la ayuda de la gráfica de OEE, como se muestra en la **figura 4.3**, se analiza como se comportan los índices de pérdidas durante los meses de enero hasta agosto.



**Figura 4.3** Eficiencia del Proceso  
(Fuente: Elaboración propia)

#### 5. Determinación de las pérdidas de producción. Cuantificar las pérdidas por paros menores y bajo índice de OEE

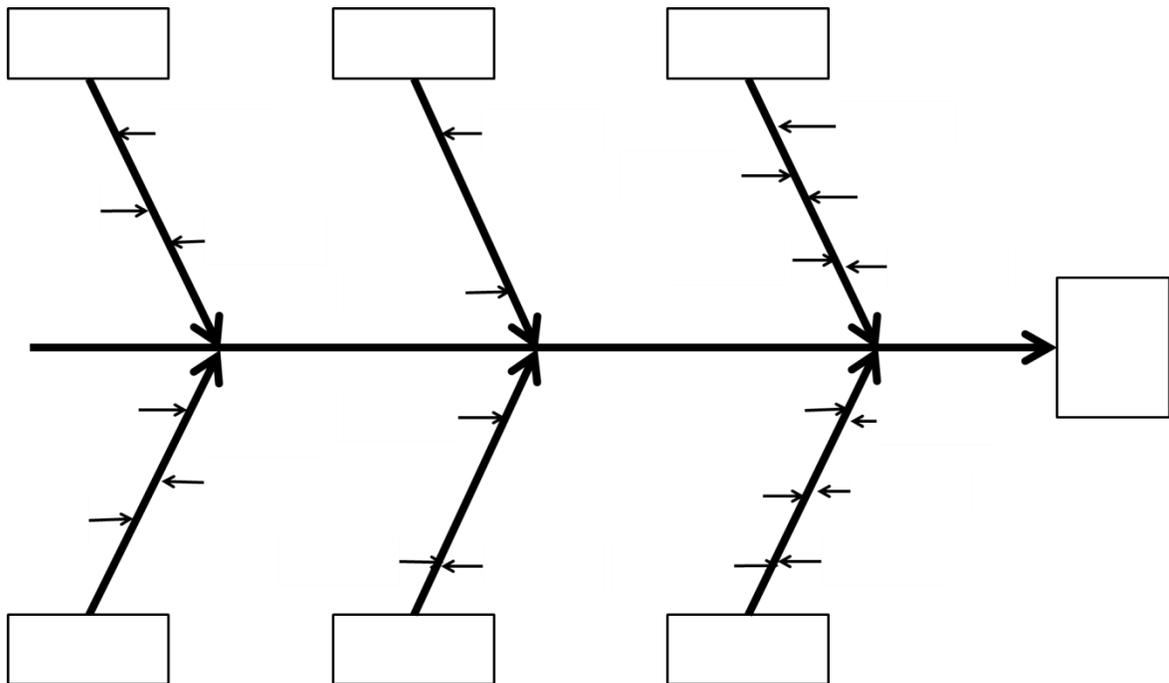
Con ayuda del Formato OEE determinar la cantidad de piezas que se hubieran elaborado con los tiempos perdidos, para hacer mas claro el análisis usar una tabla resumen donde se presenten los tiempos perdidos y la producción perdida.

**Tabla 4.2** Registro de Pérdidas  
(Fuente: Elaboración propia)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Tiempo muerto								
Tiempo de ciclo								
Producción								

## 6. Determinación de causas de paros menores en corazones para cabezas R5.

Analizar el porqué de los paros menores en la línea, las causas se determinarán mediante la observación del proceso, preguntando a los operarios y coordinadores del área al mismo tiempo que se elaboran los diagramas de Ishikawa para enlazar cada una de las causas de los paros menores. La **figura 4.4** presenta el formato de Diagrama de Ishikawa.



**Figura 4.4** Formato para Diagrama de Ishikawa  
(Fuente: Elaboración propia)

## **Capítulo 5**

# **Implementación de la Metodología**

## 5.1 Análisis de los índices de disponibilidad, desempeño y calidad

El factor de disponibilidad se obtiene mediante pequeños cálculos, primeramente es necesario obtener el tiempo disponible bruto, para después restarle el tiempo de paros planeados, el resultado es el tiempo disponible total.

El tiempo de paros planeados es el que se ocupa para actividades necesarias de producción, entre estas actividades se encuentran los cambios de modelo y mantenimiento autónomo (mantenimiento productivo) además de las actividades de grupos de trabajo los días lunes en el primer turno.

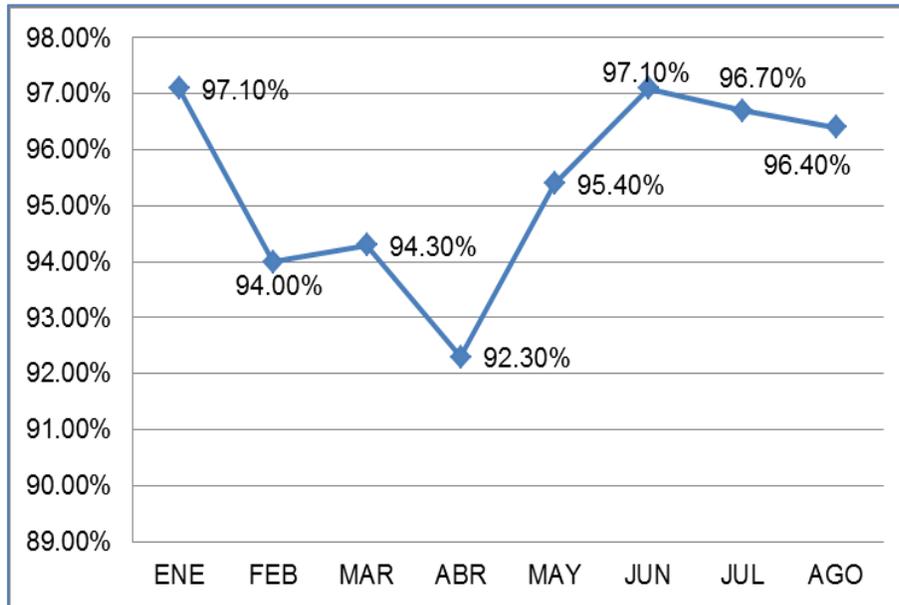
Al tiempo disponible total se le restan las pérdidas por tiempo improductivo, obteniéndose el tiempo de operación, finalmente se divide el tiempo de operación entre el tiempo disponible total.

El tiempo improductivo se refiere a los paros no planeados, estos son: interrupciones por mantenimiento, paros menores, arranques, exceso de tiempo en cambio de modelos y ajustes, pérdidas de velocidad y cambio de herramientas, más adelante se hablará a detalle de estas pérdidas.

De acuerdo a la **Figura 5.1** el comportamiento del factor de disponibilidad no es uniforme, durante el mes de abril se tuvo un incremento significativo en los tiempos de paro, lo que produjo que el factor de disponibilidad bajara hasta el 92.3%, además durante este mes se trabajaron solo 16 días debido a las vacaciones de Semana Santa.

Durante los meses de julio y agosto la disponibilidad de los equipos fue menor respecto al mes de junio, por los diversos cambios de modelo para efectuar pruebas con un nuevo modelo de cabeza de motor, por esta razón la producción de corazones para cabezas R5 se veía frenada al tener que producir los corazones de

prueba, lo que generó pérdidas de tiempo al cambiar moldes y ajustar los parámetros de la máquina.

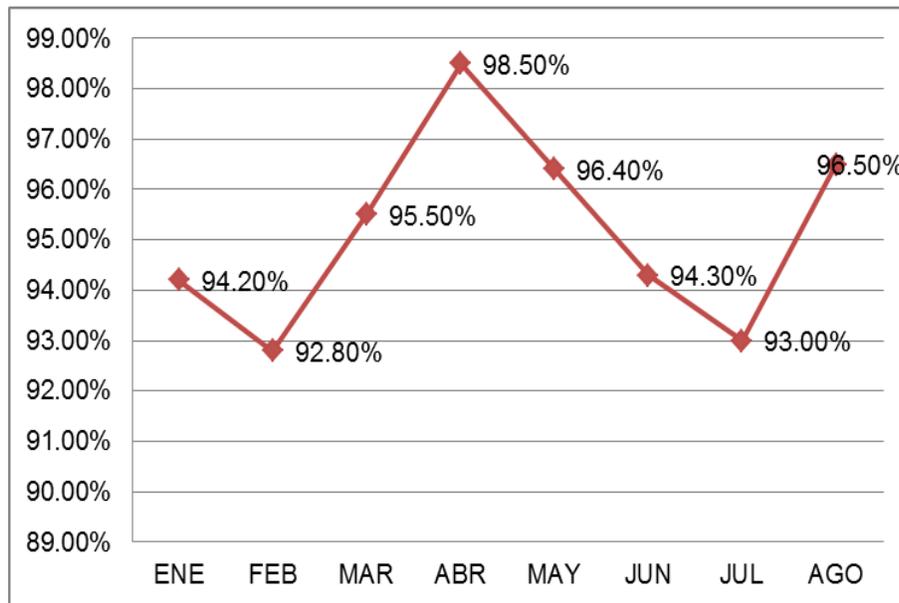


**Figura 5.1** Factor de Disponibilidad  
(Fuente: Elaboración propia)

El factor de desempeño se obtiene a partir de multiplicar el tiempo de ciclo por la cantidad de piezas procesadas, incluyendo piezas defectuosas, entre el tiempo de operación.

La **Figura 5.2** presenta el comportamiento del factor de desempeño, tampoco es uniforme debido a que durante las jornadas de producción es común que ocurran paros por diversas situaciones, lo que genera que el tiempo disponible para producir sea menor, obligando a que los operarios estén bajo presión para cumplir con la producción; esta situación es constante a causa de que solo se proporciona mantenimiento correctivo y no se prevén situaciones que causan problemas mayores en las máquinas.

La actitud de los operarios influye en el desempeño, en ocasiones no aprovechan el tiempo que tiene disponible, al final de su jornada la producción es baja sin haber presentado problemas en las máquinas.



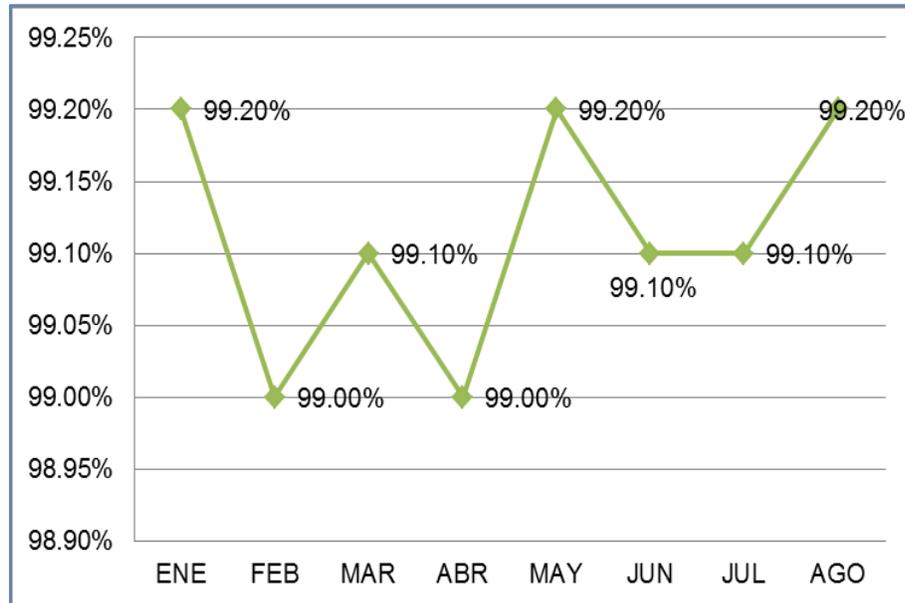
**Figura 5.2** Factor de Desempeño  
(Fuente: Elaboración propia)

El factor de calidad se obtiene a partir de la razón de piezas que cumplen con los requisitos de calidad entre el total de piezas fabricadas.

En la **Figura 5.3** se observa que el factor de calidad no alcanza el 100%, actualmente se encuentra entre el 99.00% y el 99.20%; como las piezas son fabricadas con arena, durante el proceso de producción y transporte el producto sufren daños por lo que debe ser desechado.

En ocasiones la máquina no gasifica correctamente y la pieza sale con poros o no curadas (la resina no solidifica la arena), en otras ocasiones los moldes no se encuentran debidamente lavados o no son sopleteados durante la producción o

también el robot no tiene bien las gomas del gripper por lo que la pieza se rompe o se maltrata durante su manipulación.



**Figura 5.3** Factor de Calidad  
(Fuente: Elaboración propia)

## 5.2 Conocimiento y Análisis de Pérdidas del Área

El área toma en cuenta las Seis Grandes Pérdidas, sin embargo incluye una pérdida llamada Pérdidas por Cambio de Herramientas.

Las pérdidas que se manejan en el área para efectos del cálculo de la Efectividad Global del Equipo son:

- Interrupciones por mantenimiento: ocurren cuando el equipo tiene que parar para que el personal de mantenimiento repare las fallas.

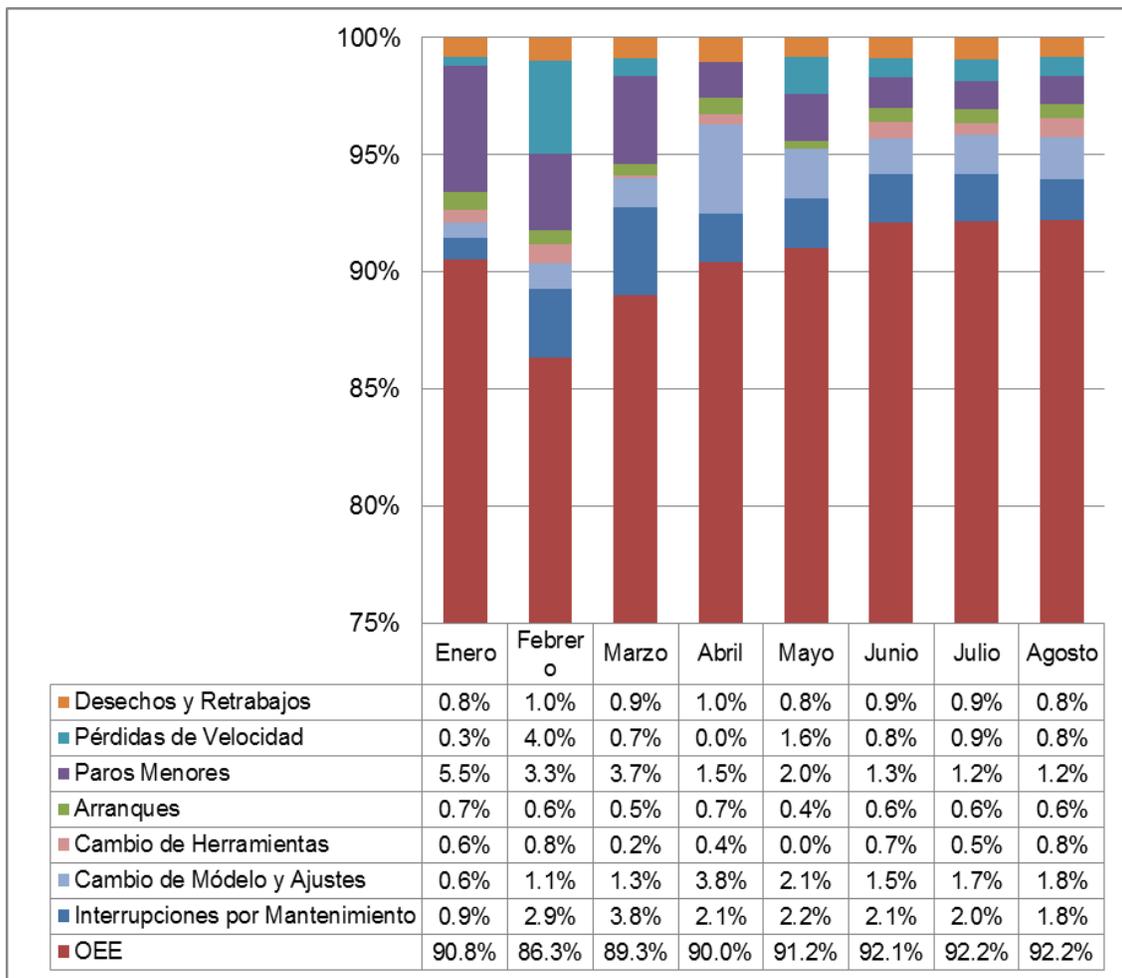
- Cambio de modelo y ajustes: se refiere al tiempo utilizado para realizar los cambios de moldes, son dos cambios que se hacen durante el día para producir codos y ensambles.
- Cambio de herramientas: las únicas herramientas que se cambian son los botadores, éstos despegan las piezas del molde para que el robot las coloque sobre la mesa de rebabeo, la banda transportadora o el sistema de pegado.
- Arranques: es el tiempo que se tardan los operarios en comenzar el turno, en este lapso cada operario verifica los parámetros de la máquina, el estado del stock y llena sus formatos de producción con sus datos.
- Paros menores: tiempo que se pierde ya sea por pequeñas averías, desajustes en las máquinas o por situaciones inesperadas.
- Pérdidas de velocidad: se refiere al tiempo que se ocupa para tomar el ritmo normal de producción sobre todo cuando ocurren situaciones como averías o relevos.
- Desechos y retrabajos: se refiere a la cantidad de piezas defectuosas que salen de proceso.

Para la obtención de los índices se registran los datos mensuales de producción, desecho, días trabajados, tiempo de ciclo, turnos trabajados, paros planeados, interrupciones por mantenimiento, arranques, pérdidas de velocidad, cambio de herramientas y cambios de modelo, paros menores y arranques. De esta manera el formato en hoja de cálculo arroja los porcentajes de cada índice.

La **figura 5.4** presenta los índices de cada una de las pérdidas del área.

### 5.2.1 Interrupciones por Mantenimiento

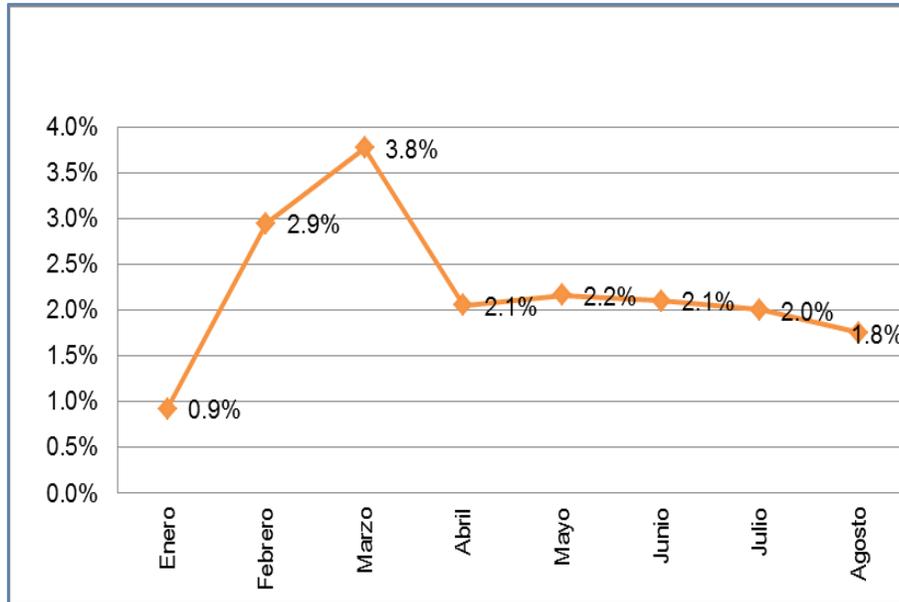
En la **Figura 5.5** se aprecia el comportamiento de las interrupciones por mantenimiento, esta pérdida es considerada la más importante para los jefes del área debido a que la línea de producción no debe detenerse. Una falla en los equipos y la respectiva reparación por parte del área de mantenimiento representa un desajuste en los planes de producción.



**Figura 5.4** Eficiencia del Proceso  
(Fuente: Elaboración propia)

Por esta razón los equipos deben repararse lo más pronto posible y por supuesto buscar que el costo de reparación (refacciones) no sea elevado.

En el mes de marzo el tiempo ocupado para reparaciones fue de 1176 minutos, el resto de los meses se encuentra entre 300 minutos y 600 minutos.



**Figura 5.5** Interrupciones por Mantenimiento  
(Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.2 Cambio de Modelo y Ajustes

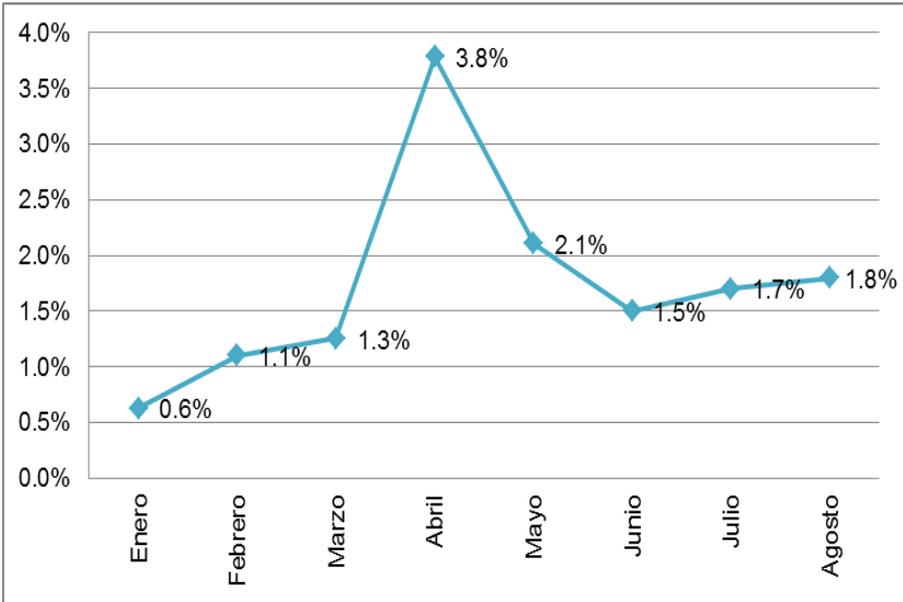
En la **Figura 5.6** se percibe el comportamiento de los cambios de modelo y ajustes, esta representa la segunda pérdida de importancia para los jefes de área, debido a que los moldes son grandes y pesados, es más laborioso colocarlos en las máquinas, esta situación retrasa el inicio de la producción en el primero y segundo turno.

Se cuenta con un tiempo estándar de 21.5 minutos para el cambio de moldes, sin embargo no es frecuente que los operarios cumplan con este tiempo, en promedio se llevan 30 minutos en cambiar y ajustar los moldes en las máquinas.

Durante el día se realizan dos cambios, al inicio del primer turno para producir codos de admisión y escape en ambas máquinas y al finalizar el primer turno para que en el segundo y tercer turno se produzcan ensambles R5.

Para efectos del cálculo de la Eficiencia Global del Equipo se considera solo el tiempo en exceso que se ocupa en cambiar los moldes, tiempo por arriba de 21.5 minutos, éste se suma para obtener el total del mes.

En el mes de abril se realizaron diversos cambios de moldes causando un índice muy elevado, al igual que en los meses de julio y agosto, en estos últimos por las pruebas del nuevo modelo de cabeza de motor, la producción de corazones para cabezas R5 tenía que pararse para montar moldes de prueba y una vez realizados los corazones de prueba montar otra vez los moldes de corazones R5.



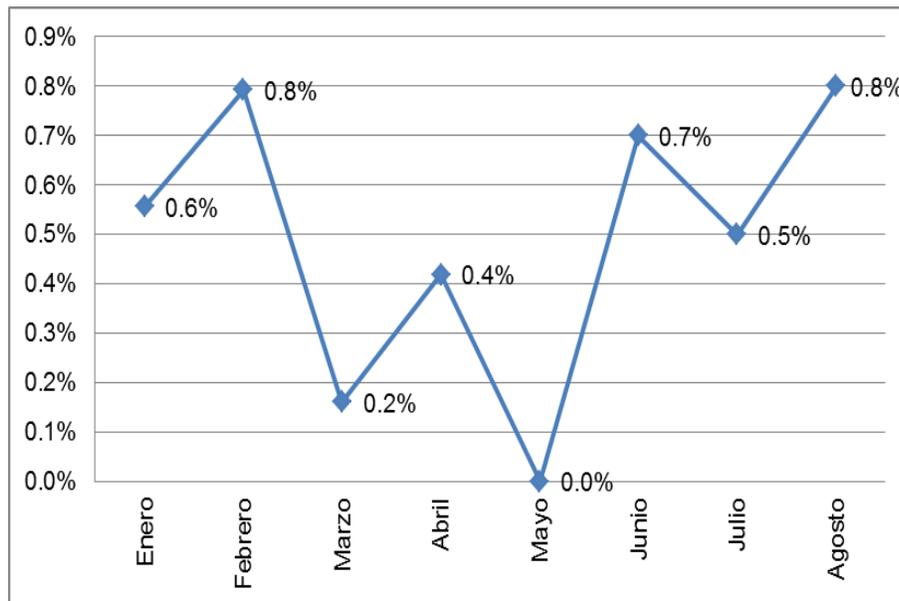
**Figura 5.6** Cambio de Modelo y Ajustes  
(Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.3 Cambio de Herramientas

Los cambios de herramientas como se aprecian en la **figura 5.7** representan una mínima pérdida de tiempo del total disponible, solamente sucede si se cambian los botadores de la máquina, éstos permiten que las piezas salgan del molde para que sean manipuladas y transportadas por los robots.

En mayo no hubo necesidad de cambiar botadores, sin embargo durante el mes de febrero y agosto si se tuvieron varios cambios de botadores que implican tiempos de 120 y 100 minutos, respectivamente.

Para hacer el cambio de botadores es necesario que la máquina esté parada por unos minutos mientras el operario cambia el botador dañado. Estas herramientas se dañan en cualquier momento debido al desgaste, cuando un botador se daña en cualquier turno debe cambiarse, sin embargo ocurre que más de un botador se dañe en un día.

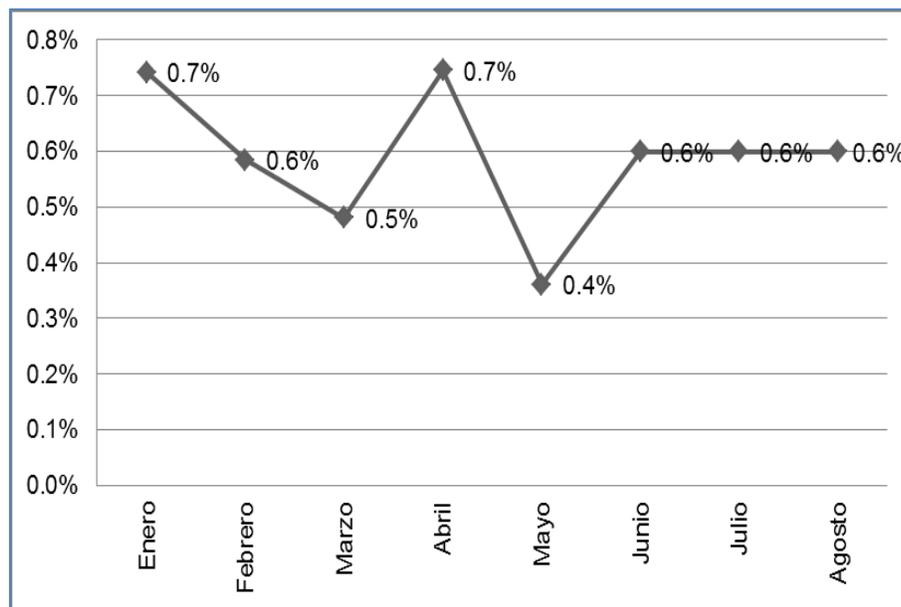


**Figura 5.7** Cambios de Herramientas  
(Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.4 Arranques

Los arranques representan el tiempo en que el operario verifica el estado de la máquina al inicio del turno, verifica parámetros y el stock que deja el turno anterior.

En la **figura 5.8** se observa que los arranques también son mínimos en cuanto a pérdidas, este índice representa el tiempo que se tardan los operarios en comenzar con la producción, mientras revisan que los parámetros de la máquina para liberar el proceso.



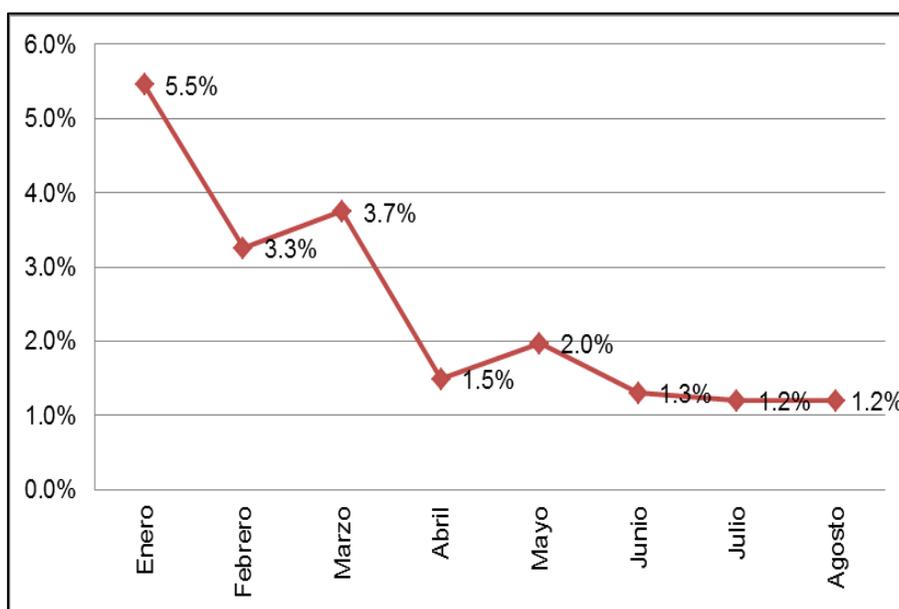
**Figura 5.8** Arranques  
(Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.5 Paros Menores

La **figura 5.9** presenta el comportamiento del índice de paros menores, los paros menores suelen ocurrir a lo largo del día generando paradas y discontinuidad al proceso, durante los primeros tres meses del año los paros menores estuvieron por arriba del 3% de las pérdidas del proceso.

En la línea es común que se pare porque falla la cortina de la máquina, no tenga buen funcionamiento el gasificador, el mezclador no esté con los parámetros, el robot se salga de secuencia, el enviador de arena falle y se tenga que resetear, etc..

Estos paros son de menos de quince minutos deben ser resueltos por los operarios, en este punto usan sus conocimientos sobre el proceso y la máquina para solucionar el problema evitando que el proceso esté inactivo por mas tiempo.

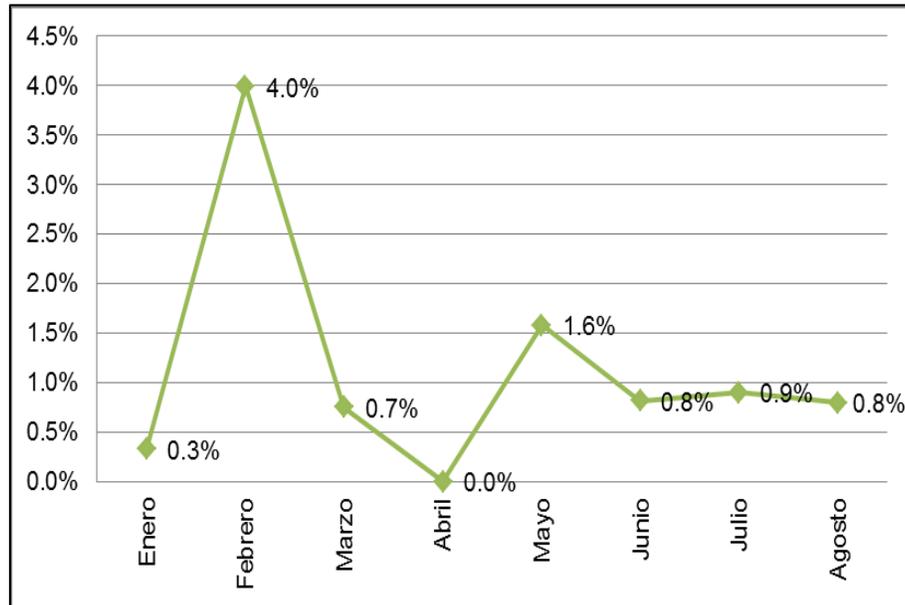


**Figura 5.9** Paros Menores  
(Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.6 Pérdidas de velocidad

Las pérdidas de velocidad en la **figura 5.10** son el resultado de paros por diversas situaciones, esto genera que el ritmo de producción no sea constante y por cada interrupción tenga que retomarse el ritmo y velocidad de trabajo.

En febrero se tuvo un resultado de 4.0% al tener 92 minutos perdidos, sin embargo en los últimos meses el comportamiento se ha ido uniformizando.

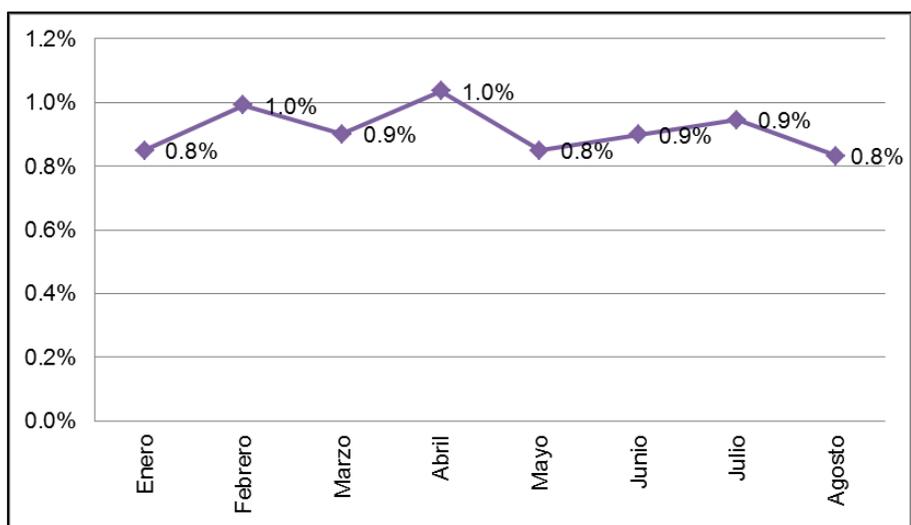


**Figura 5.10** Pérdidas de Velocidad  
(Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.7 Desechos y Retrabajos

La **figura 5.11** presenta el comportamiento de los desechos, es el resultado de diversas causas como incorrectos ajustes de los moldes, una falla en el mezclador, fallas en la central de amina, desgaste de moldes, etc.

El desgaste de los moldes para producir corazones se controla con los planes de mantenimiento de moldes, las demás causas ocurren en cualquier momento, sin embargo muchas veces un molde que ha sido reparado recientemente genera piezas defectuosas por lo que tiene que montarse un molde con desgaste y que genera menos desechos.



**Figura 5.11** Desechos  
(Fuente: Elaboración propia)

### 5.3 Toma de Tiempos

El proceso de producción de Corazones para Cabezas de Motor R5 es un proceso que actualmente presenta diversas situaciones como:

- Producción constante sin espacio para realizar mantenimiento autónomo por incremento de vaciado de cabezas.
- Paros menores por situaciones como ajustes en la máquina.
- Interrupciones por mantenimiento.
- Pérdidas de velocidad.

La tendencia de los paros menores e interrupciones de mantenimiento han sido constantes en los últimos meses, esto ha llevado a tener tiempos de paro significativos que al final afectan en el cumplimiento de las metas de producción.

La **Tabla 5.1** muestra los tiempos de paro en los meses de julio y agosto.

**Tabla 5.1** Tiempos de Paro  
(Fuente: Elaboración propia)

	Julio	Agosto
<b>Paros Planeados (min)</b>		
<b>Actividades de Grupos de Trabajo (min)</b>	120	150
<b>Mantenimiento Productivo (min)</b>	1,050	380
<b>Paros No Planeados (min)</b>		
<b>Interrupciones de Mantenimiento (min)</b>	425	600
<b>Número de Interrupciones de Mantenimiento</b>	6	6
<b>Cambio de Modelo y Ajustes (min)</b>	230	391
<b>Cambio Herramientas (min)</b>	65	100
<b>Arranques (min)</b>	120	150
<b>Paros menores (min)</b>	22	50
<b>Número de Interrupciones por Paros Menores</b>	12	20
<b>Pérdidas de velocidad (min)</b>	7	50

En la línea se tienen paros planeados, estos se refieren a las actividades semanales de grupos de trabajo y de Mantenimiento Productivo (Mantenimiento Autónomo o también llamado Manos a la Obra).

Las actividades de grupos de trabajo son pláticas que se imparten cada semana antes de comenzar la producción, en éstas se habla de la importancia de mantener el equipo limpio y de detectar las fallas, además de tratar e interactuar con los operarios sobre diversos temas que beneficien al área.

El tiempo de mantenimiento productivo se refiere al tiempo que se utiliza para limpiar, arreglar pequeñas fugas, lubricar y apretar tornillos al inicio de la semana en el primer turno o cuando un turno termina.

En los meses siguientes las actividades de mantenimiento autónomo se suspendieron debido al incremento en la demanda de corazones para cabezas R5.

En el apartado de los paros no planeados se encuentran: interrupciones de mantenimiento, cambio de modelo y ajustes, cambio de herramientas, arranques, paros menores y pérdidas de velocidad.

Como se ha mencionado anteriormente el mantenimiento correctivo ocupa gran parte del tiempo del que se dispone para producir. Los cambios de moldes al no realizarlos en el tiempo estándar generan tiempos muertos que bien pudieron ser utilizados para elaborar piezas.

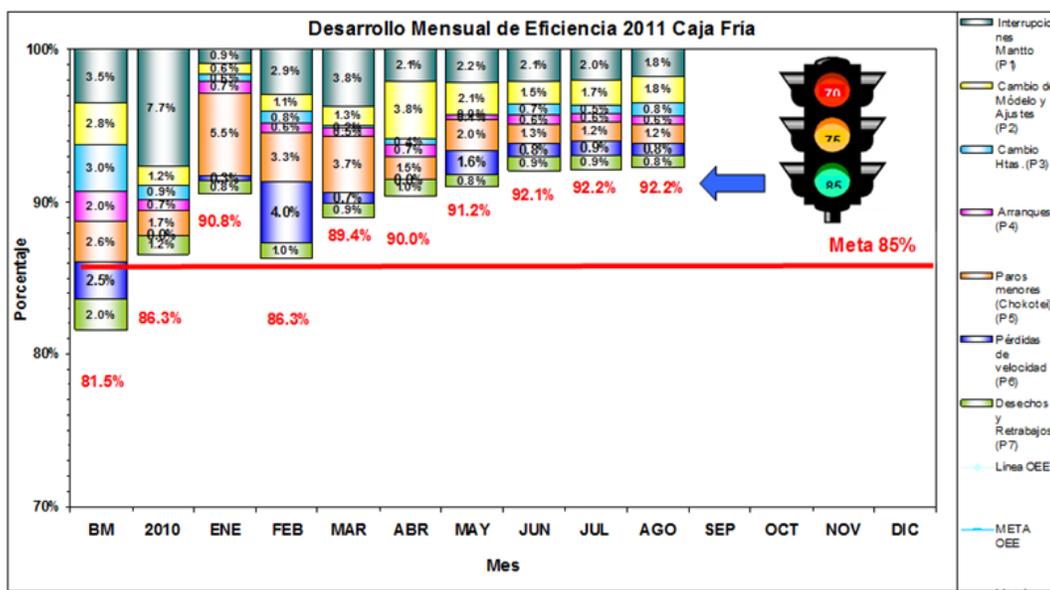
Últimamente se han llevado a cabo pruebas de corazones para el nuevo modelo de cabeza de motor, esta situación obliga a que el proceso se interrumpa para producir estas pruebas. Las consecuencias de estas pruebas han sido que durante el día se realicen más de 3 cambios de moldes y que ocurran ajustes de moldes por tantos cambios.

En el caso de los paros menores en estos meses fueron significativamente bajos, sin embargo la frecuencia en que corren no permiten que la línea tenga la continuidad que debería.

#### **5.4 Conocimiento de los índices de las 7 pérdidas**

Los índices de las 7 pérdidas se muestran en la **Figura 5.12**, esta figura es la que se lleva cada mes en la línea como parte del Tablero Informativo TPM.

Cada mes se capturan los datos de producción, desecho y tiempos de paro, la grafica se va actualizando con los índices correspondientes de acuerdo al comportamiento del proceso durante el mes que se captura.



**Figura 5.12** Índices de las 7 pérdidas  
(Fuente: Tablero TPM del Área de Corazones)

## 5.5 Determinación de las Pérdidas de Producción

En la **tabla 5.2** se muestra la producción que se pierde al tener tiempos muertos por paros en la línea.

De acuerdo a la tabla en los meses de marzo, abril y agosto pudieron haber elaborado 1319, 1229 y 926 piezas con los tiempos de paro, por indicaciones de los jefes del área no se cuantifican en términos monetarios las pérdidas del área.

**Tabla 5.2** Producción Perdida  
(Fuente: Elaboración propia)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
<b>Tiempo muerto</b>	615	1188	1767	1647	1028	857	840	1241
<b>Tiempo de ciclo</b>	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34
<b>Producción</b>	459	887	1319	1229	767	640	627	926

## **5.6 Determinación de Causas de Paros Menores**

En el área se tiene identificados la mayoría de los paros, sin embargo para efectos de análisis de éstos no se encuentran registrados o en un formato donde puedan llevarse los respectivos tiempos.

Los paros que se muestran en la **figura 5.13** fueron tomados de un formato de prueba, mediante la observación directa del proceso y hablando con los coordinadores de la línea.

### **5.6.1 Moldes y Placa**

El análisis de las causas de paros debido a los moldes y placa se muestran en la **figura 5.14**.

### **5.6.2 Robots**

El análisis de las causas de paro de los robots se muestra en la **figura 5.15**.

### **5.6.3 Pegado**

El análisis de las causas de paros por el sistema de pegado se observa en la **figura 5.16**.

#### **5.6.4 Máquina**

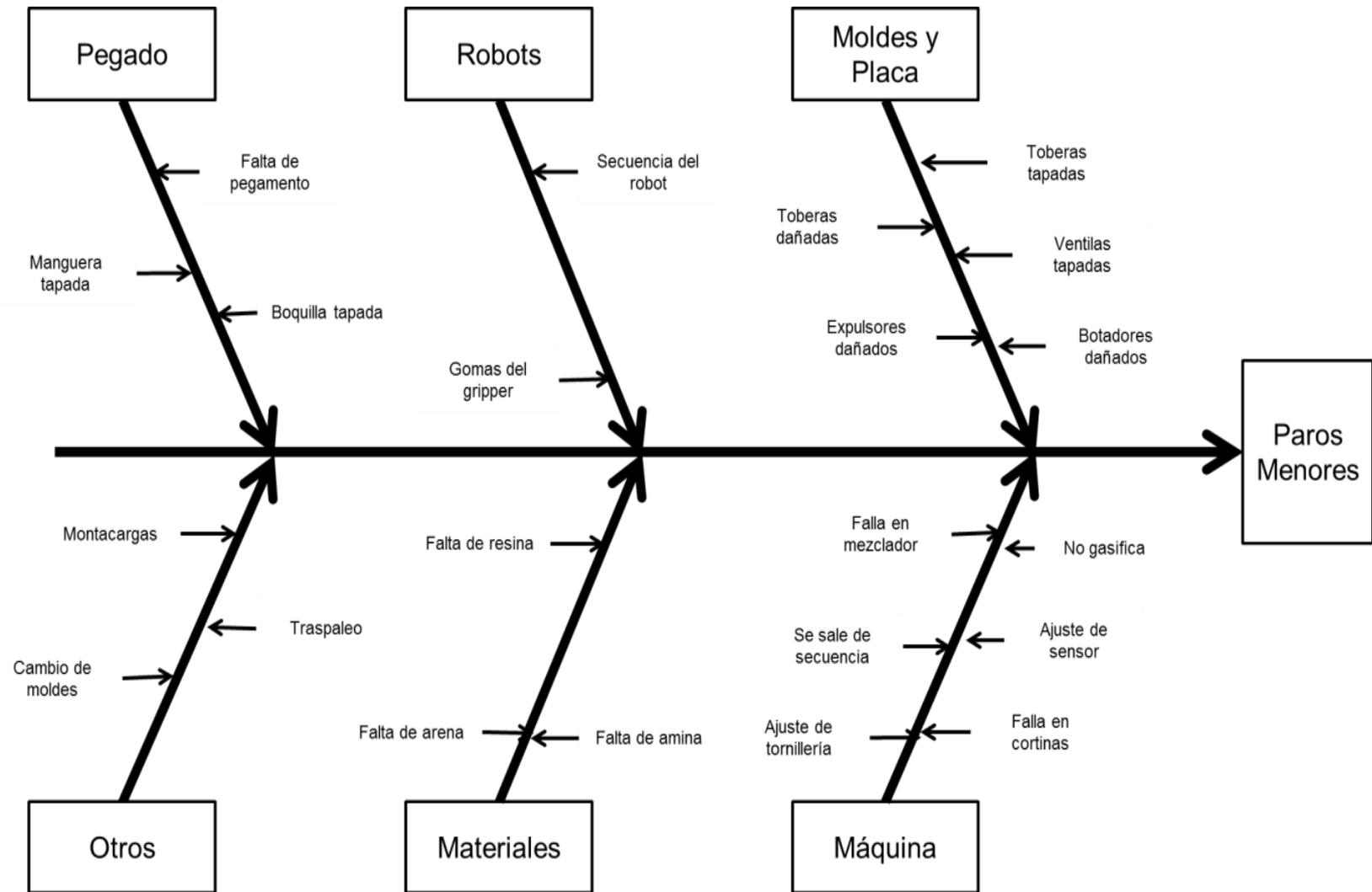
El análisis de las causas de paro en las máquinas se muestra en la **figura 5.17.**

#### **5.6.5 Materiales**

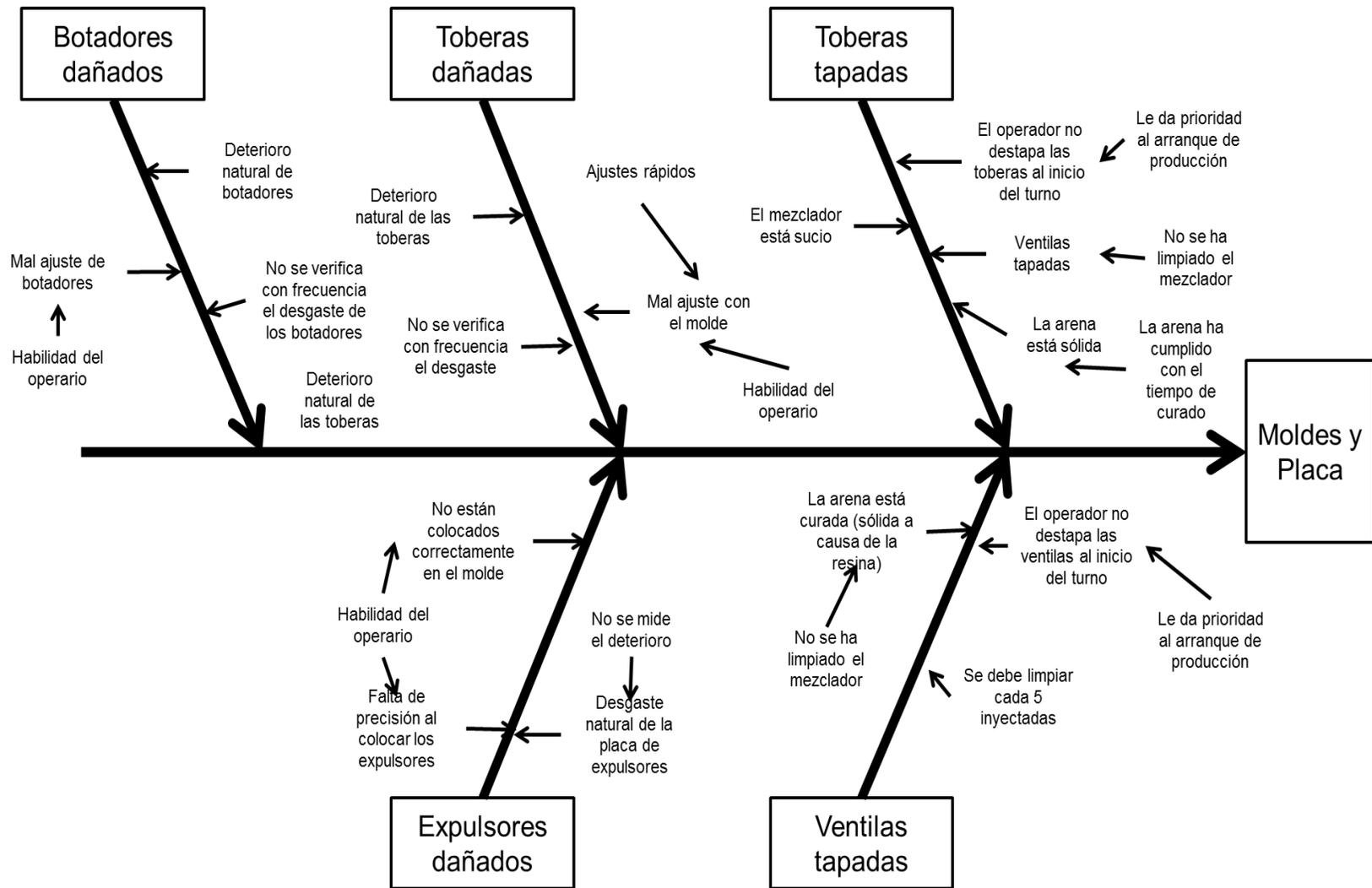
El análisis de causas de paro por materiales se muestra en **la figura 5.18.**

#### **5.6.6 Otras Causas**

El análisis de causas de paros por otras situaciones se muestra en la **figura 5.19.**



**Figura 5.13** Paros menores de área  
(Fuente: Elaboración propia)



**Figura 5.14** Análisis de paros por moldes y placa  
(Fuente: Elaboración propia)

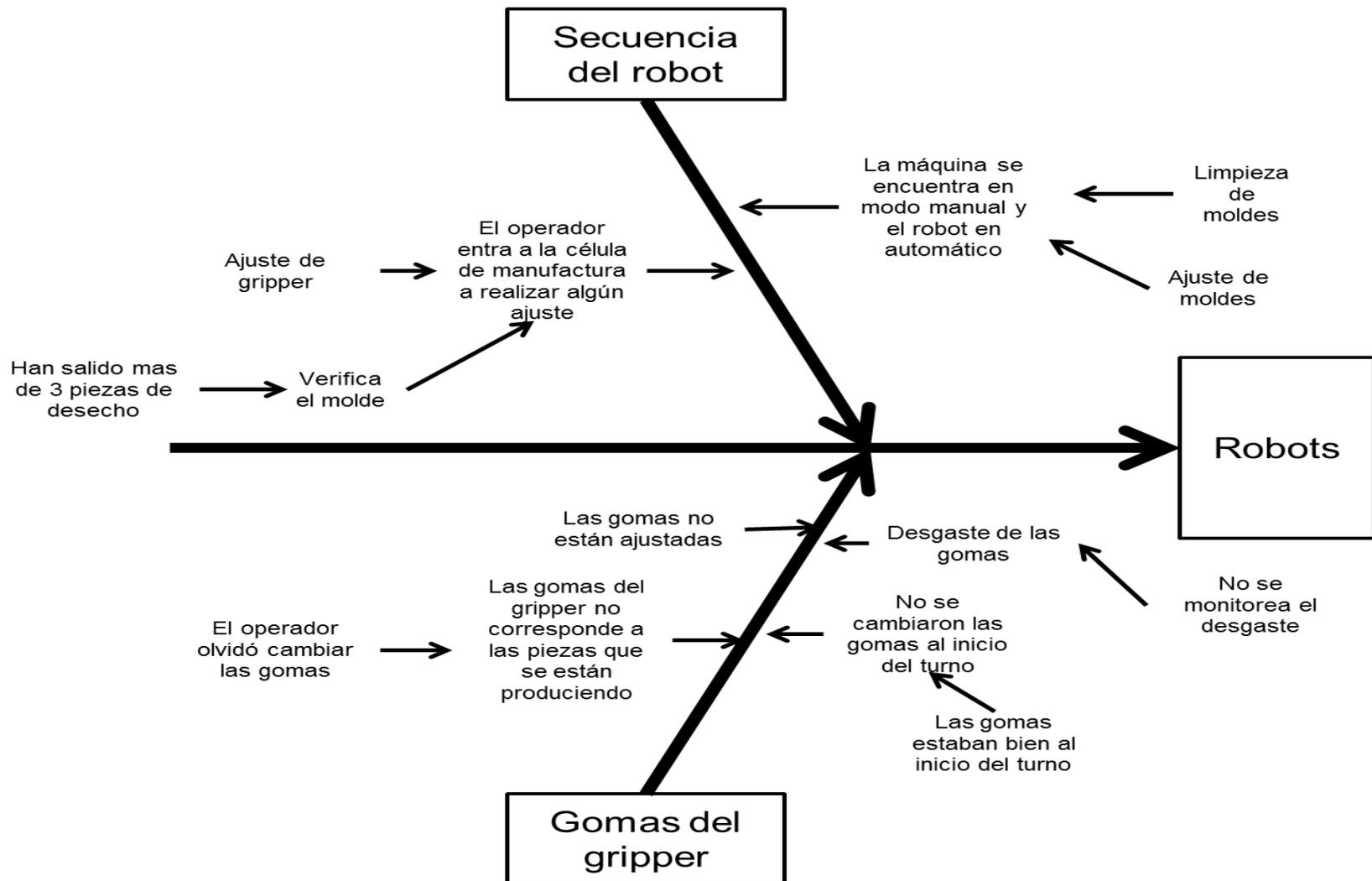
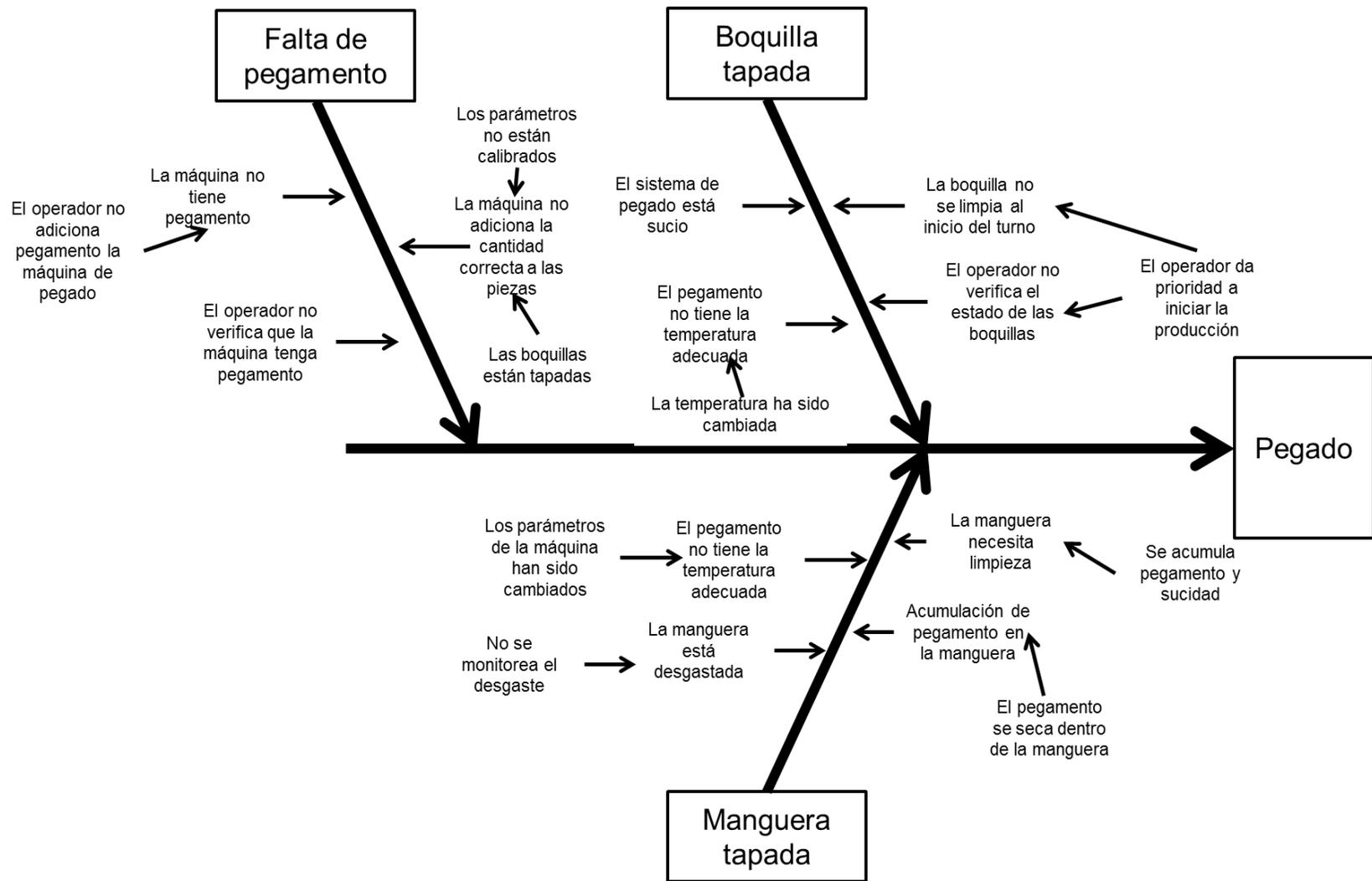
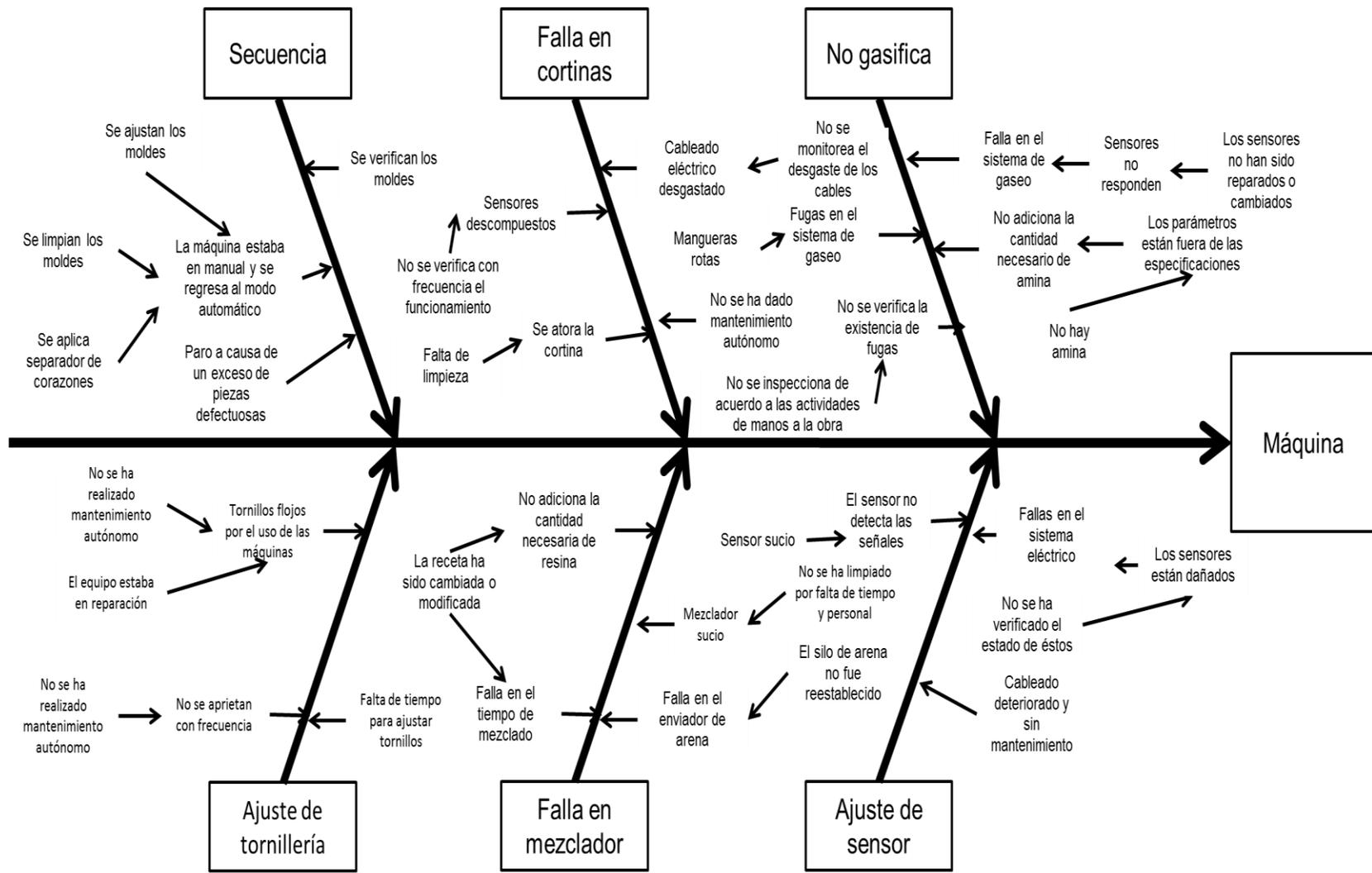


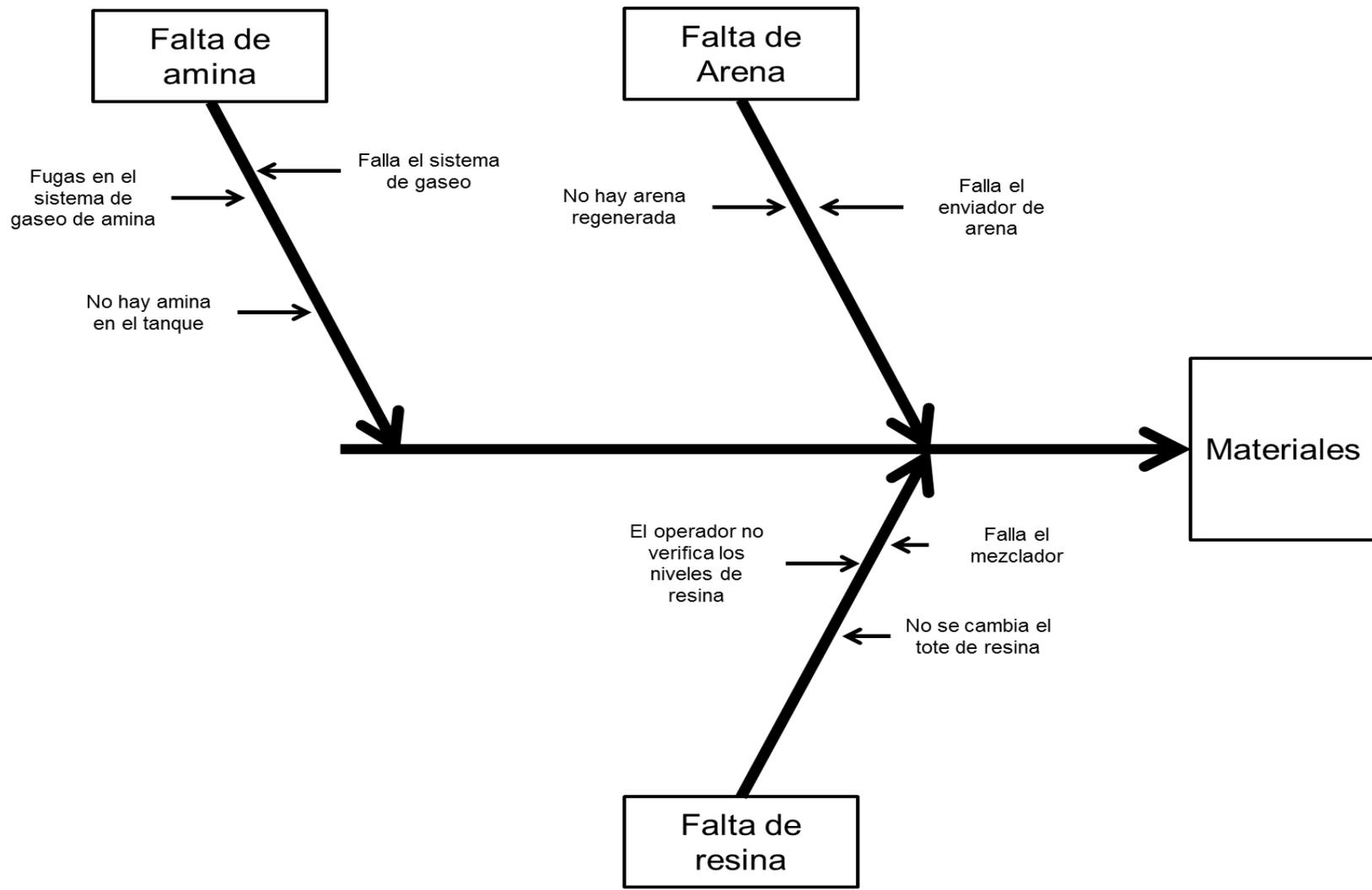
Figura 5.15 Análisis de paros de robots  
(Fuente: Elaboración propia)



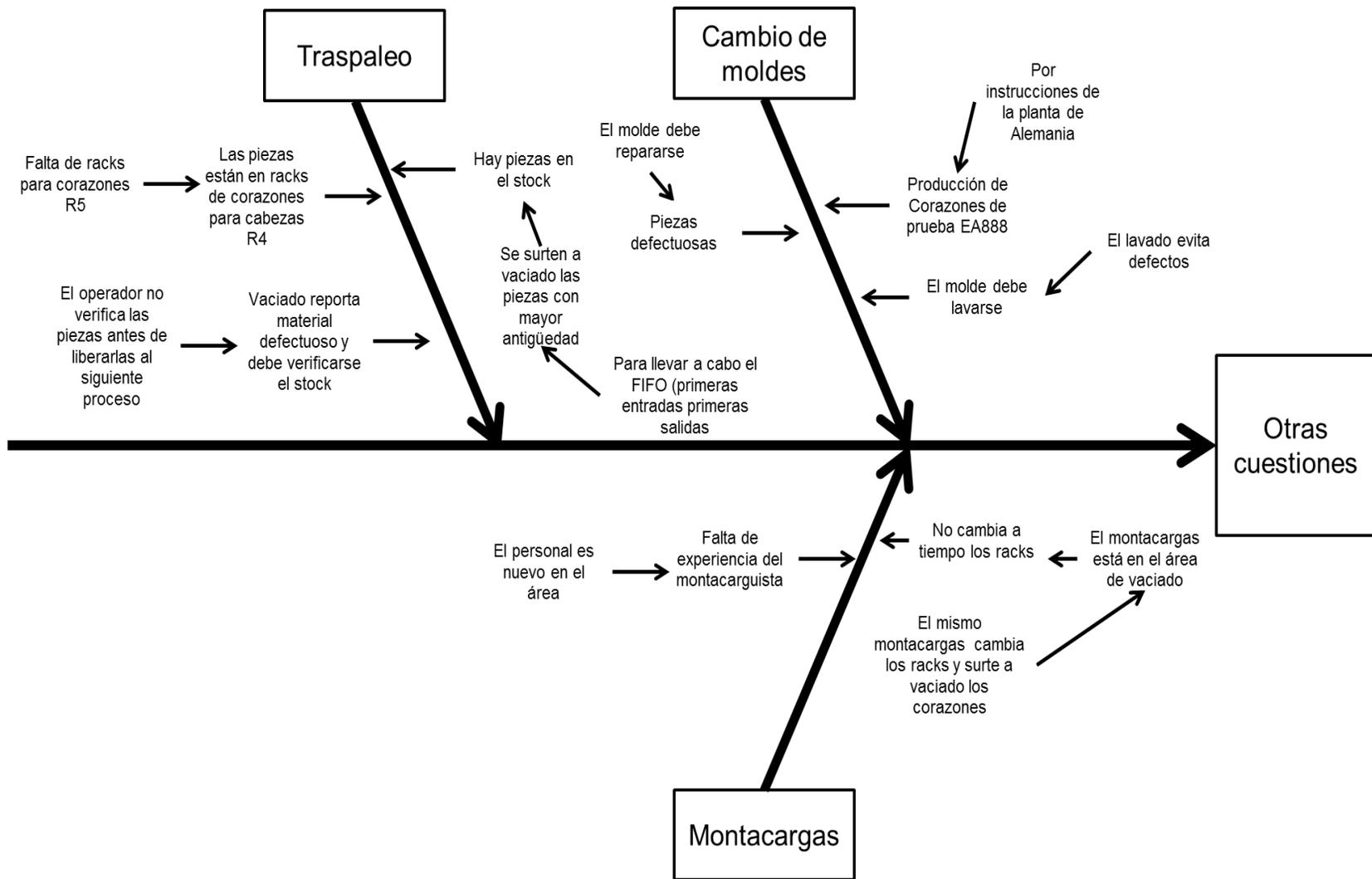
**Figura 5.16** Análisis de paros del sistema de pegado  
(Fuente: Elaboración propia)



**Figura 5.17** Análisis de paros de las máquinas  
(Fuente: Elaboración propia)



**Figura 5.18** Análisis de paros por materiales  
 (Fuente: Elaboración propia)



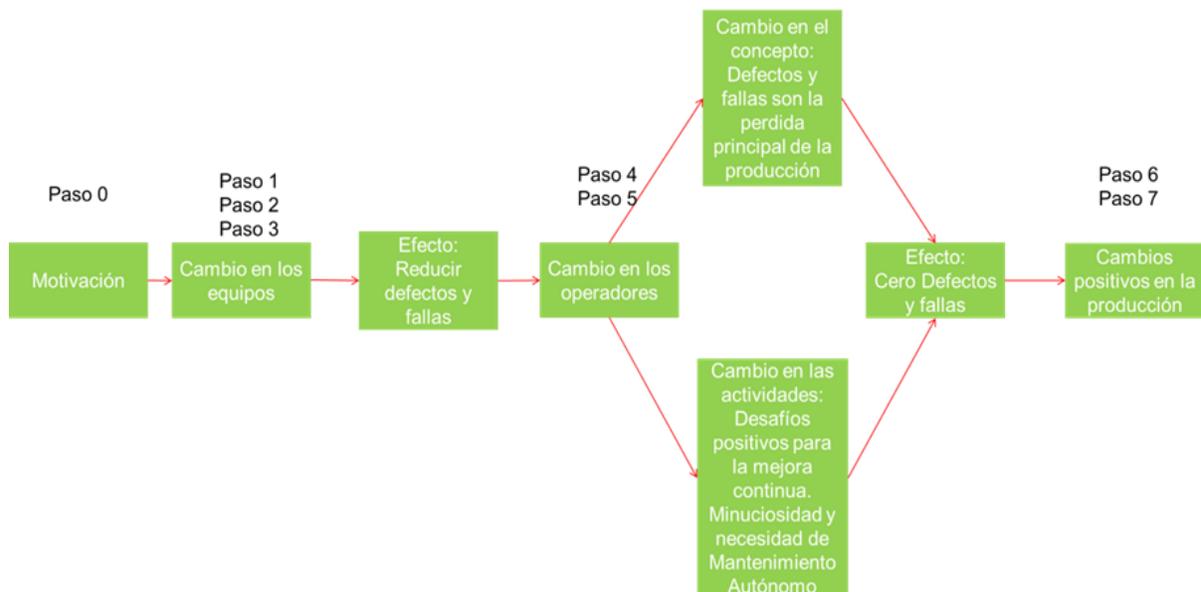
**Figura 5.19** Análisis de paros por otras cuestiones  
(Fuente: Elaboración propia)

**Capítulo 6**  
**Propuestas**

## 6.1 Motivación a los Operarios

Para implementar al cien por ciento el mantenimiento autónomo el personal debe conocer los objetivos que se pretenden alcanzar, el papel que juegan dentro de los planes y los beneficios de aplicar mantenimiento autónomo.

La **figura 6.1** presenta los pasos necesarios para implementar el mantenimiento autónomo.



**Figura 6.1** Pasos para la Implementación del Mantenimiento Autónomo  
(Fuente: Elaboración propia)

Durante la estancia en la línea de producción se impartieron pláticas de grupos de trabajo los días lunes (**figura 6.2**) en estas pláticas se trataron los siguientes temas:

1. Filosofía y Programa de Mantenimiento Productivo Total
2. Objetivos del Mantenimiento Productivo Total
3. Concepto de Mantenimiento Autónomo

4. Objetivos del Mantenimiento Autónomo
5. Tarjetas TPM durante el evento Manos a la Obra (**figura 6.3**).
6. Importancia de mantener limpios los equipos y el orden en las estaciones de trabajo y las consecuencias de tener los equipos sucios.

Las pláticas de grupos de trabajo tienen una duración de no más de treinta minutos, este espacio de tiempo debe aprovecharse para tratar constantemente los temas anteriores, no solo para conocimiento en general, también para despertar el interés de los operarios hacia temas más profundos, fomentar la participación activa.

Además aprovechar el tiempo para conocer algunas partes de las máquinas, este tema en especial para el personal eventual (de nueva contratación o que tengan menos de un año en el área).

También se registró la asistencia y participación en el evento de manos a la obra como se muestra en la **figura 6.4**.

Registro de Asistencias										
Evento: Información de Manos a la Obra										
Fecha Inicio: 21.11.2011					Semana 47					
Fecha Terminación: 21.11.2011					Clase No _____					
Duración: 15 min										
Horario: 8:00 a 8:15										
Lugar: Área de Corazones										
Instructor: Brasil Sainos										
Ord	CC.	NC.	Nombre	Ext	Puesto	Departamento	Fechas			Firmas del participante
										Recepción de Documento
1	6112	203330	QUINTERO ASTORGA HECTOR SERGIO	9632	Tecnico	Corazones				
2	6112	205978	GOMEZ SANCHEZ EDILBERTO	9632	Tecnico	Corazones				
3	6112	823495	ASCENSION OCHOA SAIRCK	9632	Tecnico	Corazones				
4	6112	203648	PEREZ MONTEL CIRILO	9632	Tecnico	Corazones				
5	6112	204399	MONTER CORTES FERNANDO	9632	Tecnico	Corazones				
6	6112	210313	DIAZ HERNANDEZ AARON	9632	Tecnico	Corazones				
7	6112	211496	ALONSO CHAVEZ JOSE FRANCISCO	9632	Tecnico	Corazones				
8	6112	823451	SOLIS ZAMORA JOSE JUAN	9632	Tecnico	Corazones				
9	6112	204346	DE LA CALLEJA FERNANDEZ JOSE ALEJAN	9632	Tecnico	Corazones				
10	6112	202448	RAMIREZ MER' O JESUS TOMAS	9632	Tecnico	Corazones				
11	6122	211173	RUEDA ZAMORA JOSE FELIPE EVELIO	9632	Tecnico	Corazones				
12	6113	201772	TAFOYA CAS' O JUVENAL	9632	Tecnico	Corazones				
13	6113	204325	RUIZ GOMEZ GABRIEL	9632	Tecnico	Corazones				
14	6112	201920	XAXALPA SANCHEZ ANTONIO NICOLAS	9632	Tecnico	Corazones				
15	6113	204376	MELO MARTINEZ VICTOR HUGO	9632	Tecnico	Corazones				
16	6112	211671	GUZMAN OSORIO ARTURO	9632	Tecnico	Corazones				
17	6112	211154	DE LA ROSA MEYO SERGIO	9632	Tecnico	Corazones				
18	6113	213555	HERNANDEZ HERNANDEZ MARTHA ERIKA	9632	Tecnico	Corazones				
19	6115	210196	JUAREZ SANCHEZ RAFAEL	9632	Tecnico	Corazones				
20	6122	210563	MUNGUIA ACA DANIEL	9632	Tecnico	Corazones				
21	6122	211450	GARCIA MARTINEZ JUAN CARLOS	9632	Tecnico	Corazones				
22	6111	211702	MORALES GUEVARA MARIANO	9632	Tecnico	Corazones				
23	6112	823546	ARTURO MUÑOZ SOLIS	9632	Tecnico	Corazones				
24	6122	207315	LEON AVILA CARMELO	9632	Tecnico	Corazones				
25	6122	213704	PEREZ SALAZAR RICARDO	9632	Tecnico	Corazones				
26	6122	501801	RAMIREZ MALDONADO MILTON	9632	Tecnico	Corazones				
27	6112	202418	CARREÑO CALDERON JUVENTINO	9632	Tecnico	Corazones				
28	6112	823428	OSORIO MANZOLA NICOLAS ARTURO	9632	Tecnico	Corazones				

● = Asistencia    F = falta  
 \*Solo aplica para capacitación legal

Fecha del instructor: \_\_\_\_\_

P1.3PER\_DES-63  
 Formato 3

Figura 6.2 Registro de Asistencia a las Pláticas  
(Fuente: Elaboración propia)

<b>VOLKSWAGEN</b> <small>DE MEXICO</small>	<b>VOLKSWAGEN</b> <small>DE MEXICO</small>
<b>TPM Mantenimiento Autónomo</b> <b>Folio: 1945</b>	<b>TPM Mantenimiento Autónomo</b> <b>Folio: 14722</b>
Equipo / Inventario: <u>615953</u> Lugar Encontrado: <u>M.G. #3</u> Columna: <u>F10-14</u> Estación / Tacto: <u>Cibolaat. No. 3111</u> Nave: <u>10</u> Fecha elaboración: <u>21/11/11</u> Turno: <u>12</u> Nombre: <u>J. Francisco Blanco</u> N.C.: <u>211496</u> Descripción del Problema: <u>Problemas de arranque en frío en motor estado</u>	Equipo / Inventario: <u>615950</u> Lugar Encontrado: <u>M.G. #3</u> Columna: <u>G-1020</u> Estación / Tacto: <u>12900000</u> Nave: <u>10</u> Fecha elaboración: <u>21/11/11</u> Turno: <u>12</u> Nombre: <u>J. Francisco Blanco</u> N.C.: <u>211496</u> Descripción del Problema: <u>Manisveras en desorden (neumáticos)</u>
<small>Nota: La totalidad de los campos deberá ser llenada con información. Cuando no aplique, el campo deberá ser cancelado.</small>	<small>Nota: La totalidad de los campos deberá ser llenada con información. Cuando no aplique, el campo deberá ser cancelado.</small>
<b>Copia mantenimiento</b> <small>Formato 11.1 -Manual Capacitación 9.1-P1-Mantenimiento Autónomo TPM</small>	<b>Copia mantenimiento</b> <small>Formato 11.1 -Manual Capacitación 9.1-P1-Mantenimiento Autónomo TPM</small>
<b>VOLKSWAGEN</b> <small>DE MEXICO</small>	<b>VOLKSWAGEN</b> <small>DE MEXICO</small>
<b>TPM Mantenimiento Autónomo</b> <b>Folio: 1945</b>	<b>TPM Mantenimiento Autónomo</b> <b>Folio: 1943</b>
Equipo / Inventario: <u>615953</u> Lugar Encontrado: <u>M.G. #3</u> Columna: <u>F10-14</u> Estación / Tacto: <u>Cibolaat. No. 3111</u> Nave: <u>10</u> Fecha elaboración: <u>21/11/11</u> Turno: <u>12</u> Nombre: <u>J. Francisco Blanco</u> N.C.: <u>211496</u> Descripción del Problema: <u>Problemas de arranque en frío en motor estado</u>	Equipo / Inventario: <u>615953</u> Lugar Encontrado: <u>M.G. #3</u> Columna: <u>F10-14</u> Estación / Tacto: <u>Cibolaat. No. 3111</u> Nave: <u>10</u> Fecha elaboración: <u>21/11/11</u> Turno: <u>12</u> Nombre: <u>J. Francisco Blanco</u> N.C.: <u>211496</u> Descripción del Problema: <u>Cherax Luvillera en general de la máquina</u>
<small>Nota: La totalidad de los campos deberá ser llenada con información. Cuando no aplique, el campo deberá ser cancelado.</small>	<small>Nota: La totalidad de los campos deberá ser llenada con información. Cuando no aplique, el campo deberá ser cancelado.</small>
<b>Copia Instalación</b> <small>Formato 11.1 -Manual Capacitación 9.1-P1-Mantenimiento Autónomo TPM</small>	<b>Copia mantenimiento</b> <small>Formato 11.1 -Manual Capacitación 9.1-P1-Mantenimiento Autónomo TPM</small>

**Figura 6.3 Tarjetas TPM**  
(Fuente: Elaboración propia)

Registro de Asistencias											
Evento: PRÁCTICAS DE MANOS A LA OBRA											
Fecha Inicio: 21.11.11					Semana: 47						
Fecha Terminación: 21.11.11					Clase No: _____						
Duración: 120 min					Fechas:						
Horario: 6:00 a 8:00					21.11.11						
Lugar: Área de corazones											
Instructor: Braulio Sainos					Firmas del participante:						
Pos	CC	NC	Nombre	Ext	Puesto	Departamento				Asistencia	Recepción de Documento
1	6112	203330	QUINTERO ASTORGA HECTOR SERGIO	9632	Tecnico	Corazones	•				
2	6112	205978	GOMEZ SANCHEZ EDILBERTO	9632	Tecnico	Corazones	•				
3	6112	823495	ASCENSION OCHOA SAIRCK	9632	Tecnico	Corazones	•				
4	6112	203648	PEREZ MONTIEL CIRILO	9632	Tecnico	Corazones	•				
5	6112	204399	MONTER CORTES FERNANDO	9632	Tecnico	Corazones	•				
6	6112	210313	DIAZ HERNANDEZ AARON	9632	Tecnico	Corazones	•				
7	6112	211496	ALONSO CHAVEZ JOSE FRANCISCO	9632	Tecnico	Corazones	•				
8	6112	823451	SOLIS ZAMORA JOSE JUAN	9632	Tecnico	Corazones	•				
9	6112	204346	DE LA CALLEJA FERNANDEZ JOSE ALEJANDRO	9632	Tecnico	Corazones	•				
10	6112	202448	RAMIREZ MERLO JESUS TOMAS	9632	Tecnico	Corazones	•				
11	6122	211173	RUEDA ZAMORA JOSE FELIPE EVELIO	9632	Tecnico	Corazones	•				
12	6113	201772	TAFOYA CASTRO JUVENAL	9632	Tecnico	Corazones	•				
13	6113	204325	RUIZ GOMEZ GABRIEL	9632	Tecnico	Corazones	•				
14	6112	201920	XAXALPA SANCHEZ ANTONIO NICOLAS	9632	Tecnico	Corazones	•				
15	6113	204376	MELO MARTINEZ VICTOR HUGO	9632	Tecnico	Corazones	•				
16	6112	211671	GUZMAN OSORIO ARTURO	9632	Tecnico	Corazones	•				
17	6112	211154	DE LA ROSA MEYO SERGIO	9632	Tecnico	Corazones	•				
18	6113	213555	HERNANDEZ HERNANDEZ MARTHA ERIKA	9632	Tecnico	Corazones	•				
19	6115	210196	JUAREZ SANCHEZ RAFAEL	9632	Tecnico	Corazones	•				
20	6122	210583	MUNGUIA ACA DANIEL	9632	Tecnico	Corazones	•				
21	6122	211450	GARCIA MARTINEZ JUAN CARLOS	9632	Tecnico	Corazones	•				
22	6111	211702	MORALES GUEVARA MARIANO	9632	Tecnico	Corazones	•				
23	6112	823546	ARTURO MUÑOZ SOLIS	9632	Tecnico	Corazones	•				
24	6122	207315	LEON AVILA CARMELO	9632	Tecnico	Corazones	•				
25	6122	213704	PEREZ SALAZAR RICARDO	9632	Tecnico	Corazones	•				
26	6122	501801	RAMIREZ MALDONADO MILTON	9632	Tecnico	Corazones	•				
27	6112	202418	CARRERO CALDERON JUVENTINO	9632	Tecnico	Corazones	•				
28	6112	823428	OSORIO MANZOLA NICOLAS ARTURO	9632	Tecnico	Corazones	•				

Figura 6.4 Registro de Asistencia de Manos a la Obra (Fuente: Elaboración propia)

## 6.2 Personal Especializado

En la línea se tienen a tres personas que iniciaron en marzo de 2011, éstas no cuentan con los conocimientos necesarios para llevar a cabo reparaciones menores en los equipos debido a que estas no son egresados de la escuela de capacitación.

Durante la primera semana de trabajo se les da una capacitación al área, para que conozcan todas las actividades, sin embargo el aprendizaje en cuanto a reparaciones menores de máquinas, cambio de moldes y otras actividades las experimentan con la práctica a lo largo del tiempo.

La empresa proporciona capacitación durante el año para el personal, sin embargo al ser eventuales o de reciente contratación, el tiempo de espera para que sean instruidos es más largo, debido a que a veces se quedan en el área y en otras no, de igual manera se transfiere personal de otras áreas al área de corazones, por lo que la inducción al área es la capacitación que se les proporciona.

Se sugiere facilitar los cursos al personal eventual para:

- Conocer las partes de las máquinas de caja fría
- Limpieza de los equipos de caja fría
- Lubricación y apriete de tornillos a las máquinas de caja fría

Volkswagen cuenta con una escuela de capacitación, en ella los jóvenes aprenden a operar y reparar equipos de producción. Cuando terminan el curso están listos para ser ubicados en las múltiples áreas de la planta.

En la línea de producción de corazones para cabezas de motor R5 se necesita personal con mayor grado de conocimientos de robótica, mecánica y electrónica, tener operarios con estas preparaciones permite que al ocurrir una falla no tenga que esperarse a que los operarios de mantenimiento lleguen al área para reparar el equipo, el mismo operario buscará dar solución a los problemas lo más pronto posible.

Para seleccionar al personal que debe laborar en la línea de corazones se propone el siguiente perfil de puesto para operario de corazones:

Primero las responsabilidades con las que debe lidiar en el área:

- Cumplir con los planes de producción.
- Reportar anomalías en las máquinas.

- Llevar a cabo las actividades de mantenimiento autónomo.
- Llenar correctamente los formatos de producción, desecho y de liberación de máquinas.
- Aportar mejoras al área.

A continuación se describen las funciones a ocupar en los diferentes puestos de trabajo:

- Operar las máquinas Hottinger y Transfer de Caja Caliente, Mesas Giratorias y Máquinas Hottinger de Caja Fría.
- Llevar a cabo mantenimiento autónomo a las máquinas.
- Rebabeear corazones tanto de caja caliente como de caja fría.
- Preparación de arena en los mezcladores.
- Capacidad para llevar a cabo el mantenimiento de las máquinas junto con los operarios de mantenimiento.

Los requisitos mínimos para ocupar el puesto son:

- No tener familiares laborando en Nave 10.
- Tener entre 15 y 18 años.

La educación necesaria para el puesto es:

- Ser estudiante de Volkswagen Instituto.
- Contar con secundaria y/o preparatoria terminada con un promedio mínimo de 8.0.
- Contar con un promedio mínimo de 8.0 en los estudios de Volkswagen Instituto.

La formación académica para el aspirante debe tener:

- Conocimientos en electrónica, mecánica y robótica

El candidato debe contar con las siguientes habilidades:

- Creatividad
- Responsabilidad
- Iniciativa para el trabajo

La experiencia con la que debe contar el aspirante es:

- Sin experiencia, el interesado debe ser egresado de Volkswagen Instituto.

### **6.3 5 S's en las Estaciones de Trabajo**

Para tener una mejor distribución de elementos en las estaciones de trabajo, deben implementarse las 5 S's como se plantea a continuación.

#### **Clasificación**

Elementos necesarios:

Áreas de rebabeo:

- Rebabeador
- Pintura de grafito,
- Pistola para pintar

- Arpa para reababear
- Formatos de liberación de material.

Elementos innecesarios:

- Botellas de agua
- Piezas defectuosas
- Equipo de protección (nuevo o desechado)
- Trapos
- Basura

Área de controles de la máquina:

Elementos necesarios:

- Formatos de producción
- Caja de herramientas
- Pistola de sopleteo

Elementos innecesarios:

- Botellas de agua
- Latas de refresco
- Basura
- Herramientas dañadas (botadores)
- Equipo de protección personal nuevo o usado

## **Orden**

Se sugiere etiquetar los elementos necesarios en las estaciones de trabajo para que cada cosa tenga su lugar dentro de la estación, las etiquetas permitirán distinguir que elementos sobran y que deben ser removidos del área, también permite que las cosas puedan encontrarse con facilidad.

## **Limpieza**

La arena es la materia prima para elaborar corazones, durante el proceso de producción de corazones es común que se riegue alrededor de las máquinas debido a que los moldes se sopletean, evitando que la arena se pegue en los moldes.

Para evitar que la arena se acumule en exceso se debe limpiar durante el turno las áreas donde hay mayor acumulación de arena, para limpiar se debe proporcionar una persona de la línea de producción de corazones para cabezas R4 antes de que esta persona tome su pausa de comida, 10:00 am para el primer turno y 6:00 pm para el segundo turno, el espacio de limpieza no debe ser mayor a 10 minutos.

## **Estandarización**

Primeramente se fomenta la clasificación de los elementos necesarios en las áreas de trabajo, el orden de éstas y la limpieza de las áreas de trabajo, no resulta fácil querer estandarizar algo cuando el personal está acostumbrado a tener su centro de trabajo en un estado inapropiado, sin embargo con la ayuda de las pláticas de grupos de trabajo al mismo tiempo que se inspecciona el área se logrará mantener las estaciones de trabajo en buen estado.

## **Disciplina**

Para establecer las condiciones que promuevan, beneficien y mantengan lo que se vaya logrando, en la implementación de la disciplina se debe:

Educar al personal sobre los principios y técnicas de las 5 S's y mantenimiento autónomo.

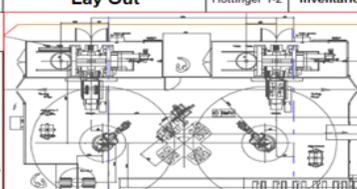
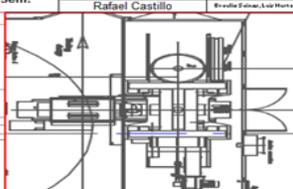
- Elegir un líder para la Implementación en toda la entidad.
- Suministrar los recursos para la implementación de las 5 S's.
- Motivar y participar directamente en la promoción de las actividades.
- Evaluar el progreso y evolución de la implementación en la línea.
- Aplicar las 5 S's el trabajo administrativo.
- Enseñar con el ejemplo.

## **6.4 Formatos de Limpieza y Lubricación**

Actualmente los formatos de limpieza y lubricación no son llenados de manera consciente, cada semana que se recogen de las estaciones de trabajo por lo menos uno no está lleno, es importante que cada operario al inicio de la semana llene el documento, conforme realice las actividades de Mantenimiento Autónomo.

Cada lunes los operarios reciben su formato y firman la casilla que indica que realizó la actividad señalada, existen algunas actividades que se realizan durante la semana, sin embargo, los operarios firman todas las casillas o en ocasiones no las llenan, lo que ocasiona que no haya manera de comprobar si realizó la actividad correspondiente o sólo firmó por cumplir con el requisito.

Se sugiere que los coordinadores verifiquen al término del mantenimiento autónomo que la hoja de actividades se haya firmado con respecto a las acciones realizadas, El Formato de Limpieza y Lubricación se muestra en la **figura 6.5**.

Estandares Tentativos de Mantenimiento Autonomo Gerencia de Fundación N-10/Corazones										FORMATO DE REFERENCIA						
Depto.	Corazones R5		Lay Out	Hottinger 1-2	Inventario	Sem.	Jefe de Departamento Rafael Castillo		Coordinador	Puntos de referencia de limpieza e inspección TPM 						
Objetivo: limpieza, inspección y lubricación																
DETECCION DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACION, GENERANDO AREAS DE OPORTUNIDAD PARA SU CONTROL O ELIMINACION, GENERANDO ESPACIOS LIMPIOS Y EQUIPOS EFICIENTES																
No	Lugar	Metodo	Medida de Control	Frecuencia	Tiempo (Min)	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	HEPGRAMENTA	Firma	Y No de control	
1	HOTTINGER 1, 2	INSPECCION	Verificar tornillos de acoplamiento de campana y mordazas	1 vez por semana	5 min	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3		1º Turno	2º Turno	3º Turno
2	HOTTINGER 1, 2	LIMPIEZA / LUBRICACION	Limpieza y lubricacion de pistones laterales	1 vez por semana	3 hrs											
3	HOTTINGER 1, 2	INSPECCION	Deteccion de fugas de gasolina, aceite, aire	1 vez por Turno	15 min											
4	HOTTINGER 1, 2	LIMPIEZA	Micros, detectores limpios y correcta fijacion	1 vez por semana	30 min											
5	HOTTINGER 1, 2	INSPECCION	Revisión y apriete de tornillería en general	1 vez por semana	20 min											
6	HOTTINGER 1, 2	LIMPIEZA	Limpieza interna de la maquina	1 vez por turno	10 min											
7	HOTTINGER 1, 2	INSPECCION	Revisión de lamparas y limpieza en tablero de control	1 vez por semana	30 min											
8	HOTTINGER 1, 2	LUBRICACION	Revisión de niveles de aceite (hidraulico)	1 vez por semana	10 min											Página 5
9	HOTTINGER 1, 2	LIMPIEZA	Limpieza del engrane que mueve el carro transportador de moldes	1 vez por semana	60 min											
10	HOTTINGER 1, 2	LIMPIEZA	Limpieza a guias de moldes	1 vez por semana	10 min											
11	HOTTINGER 1, 2	LIMPIEZA	Limpieza en filtro de inyeccion para codos exteriores	1 vez por Turno	15 min											
12	HOTTINGER 1, 2	INSPECCION	Se realiza inspección y cambio de insertos dañados	1 vez por semana	10 min											
13	HOTTINGER 1, 2	INSPECCION	Se realiza cambio de empaques dañados a boquillas de inyección	1 vez por semana	10 min											
14	HOTTINGER 1, 2	LIMPIEZA	Limpieza con carda en boquillas de campanas de inyeccion	1 vez por día	15 min											
15	HOTTINGER 1, 2	INSPECCION	Verificar apriete de tornillos sujetadores de portabujes de campana de inyeccion de arena y gas	1 vez por turno	15 min											
16	Mezclador Luber	LIMPIEZA / INSPECCION	Limpieza de Mezclador y revisión de la malla	1 vez por semana	30 min											Página 6

**Figura 6.5** Formato de Limpieza y Lubricación de Máquinas Hottinger 1 y 2  
(Fuente: Volkswagen de México, Fundación Área de Corazones)

## 6.5 Distribución de Actividades en el Evento de Manos a la Obra

El evento de Manos a la obra se realiza frecuentemente los días lunes, para tener una mejor distribución de trabajo y asignar responsabilidades se propone la siguiente distribución de actividades, tiene como objetivos asignar responsabilidades de manera que se mejore el trabajo en equipo y se respeten los tiempos que están preestablecidos para cada actividad.

## Caja Fría

En la **figura 6.6** se distribuyen las actividades para las máquinas de caja fría, los tiempos que aparecen ya han sido establecidos con anterioridad por los coordinadores de producción en conjunto con los operarios.

Con los trabajos distribuidos de la siguiente manera entre 4 operarios del primer turno se proyecta un tiempo de Manos a la Obra en Caja Fría de 80 minutos.

Para llevar a cabo los trabajos cada persona debe seleccionar que actividades va a realizar, desde luego en forma lineal como está en la figura 5.3, algunos operarios realizarán solo tres actividades, sin embargo algunas llevan más tiempo que otras, cada operario se concentra en realizar las actividades y si las lleva a cabo en menos tiempo de lo pronosticado debe apoyar a sus otros compañeros para realizar el mantenimiento en menos tiempo.

## Caja Caliente

Se hace mención de la línea de Caja Caliente, donde se producen corazones para cabezas de motor R4, porque el personal que la opera apoya a Caja Fría, de manera que las actividades de Mantenimiento Autónomo se realicen en menos tiempo, esta línea cuenta con aproximadamente 20 operarios en el primer turno.

La **figura 6.7** se encuentra la distribución de actividades de mantenimiento autónomo para el clasificador de arenas, en el clasificador de tiene proyectado un tiempo de trabajo de 80 minutos con los dos operarios.

Cada operario selecciona la columna de actividades que desea realizar, por ejemplo primero la limpieza del tablero de control, después la limpieza del cuerpo general hasta llegar a la revisión de lámparas.

En la **figura 6.8** están las actividades de mantenimiento autónomo para el sistema Webac (mezclador para la línea de Caja Caliente), el tiempo de trabajo se proyecta en 100 minutos.

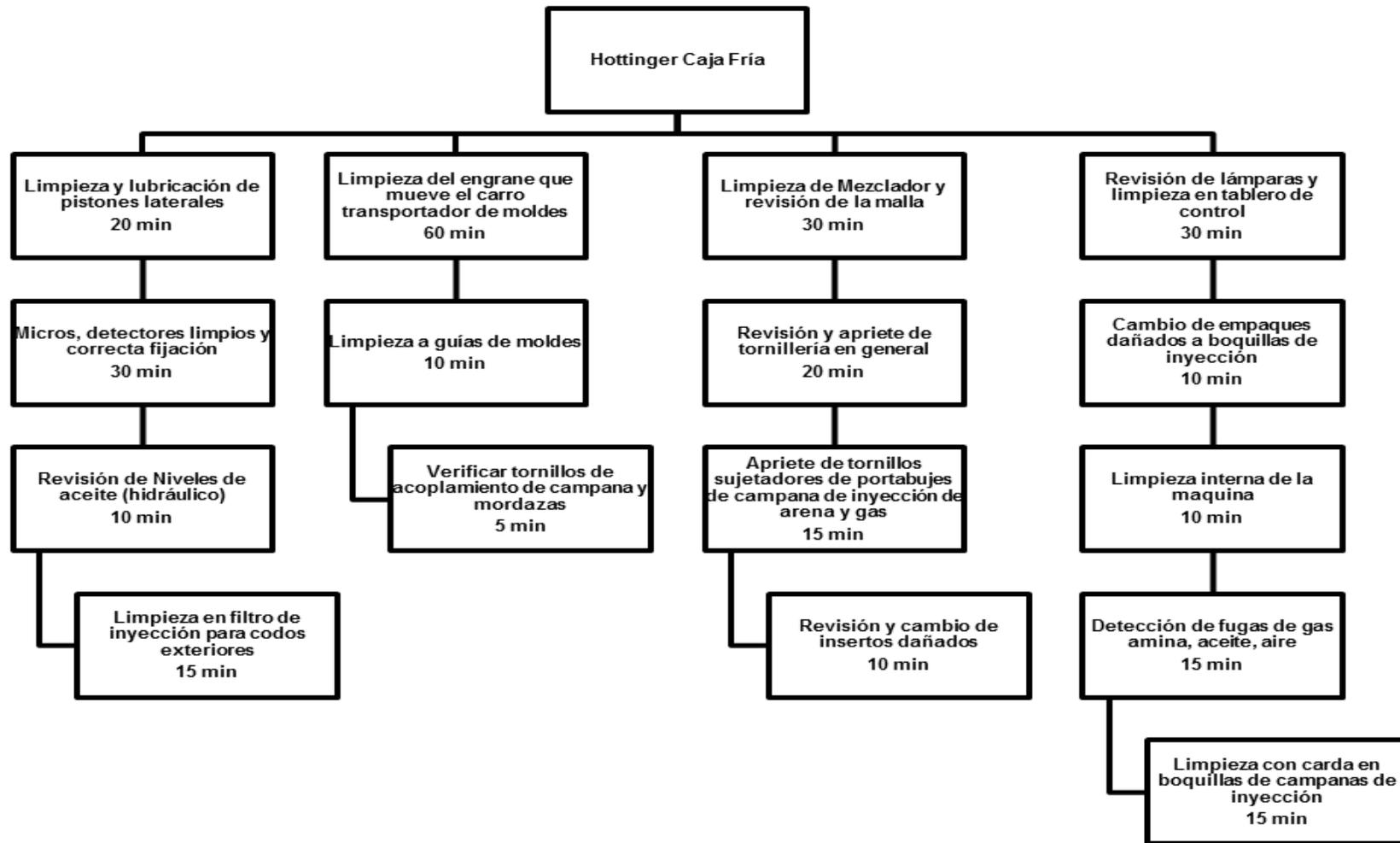
De igual manera para el sistema Webac el operario selecciona la columna de actividades que va a realizar y se concentra sobre ellas hasta terminarlas.

La **figura 6.9** contiene las actividades de mantenimiento autónomo para las máquinas Hottinger y Transfer. En estas máquinas se tiene un tiempo justo de 120 minutos de duración de trabajos de manos a la obra. Aquí cada operario selecciona a una persona para que le apoye con una columna de actividades, y cada uno se concentra en sus actividades.

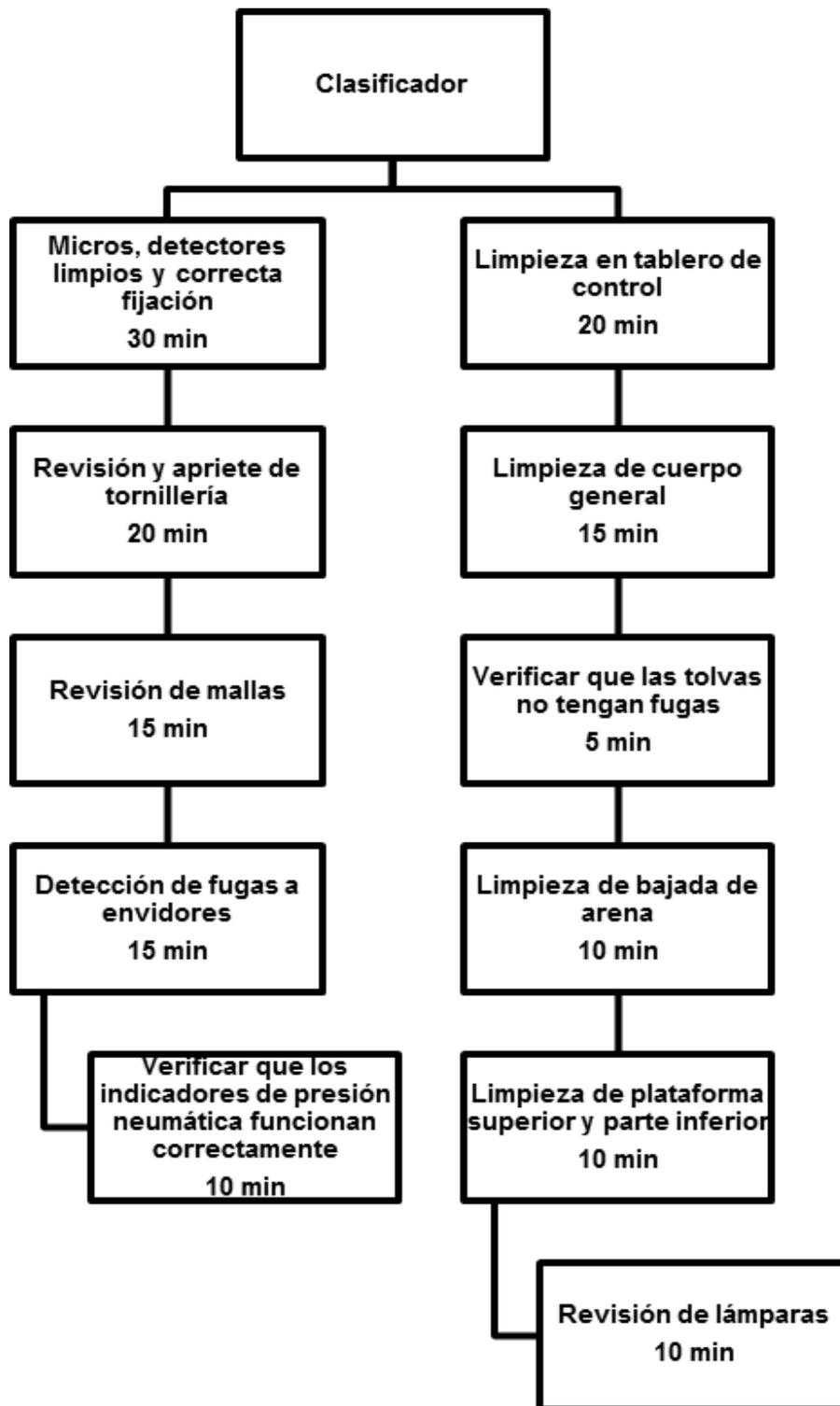
En **figura 6.10** están las actividades de mantenimiento autónomo para las mesas giratorias. El tiempo de manos a la obra para las mesas giratorias se proyecta de 2 horas, aquí también el operario selecciona a una persona para que le apoye con el mantenimiento y selecciona una columna de actividades dando prioridad como está en la figura a las actividades que lleva más tiempo realizarlas.

## **6.6 Lay-Out de Fugas**

Contar con el lay-out de fugas en un lugar visible permite que los operarios conozcan los lugares donde posiblemente puedan presentarse fallas o se estén generando problemas constantemente, de manera que inspeccionen en esos puntos los equipos, se sugiere actualizar el lay-out de fugas para que una vez que se solucionen las fugas actuales puedan identificarse las fugas que vayan apareciendo con el tiempo. La **figura 6.11** presenta el lay-out de fugas.



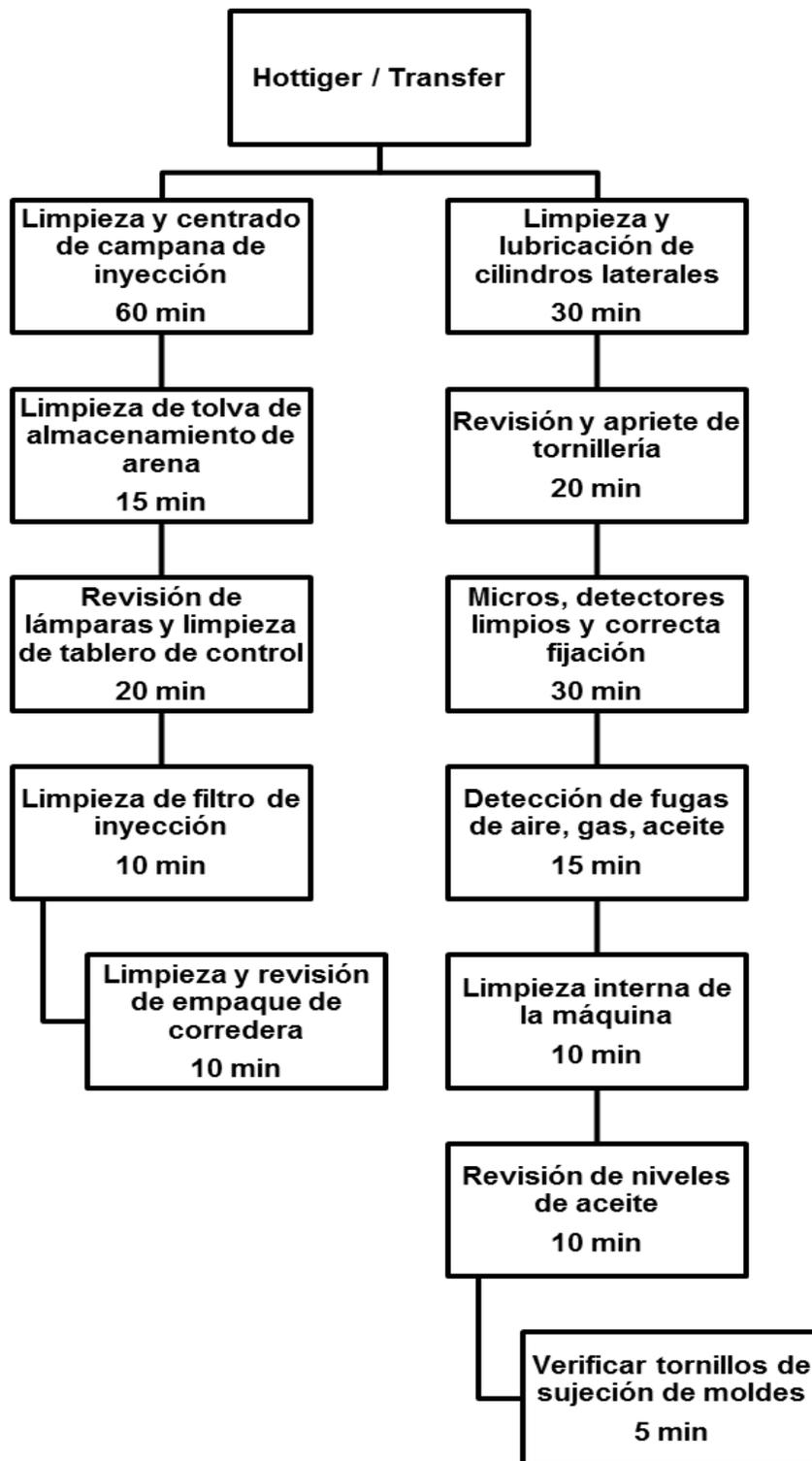
**Figura 6.6** Actividades de Mantenimiento en Máquinas Hottinger 1-2 Caja Fria  
(Fuente: Elaboración propia)



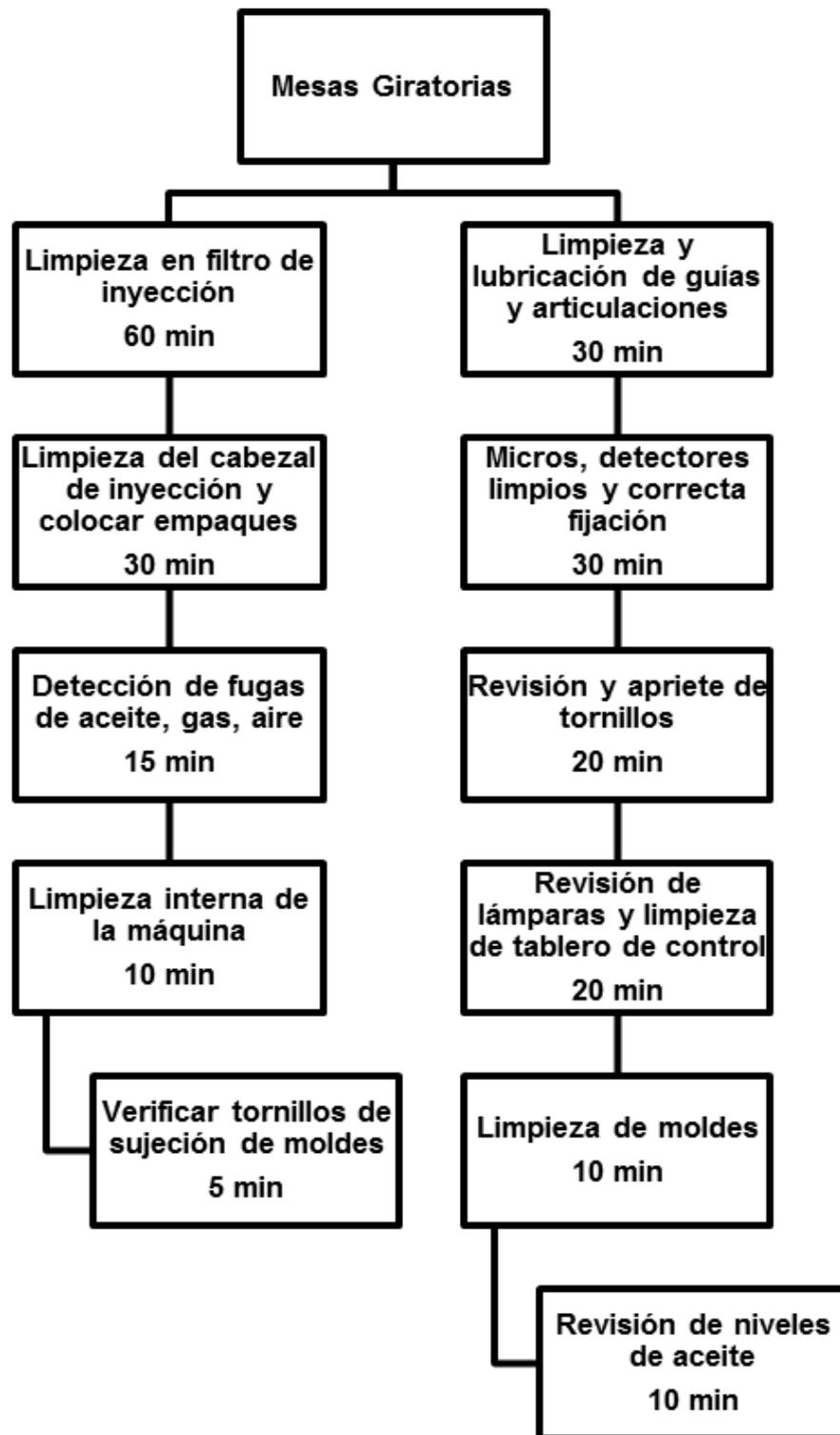
**Figura 6.7** Actividades de Mantenimiento Autónomo para el Clasificador de Arenas  
(Fuente: Elaboración propia)



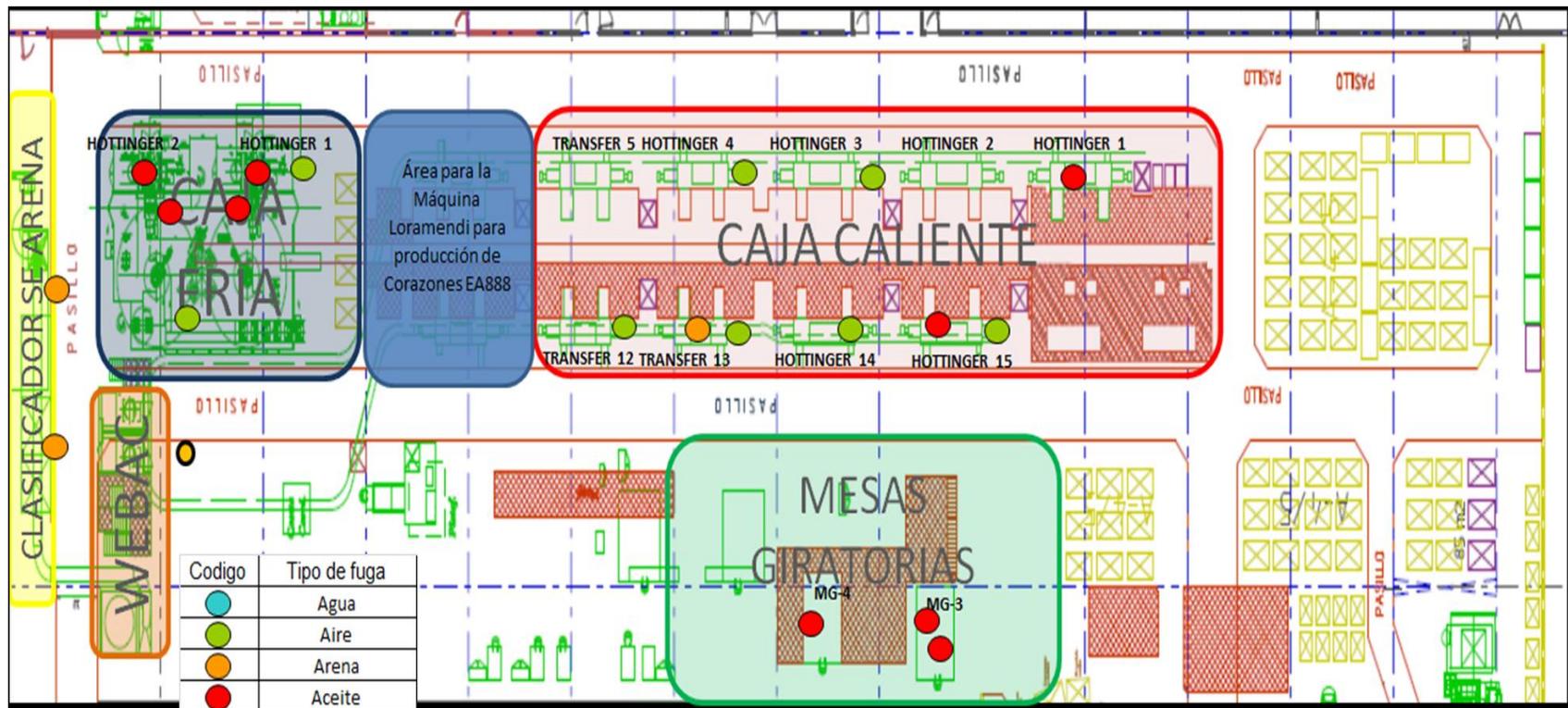
Figura 6.8 Actividades de Mantenimiento Autónomo para el Sistema Webac  
(Fuente: Elaboración propia)



**Figura 6.9** Actividades de Mantenimiento Autónomo para las Máquinas Hottinger y Transfer  
(Fuente: Elaboración propia)



**Figura 6.10** Actividades de Mantenimiento Autónomo para las Mesas Giratorias  
(Fuente: Elaboración propia)



**Figura 6.11** Lay-Out de Fugas  
(Fuente: Adaptado del Lay-out del Área de Corazones de Volkswagen de México)

## 6.7 Formato de Evaluación de 5 S's

En la **figura 6.12** se muestra el formato de evaluación de 5 S's, con base en ésta, se pretende que cada operario al término de las actividades de Manos a la Obra (Mantenimiento Autónomo) sea evaluado por sus propios compañeros, el formato es sencillo y lo único que se debe hacer es calificar la estación de trabajo de cada operario.

Se seleccionan al azar dos personas para que inspeccionen el estado de las máquinas y estaciones de trabajo al término del mantenimiento autónomo, estas personas califican cada estación de acuerdo a los criterios de limpieza, orden, clasificación, seguridad y estandarización, con una escala de 0 a 10.

Al obtener los respectivos resultados, si estos son de menos de 20 puntos, se debe hablar con los operarios para concientizar y buscar el mejoramiento de su área de trabajo, en ocasiones como fue comprobado en la estancia en el área es por falta de interés, por lo que al inicio de la semana es importante abordar el tema en las pláticas de grupos de trabajo.

## 6.8 Plan de Mantenimiento Autónomo

**Objetivo:** Realizar las actividades del Estándar de Mantenimiento Autónomo para conservar la maquinaria de producción de Corazones para Cabezas de Motor R5 en su estado ideal.

## EVALUACIÓN AUTÓNOMA DE 5 S's

**PARTICIPANTES:**

**SEMANA:**

### AREA CORAZONES

Califica del 1 al 5 cada una de las observaciones, en seguida coloca la suma total de cada maquina o puesto, al final marca con una " X " el estado en que se encuentra el area evaluada.

No.	MAQUINA	OBSERVACIONES					Total	Mal Menos de 20 puntos	OK Mas de 20 puntos
		Limpieza	Orden	Clasificacion	Disciplina	Estandarizacion			
1	Hottinger No. 1								
2	Hottinger No. 2								
3	Hottinger No. 3								
4	Hottinger No. 4								
5	Transfer No. 12								
6	Transfer No. 13								
7	Hottinger No. 14								
8	Hottinger No. 15								
9	Mesa Giratoria No. 3								
10	Mesa Giratoria No. 4								
11	Hottinger No. 1 CF.								
12	Hottinger No. 2 CF.								
13	Puesto de Rebabeo 1								
14	Puesto de Rebabeo 2								
15	Puesto de Rebabeo 3								
16	Puesto de Rebabeo 4								
17	Puesto de Rebabeo 5								
18	Puesto de Rebabeo 6								
19	Puesto de Rebabeo 7								
20	Puesto de Rebabeo 8								
21	Surtidor Carrusel 1								
22	Surtidor Carrusel 4								

**Figura 6.12** Evaluación Autónoma de 5 S's  
(Fuente: Elaboración propia)

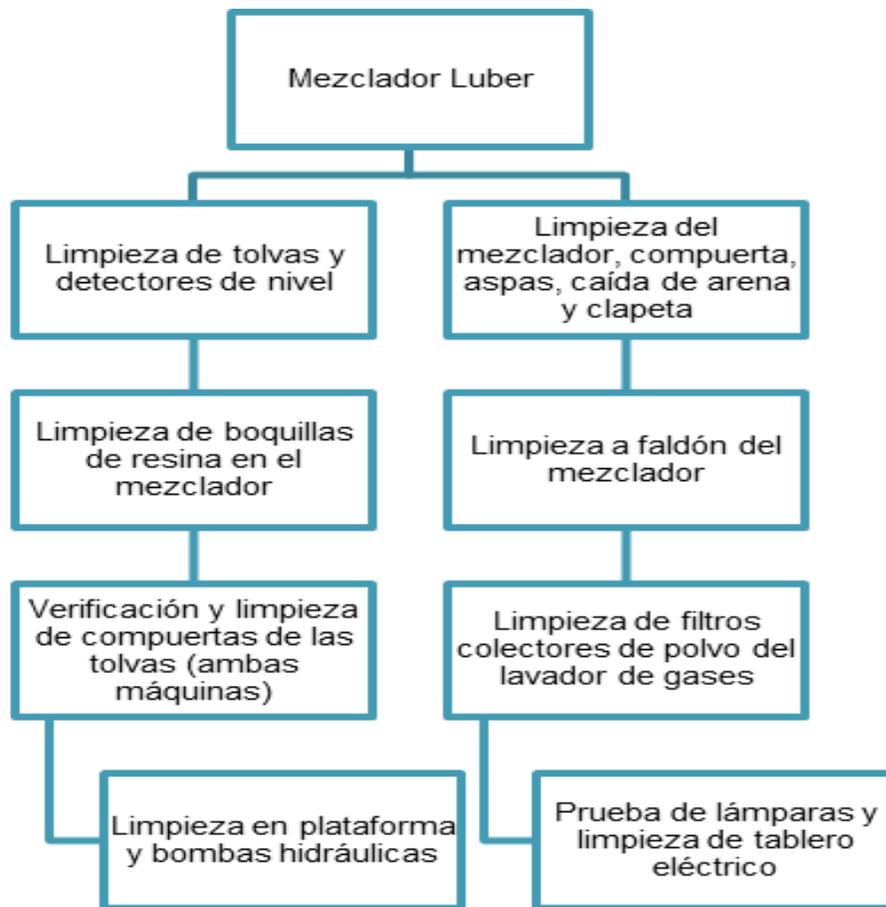
## 6.8.1 Actividades

### 6.8.1.1 Mezclador Luber

1. Limpieza a tolvas y detectores de nivel.
2. Limpieza del mezclador, compuerta, aspas, caída de arena y clapeta.
3. Limpieza de boquillas de resina en el mezclador.
4. Limpieza a faldón del mezclador.
5. Verificación y limpieza de compuertas de las tolvas (ambas máquinas).
6. Limpieza de filtros colectores de polvo del lavador de gases.
7. Limpieza en plataforma y bombas hidráulicas.
8. Prueba de lámparas y limpieza de tablero eléctrico.

Las actividades anteriores deben realizarse el domingo en el 3er turno (5 am del día lunes), para que el mezclador esté limpio al inicio de la semana, la limpieza la realizan 2 operarios antes de terminar sus labores, debe quedar libre de área y resina, de esta manera evitar problemas a lo largo de la jornada de producción. Las actividades se reparten como se muestra en la **figura 6.13**.

Una persona realiza las actividades de la primera columna y otra las actividades de la segunda columna, sin embargo ambos deben apoyarse en caso de que alguna persona termine sus actividades, en este caso una persona se concentra en limpiar el mezclador y otra en limpiar las tolvas.



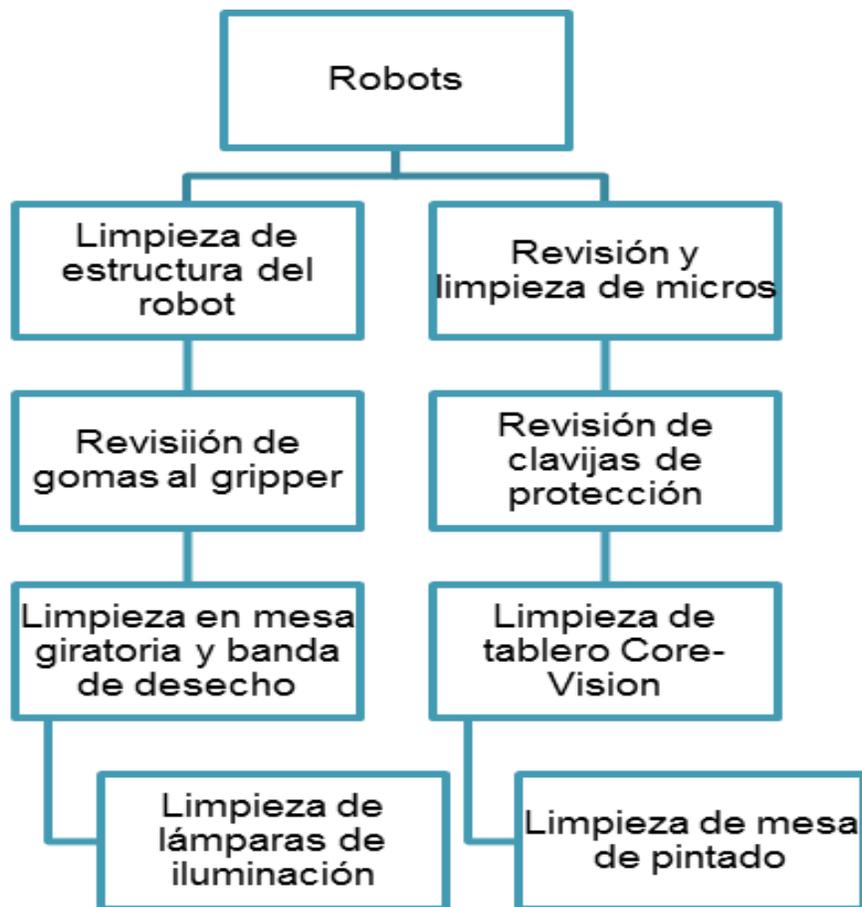
**Figura 6.13** Distribución de Actividades de Mantenimiento Autónomo para el Mezclador Luber  
(Fuente: Elaboración propia)

### 6.8.1.2 Robots

1. Limpieza de estructura del robot.
2. Revisión y limpieza de micros.
3. Revisión de gomas de Gripper.
4. Revisión de clavijas de protección.
5. Limpieza en mesa giratoria y banda de desecho.
6. Limpieza en tablero Core-Vision.
7. Limpieza de lámparas de iluminación.
8. Limpieza de mesa de pintado

Estas actividades deben realizarse el día lunes en el primer turno (6am), de esta manera mientras se cambian los moldes el personal de apoyo a la línea realiza la limpieza de los robots, para ello se requiere de 2 personas.

La distribución de actividades para los robots se muestra en la **figura 6.14**, como se ha mencionado anteriormente cada persona selecciona la columna de actividades que va a realizar, las lleva a cabo de acuerdo a la organización, una persona comienza limpiando el robot mientras la otra revisa los micros hasta terminar con sus actividades.



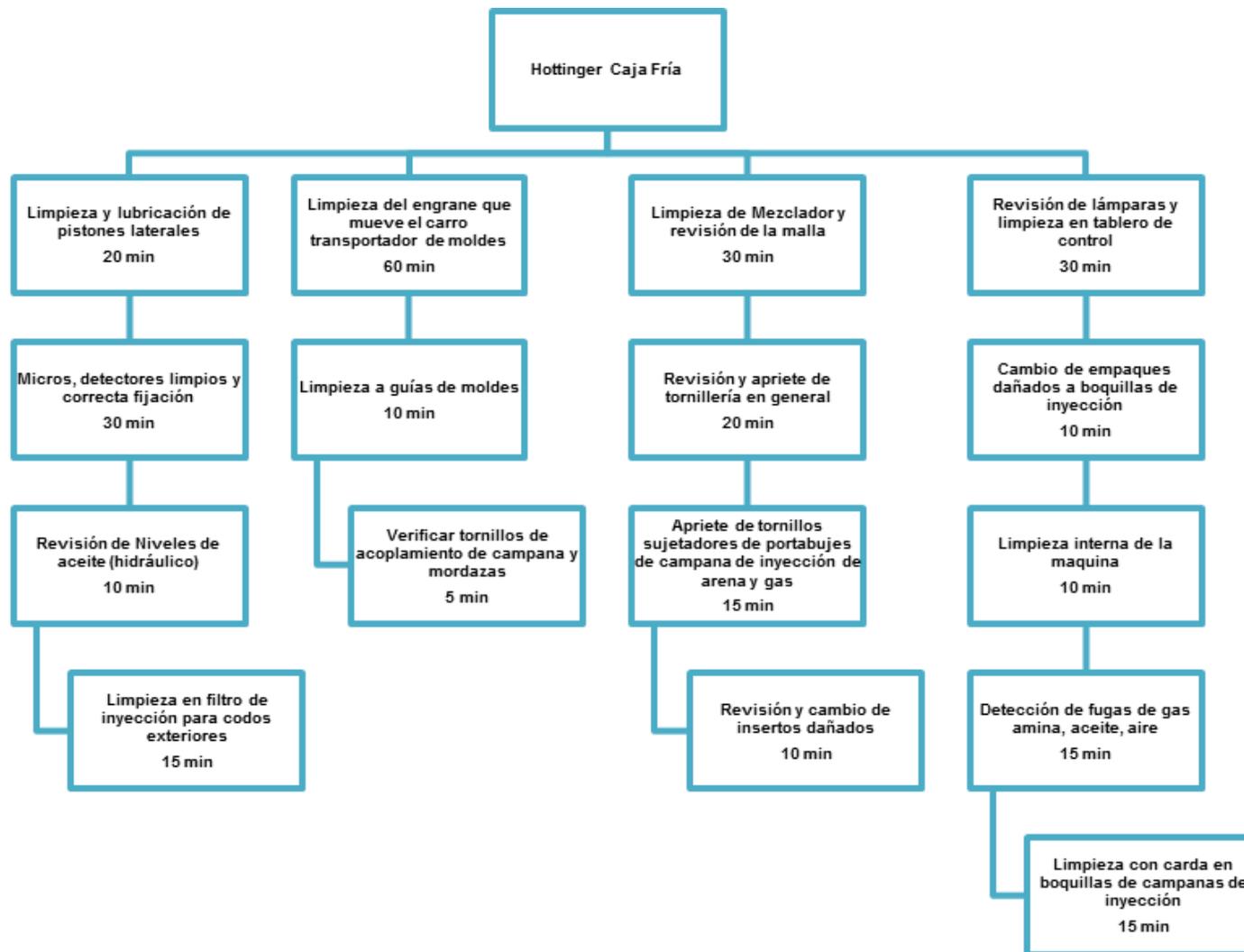
**Figura 6.14** Distribución de Actividades de Mantenimiento Autónomo para los Robots  
(Fuente: Elaboración propia)

### 6.8.1.3 Máquinas Hottinger 1y 2

1. Verificar tornillos de acoplamiento de campana y mordazas
2. Limpieza y lubricación de pistones laterales
3. Detección de fugas de gas amina, aceite, aire
4. Micros, detectores limpios y correcta fijación
5. Revisión y apriete de tornillería en general
6. Limpieza interna de la maquina
7. Revisión de lámparas y limpieza en tablero de control
8. Revisión de Niveles de aceite (hidráulico)
9. Limpieza del engrane que mueve el carro transportador de moldes
10. Limpieza a guías de moldes
11. Limpieza en filtro de inyección para codos exteriores
12. Inspección y cambio de insertos dañados
13. Cambio de empaques dañados a boquillas de inyección
14. Limpieza con carda en boquillas de campanas de inyección
15. Verificar apriete de tornillos sujetadores de portabujes de campana de inyección de arena y gas.

Las actividades anteriores actividades deben realizarse cada semana, sin embargo por las cargas de trabajo algunas no se realizan, por esta razón las actividades 1, 2, 4, 8, 11, 12, 13, 14, 15 son necesarias para comenzar la semana, las actividades restantes deben realizarse a lo largo del día y de la semana sin pasarlas por alto. La distribución de actividades para las máquinas Hottinger 1 y 2 están en la **figura 6.15**.

Cada operario selecciona la columna de actividades que va a realizar hasta terminar con éstas, las actividades van desde las que toman mas tiempo realizarse hasta las mas sencillas.



**Figura 6.15** Distribución de Actividades de Mantenimiento Autónomo para las Máquinas Hottinger 1- 2  
(Fuente: Elaboración propia)

## 6.9 Cálculo de la Eficiencia Global del Equipo por Turnos y por Día

Para tener un mayor control sobre lo que ocurre en la línea de producción, los tiempos muertos, desechos y de mas situaciones que pudieran ocurrir durante las jornadas de producción, se propone llevar el OEE tanto por turnos como por día, de una manera sencilla, donde se mida el desempeño de los operarios y se tenga una mejor fuente de información sobre las averías que pudieran ocurrir y la frecuencia en que aparecen.

Para comenzar con el cálculo de la Eficiencia Global de los Equipos primero se captura la producción real por máquina, tanto del primero, segundo y tercer turno. Los datos se introducen en las columnas de H1 y H2 de acuerdo a la **figura 6.16**.

Horas	Meta	Inyectadas Reales	
		H1	H2
6-7	37		
7-8	37		
8-9	37		
9-10	37		
10-11	37		
11-12	37		
12-13	37		
13-14	37		
14-15	37		
15-16	36		
16-17	36		
17-18	36		
18-19	36		
19-20	36		
20-21	36		
21-22	36		
22-23	36		
23-24	37		
24-1	37		
1-2	37		
2-3	37		
3-4	37		
4-5	37		
5-6	37		

**Figura 6.16** Producción real  
(Fuente: Elaboración propia)

Después se capturan los minutos de paro por hora para cada máquina de acuerdo a la **figura 6.17**.

Horas	Tiempo disponible	Paros Minutos de Paro H1	Paros Minutos de Paro H2
6-7	60	0	0
7-8	60	0	0
8-9	60	0	0
9-10	60	0	0
10-11	60	0	0
11-12	60	0	0
12-13	60	0	0
13-14	60	0	0
14-15	60	0	0
15-16	60	0	0
16-17	60	0	0
17-18	60	0	0
18-19	60	0	0
19-20	60	0	0
20-21	60	0	0
21-22	60	0	0
22-23	60	0	0
23-24	60	0	0
24-1	60	0	0
1-2	60	0	0
2-3	60	0	0
3-4	60	0	0
4-5	60	0	0
5-6	60	0	0

**Figura 6.17** Minutos de paro por Hora  
(Fuente: Elaboración propia)

Finalmente se capturan las piezas de desecho que se obtiene por hora de acuerdo a la **figura 6.18**.

Una vez introducidas las cantidades se obtiene el índice de eficiencia por cada turno y por día como se ve en la **figura 6.19**.

## 6.10 Control de Insumos para Producir

En el área es común realizar pedidos de materiales para producir corazones, sin embargo los costos de producción se incrementan si no se tiene un control de la cantidad de materiales que se necesitan para cubrir la producción de la semana, de esta manera se elaboró el formato para llevar el control de insumos necesarios y realizar los pedidos en tiempo y forma, además de pedir lo necesario.

Horas	Meta de desecho	Piezas de desecho por hora H1	Piezas de desecho por hora H2	Ensamblajes de desecho por hora
6-7		0	0	
7-8		0	0	
8-9		0	0	
9-10		0	0	
10-11		0	0	
11-12		0	0	
12-13		0	0	
13-14		0	0	
14-15		0	0	
15-16		0	0	
16-17		0	0	0
17-18		0	0	0
18-19		0	0	0
19-20		0	0	0
20-21		0	0	0
21-22		0	0	0
22-23		0	0	0
23-24		0	0	0
24-1		0	0	0
1-2		0	0	0
2-3		0	0	0
3-4		0	0	0
4-5		0	0	0
5-6		0	0	0

**Figura 6.18 Desecho por hora**  
(Fuente: Elaboración propia)

Resumen por Turno	1°	2°	3°
Disponibilidad			
Tiempo Disponible Bruto:	540	480	420
Tiempo Improductivo Planificado:	75	45	30
Tiempo Disponible Total	465	435	390
Pérdidas por Tiempo Improductivo:			
Moldes y placa	0	0	0
Robots	0	0	0
Pegado	0	0	0
Máquina	0	0	0
Material	0	0	0
Otros	0	0	0
Tiempo de Operación	465	435	390
Tasa de disponibilidad	100%	100%	100%
Desempeño			
Total de Inyectadas	0	0	0
Tiempo Ideal del Ciclo:	1.34	1.34	1.34
Tasa de Desempeño:	0%	0%	0%
Calidad			
Total de desechos	0	0	0
Tasa de Calidad:			
OEE			
OEE del día			

**Figura 6.19 Eficiencia por Turno y por Día**  
(Fuente: Elaboración propia)

En la **figura 6.20** se muestra el formato para capturar y obtener los insumos necesarios para producir corazones. Sólo deben introducirse el número de corazones a producir durante la semana y la tabla arroja los insumos necesarios.

		Enero			
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
<b>Juegos de Corazones</b>		<b>1200</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Piezas</b>	<b>Codos</b>	1200	0	0	0
	<b>Camisa de Aceite</b>	1200	0	0	0
	<b>Exterior</b>	1200	0	0	0
<b>Inyectadas</b>	<b>Codos</b>	300	0	0	0
	<b>Camisa de Aceite</b>	600	0	0	0
	<b>Exterior</b>	600	0	0	0
<b>Peso por piezas</b>	<b>Codos</b>	4.175	4.175	4.175	4.175
	<b>Camisa de Aceite</b>	4.2	4.2	4.2	4.2
	<b>Exterior</b>	12.15	12.15	12.15	12.15
<b>Cargas de Arena 50/60</b>	<b>Exterior</b>	50.1	0	0	0
	<b>Camisa de Aceite</b>	50.4	0	0	0
<b>Cargas de Arena 35/45</b>	<b>Exterior</b>	145.8	0	0	0
<b>Arena 50/60</b>	<b>Codos</b>	5010	0	0	0
	<b>Total Kg</b>	5010	0	0	0
<b>Arena 35/45</b>	<b>Camisa de Aceite</b>	5040	0	0	0
	<b>Exterior</b>	14580	0	0	0
	<b>Total Kg</b>	19620	0	0	0
<b>Resina Parte I</b>	<b>Codos</b>	25.05	0	0	0
	<b>Camisa de Aceite</b>	30.24	0	0	0
	<b>Exterior</b>	72.9	0	0	0
	<b>Total Kg</b>	128.19	0	0	0
<b>Resina Parte II</b>	<b>Codos</b>	25.05	0	0	0
	<b>Camisa de Aceite</b>	30.24	0	0	0
	<b>Exterior</b>	72.9	0	0	0
	<b>Total Kg</b>	128.19	0	0	0
<b>Amina</b>	<b>Codos</b>	7.5	0	0	0
	<b>Camisa de Aceite</b>	15	0	0	0
	<b>Exterior</b>	15	0	0	0
	<b>Total Kg</b>	37.5	0	0	0

**Figura 6.20** Insumos para Producir Corazones R5  
(Fuente: Elaboración propia)

## **Capítulo 7**

# **Conclusiones y Recomendaciones**

## 7.1 Conclusiones

En la industria automotriz es imprescindible que se dé el adecuado mantenimiento a todos los equipos ya que, como se mencionó a lo largo de este trabajo, si el equipo se encuentra en óptimas condiciones se tendrá un proceso con un buen desempeño y flujo continuo, obteniendo productos de calidad.

Cuando en un proceso no se le da la importancia debida al mantenimiento de los equipos, éste no es fluido, provocando que el nivel de producción no sea el requerido, que los desechos se incrementen, es decir, se tendrá un proceso ineficiente e ineficaz.

Para que el proceso de fabricación de cabezas de motor R5 tenga un flujo continuo es importante que las áreas de Corazones, Fusión y Vaciado, y Acabado lleven a cabo de manera conjunta el plan de mantenimiento. De esta manera se asegura que al mismo tiempo todas las áreas realizan el mantenimiento, evitando el riesgo de tener paros durante la producción. Para lograr un Mantenimiento Productivo Total exitoso es necesario coordinar esfuerzos de las áreas involucradas en el proceso de fabricación de Cabezas R5.

Mantener el control de insumos permite que al inicio de cada semana se conozcan de manera precisa que materiales deben pedirse al almacén y en qué cantidad, dependiendo de la demanda de corazones.

Con la distribución de trabajos en el evento de manos a la obra se mejoró el trabajo en equipo ya que cada operario participaba de manera activa, además de que se incrementó el interés de éstos por entregar tarjetas TPM de las actividades que realizaban en sus estaciones de trabajo.

## 7.2 Recomendaciones

Para llevar a cabo el mantenimiento autónomo es necesario coordinar esfuerzos entre jefes del área, coordinadores de producción y operadores de máquinas, de esta manera comprometerse al mejoramiento del área, desarrollando actividades que permiten el cuidado de las máquinas.

Con las bases planteadas anteriormente se recomienda el seguimiento a cada una de las actividades propuestas, implementarlas y mejorarlas periódicamente. De igual manera, se debe buscar la participación activa de los operadores con las actividades de limpieza, lubricación y demás ajustes que tengan que realizarse a las máquinas.

Para llevar de manera conjunta el mantenimiento entre las áreas que componen el proceso de fabricación de cabezas de motor R5 es necesario tomar en cuenta la demanda de cabezas de motor para programar el tiempo que el área de acabado destinará para actividades de mantenimiento autónomo, y con éste programa ajustar las actividades de mantenimiento de las áreas de fusión y vaciado, y corazones.

## Fuentes de Consulta

### Libros

1. Cuatrecasas, L, y Torrell, F. (2010). "TPM en un entorno Lean Management". Profit Editorial. España.
2. Rey, F. (2001). "Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo". FC Editorial. España.
3. Rey, F. (2001). "Manual del mantenimiento integral en la empresa". FC Editorial.
4. Creus, A. (2005). "Fiabilidad y seguridad: su aplicación en procesos". Editorial Marcombo. España.
5. Cruelles, J. (2009). "La Teoría de la Medición del Despilfarro". Editorial Artef. España.
6. Belohlavek, P. (2006). "OEE: Overall Equipment Effectiveness". Editorial Blue Eagle Group. Argentina.
7. Shopfloor series (1999). "OEE for operators: overall equipment effectiveness". Editorial Productivity Press. Estados Unidos.
8. Dounce, E y Herrera, M (2009). "La productividad en el mantenimiento industrial". Grupo Editorial Patria. México
9. Wireman, T. (2004). "Total productive maintenance". Editorial Industrial Press Inc. Estados Unidos.

## Artículos en línea

10. TPM Club India (2011, mayo). "Manual No.1: Jishu Hozen Implementation". TPM Club India. <http://tpmclubindia.org/pdfs/Manual%201%20-Jishu-Hozen.pdf>. Consultado el 20 de agosto de 2011.
11. Denso (2006, abril). "Introduction to Total Productive Maintenance". <http://www.densopartsweb.com/100/TPM100StudyGuide.pdf>. Consultado el 20 de agosto de 2011.
12. TPM Club India (2010, agosto). "Support From Autonomous Maintenance (Jishu Hozen) for Breakdown Elimination". <http://imexpo.cii.in/presentations/Autonmous-Maint-TPM-Club-India.pdf>. Consultado el 20 de agosto de 2011.
13. Espinoza, F. "Charlas para la Gestión del Mantenimiento". <http://ing.utralca.cl/~fespinos/CONCEPCION%20TPM%20MANTENIMIENTO%20PRODUCTIVO%20TOTAL.pdf>. Consultado el 17 de noviembre de 2011.
14. Álvarez, H (2007). "Realmente que es TPM". <http://www.ceroaverias.com/centroTPM/articulospublicados/definicion%20para%20publicar%20en%20web.pdf>. Consultado el 17 de noviembre de 2011.
15. Cáceres, M. Cómo Incrementar la Competitividad del Negocio mediante Estrategias para Gerenciar el Mantenimiento. <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/competitividad.pdf>. Consultado el 20 de noviembre de 2011.