

**METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO DE MOLDES DE INYECCIÓN
APOYADA EN HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CICLO DE VIDA
DEL PRODUCTO (PLM)**

CARLOS MARIO ECHEVERRI CARTAGENA
Ingeniero de producción
Especialista en mantenimiento industrial

ESCUELA DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD EAFIT
SEDE MEDELLIN
2013

**METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO DE MOLDES DE INYECCIÓN
APOYADA EN HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE CICLO DE VIDA DEL
PRODUCTO (PLM)**

CARLOS MARIO ECHEVERRI CARTAGENA

**MEMORIA PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL
TÍTULO DE MAGISTER EN INGENIERÍA**

**ASESOR
RICARDO MEJIA GUTIERREZ, PhD**

**ESCUELA DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD EAFIT
SEDE MEDELLÍN
2013**

AGRADECIMIENTOS

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Definición del problema.....	2
1.3 Justificación de la investigación	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 General.....	4
1.4.2 Específicos	4
1.5 Preguntas de la investigación	4
1.6 Relevancia de la investigación	5
1.7 Alcance del proyecto.....	5
Capítulo 2. Estado del arte.....	7
2.1 Introducción	7
2.2 Proceso de inyección de plásticos	8
2.2.1 Proceso de inyección.....	8
2.2.2 Materiales para la inyección	9
2.2.3 Máquinas para la inyección de plástico.....	10
2.2.4 Partes de una máquina para la inyección	11
2.3 Moldes de inyección de plástico.....	13
2.4 Mantenimiento	14
2.4.1 Definición.....	15
2.4.2 Estrategias.....	16
2.4.3 Tipos de mantenimiento.....	16
2.4.4 Mantenimiento de moldes.....	17
2.5 Formalización de procesos	19
2.5.1 Metodología.....	19
2.5.2 Indicadores.....	20
2.5.3 Business Process Management (BPM).....	20
2.5.4 AS-IS.....	23
2.5.5 TO-BE	24
2.6 Product Lifecycle Management PLM.....	24
2.6.1 ¿Qué es?.....	24
2.6.2 Aplicaciones	24
2.6.3 Software	26
2.6.4 ARAS.....	27

Capítulo 3. Formalización del proceso de mantenimiento de moldes	31
3.1 Mantenimiento no formal (Sin método estructurado)	32
3.2 Proceso formalizado (Modelo AS- IS)	34
3.3 Proceso propuesto (Modelo TO- BE)	39
3.4 Indicadores de desempeño	60
3.4.1 Tiempo	60
3.4.2 Calidad:	62
3.4.3 Costo:	62
Capítulo 4. Implementación del PLM.....	65
4.1 Proceso para el desarrollo de mantenimiento de moldes	65
4.2 Configuración de usuarios en el sistema.....	69
4.3 Definición de permisos.....	71
4.4 Configuración del TOC.....	72
4.5 Proceso de Mantenimiento de Moldes de Inyección (PMMI) en PLM.....	74
Capítulo 5. Casos de estudio.....	99
5.1 Mantenimiento de molde Empírico	100
5.1.1 Ejercicio práctico 1 del método 1 (sin método).....	100
5.1.2 Ejercicio práctico 2 del método 1 (sin método):.....	101
5.2 Mantenimiento de molde con método AS-IS	104
5.2.1 Ejercicio práctico 1 del método 2 (método AS-IS).....	104
5.2.2 Ejercicio práctico 2 del método 2 (método AS-IS).....	105
5.3 Mantenimiento de moldes con método TO-BE	108
5.3.1 Ejercicio práctico 1 del método 3 (método TO- BE)	108
5.3.2 Ejercicio práctico 2 del método 3 (método TO- BE)	109
5.4 Mantenimiento de moldes bajo la metodología PLM	111
5.4.1 Ejercicio práctico 1 del método 4 (método ARAS).....	111
5.4.2 Ejercicio práctico 2 del método 4 (método ARAS).....	112
Capítulo 6. Análisis de Resultados	115
Capítulo 7. Conclusiones.....	119
Capítulo 8. Referencias	123
Anexos.....	127

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Partes de una máquina inyectora (Sánchez Valdés, et al., 2005)</i>	12
<i>Figura 2. Leyenda de ARIS</i>	22
<i>Figura 3. Ejemplo Life cycle map (ARAS Corp., 2005)</i>	29
<i>Figura 4. Ejemplo de Workflow map (ARAS Corp., 2005)</i>	29
<i>Figura 5. Diagrama de actividades del método AS-IS completo</i>	34
<i>Figura 6. Diagrama de actividades del método AS-IS (Fig. 1/4)</i>	35
<i>Figura 7. Diagrama de actividades del método AS-IS (Fig. 2/4)</i>	36
<i>Figura 8. Diagrama de pasos del método AS-IS (Fig. 3/4)</i>	36
<i>Figura 9. Diagrama de pasos del método AS-IS (Fig. 4/4)</i>	39
<i>Figura 10. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 1/12)</i>	41
<i>Figura 11. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 2/12)</i>	43
<i>Figura 12. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 3/12)</i>	45
<i>Figura 13. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 4/12)</i>	47
<i>Figura 14. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 5/12)</i>	48
<i>Figura 15. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 6/12)</i>	51
<i>Figura 16. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 7/12)</i>	52
<i>Figura 17. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 8/12)</i>	55
<i>Figura 18. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 9/12)</i>	57
<i>Figura 19. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 10/12)</i>	58
<i>Figura 20. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 11/12)</i>	59
<i>Figura 21. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 12/12)</i>	59
<i>Figura 22. Diagrama de la fase “Recepción del molde</i>	65
<i>Figura 23. Diagrama de la fase “Mantenimiento”</i>	67
<i>Figura 24. Ingreso a Aras</i>	70
<i>Figura 25. Organigrama del área de mantenimiento</i>	70
<i>Figura 26. Estructura del TOC para (a) Directores del PMMI y (b) para Operarios</i>	73
<i>Figura 27. Estructura del TOC para usuarios con el rol “Administrador”</i>	74
<i>Figura 28. Portafolio de moldes de inyección</i>	75
<i>Figura 29. Nuevo Ítem</i>	75
<i>Figura 30. Nombre del molde que pasará por un PMMI</i>	76
<i>Figura 31. Opción Workflow Process</i>	76
<i>Figura 32. Workflow Process del ítem</i>	76
<i>Figura 33. Opción View del Workflow Process Aprobar verificación</i>	77
<i>Figura 34. Opción My InBasket</i>	77
<i>Figura 35. Aprobación del molde</i>	78
<i>Figura 36. Tareas de la actividad “Aprobar verificación”</i>	78
<i>Figura 37. Menú de Formatos</i>	79
<i>Figura 38. Opción Edit Formato Ficha de estado de guacales</i>	79
<i>Figura 39. Opción Get Copy of “File” to files</i>	80
<i>Figura 40. Llenado del Formato 04- MMTM- 2- 01</i>	80
<i>Figura 41. Opción Create a New Item</i>	81
<i>Figura 42. Opción New Relationship</i>	81
<i>Figura 43. Opción Save, Unlock & Close</i>	81
<i>Figura 44. Opción Update Activity de Aprobar verificación</i>	82
<i>Figura 45. Promoción del estado del molde Aprobar verificación</i>	83
<i>Figura 46. Opción View Workflow Process Llenar registro del molde</i>	83
<i>Figura 47. Tareas de la actividad “Llenar registro del molde”</i>	84
<i>Figura 48. Llenado del Formato 04-MMTM-6-01</i>	84
<i>Figura 49. Llenado del Formato 04-MMTM-7-01</i>	85
<i>Figura 50. Opción Update Activity de Llenar registro del molde</i>	85
<i>Figura 51. Promoción del estado del molde Llenar registro del molde</i>	86
<i>Figura 52. Opción View Workflow Process Abrir molde</i>	86
<i>Figura 53. Tareas de la actividad Abrir molde</i>	87

Figura 54. Llenado del Formato 04- MMTM- 8- 01	87
Figura 55. Opción Update Activity de Abrir molde	88
Figura 56. Promoción del estado del molde Abrir molde	88
Figura 57. Opción View Workflow Process Mantenimiento placa fija	89
Figura 58. Tareas de la actividad Mantenimiento placa fija	89
Figura 59. Opción Update Activity de Mantenimiento placa fija	89
Figura 60. Promoción del estado del molde Mantenimiento placa fija	90
Figura 61. Opción View Workflow Process Mantenimiento placa móvil	90
Figura 62. Tareas de la actividad Mantenimiento placa móvil	91
Figura 63. Promoción del estado del molde Mantenimiento placa móvil	91
Figura 64. Llenado del Formato 04- MMTM- 8- 01 (Fig. 1/3)	92
Figura 65. Llenado del Formato 04- MMTM- 8- 01 (Fig. 2/3)	93
Figura 66. Llenado del Formato 04- MMTM- 8- 01 (Fig. 3/3)	93
Figura 67. Opción Update Activity de Generar Reporte	94
Figura 68. Promoción del estado del molde Generar reporte	94
Figura 69. Opción View Workflow Process Ensamblar molde	95
Figura 70. Tareas de la actividad Ensamblar molde	95
Figura 71. Llenado del Formato 04- MMTM- 23- 01	95
Figura 72. Estado del molde de inyección	96
Figura 73. Opción Workflow History Report	97
Figura 74. Control de moldes de inyección	97
Figura 75. Cuerpo Oca Cuadrado 2.3 litros. (a) Molde y (b) Producto	101
Figura 76. Coca sandwichera sencilla. (a) Molde y (b) Producto	102
Figura 77. Jarra 1 litro Americana. (a) Molde y (b) Producto	105
Figura 78. Jarra lechera. (a) Molde y (b) Producto	106
Figura 79. Jarra ESTRA 2 litros. (a) Molde y (b) Producto	108
Figura 80. Jarra ESTRA premier 2 litros. (a) Molde y (b) producto	109
Figura 81. Papelera de oficina. (a) Molde y (b) Producto	112
Figura 82. Tapa sandwichera. (a) Molde y (b) Producto	113
Figura 83. Gráfico tiempo Vs metodología	115
Figura 84. Gráfica costo mantenimiento vs metodología	116
Figura 85. Gráfico número de ordenes rechazadas vs metodología	117
Figura 86. Vista lateral del molde. (Márquez Sevillano)	127

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Reglas de ARIS.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 2. Metodologías del proyecto.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 3. Nomenclatura para documentos.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 4. Tabla de la fase “Recepción del molde”</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 5. Tabla de la fase “Mantenimiento”</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 6. Tabla de la fase “Ensamble”</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 7. Tabla de la fase “Despacho”.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 8. Instancias del ítem “Permission” utilizadas o creadas.</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 9. Resultados ejercicio práctico 1 del método 1 (Sin método).....</i>	<i>101</i>
Tabla 10. Resultados ejercicio práctico 2 del método 1 (Sin método)	102
<i>Tabla 11. Resultados ejercicio práctico 1 del método 2 (Método AS-IS)</i>	<i>105</i>
Tabla 12. Resultados ejercicio práctico 2 del método 2 (Método AS- IS).....	106
<i>Tabla 13. Resultados ejercicio práctico 1 del método 3 (Método TO- BE).....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 14. Resultados ejercicio práctico 2 del método 3 (Método TO- BE).....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 15. Resultados ejercicio práctico 1 del método 4 (Método PLM)</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 16. Resultados ejercicio práctico 2 del método 4 (Método PLM)</i>	<i>113</i>

LISTA DE ECUACIONES

<i>Eq. (1)</i>	61
<i>Eq. (2)</i>	61
<i>Eq. (3)</i>	61
<i>Eq. (4)</i>	62
<i>Eq. (5)</i>	62
<i>Eq. (6)</i>	63

RESUMEN

En la industria de inyección de plástico, el molde es un componente crítico que impacta directamente en la calidad y la rentabilidad del proceso. Un molde de inyección en mal estado genera situaciones como: baja productividad, re-proceso de productos, desperdicio de materia prima y daños en las máquinas de inyección. Por esta razón el proceso de mantenimiento de moldes es crítico para minimizar estos problemas que conducen a la obtención de productos de baja calidad, que es uno de los principales motivos de reclamos, pérdida de clientes y de mercados. La ausencia de procedimientos y metodologías de mantenimiento, juega un papel importante pues la falta de estandarización hace que se incurra en ineficiencia, pérdida de tiempo y baja productividad. En el presente proyecto se analizó el proceso de mantenimiento y se propuso un modelo estandarizado, documentado y automatizado, el cual se desarrolló y validó a través de cuatro casos de estudio en una empresa local. Dichos casos se realizaron variando el enfoque metodológico con el fin de evaluar la evolución de los indicadores y poder inferir la causa a través de la variación del proceso. Los casos se llevaron a cabo de la siguiente manera: i) Mantenimiento no formal (sin metodología), donde se llevó a cabo el mantenimiento del molde sin un orden o cronología alguna. ii) Mantenimiento con proceso AS-IS, donde se desarrolló el mantenimiento con un orden predeterminado ayudando así a entender cómo se debe realizar este proceso en términos generales. iii) Mantenimiento con proceso TO-BE, el cuál comprende una propuesta metodológica estructurada y mejor documentada y donde se presentan mejoras luego de analizar el proceso anterior. iv) mantenimiento implementado en PLM, donde se implementó la metodología en una herramienta PLM. Como resultado de la formulación y ejecución de los procesos anteriormente mencionados, se logró evidenciar como resultado una reducción en el tiempo de mantenimiento, una mejora en la calidad y el costo del mantenimiento.

Palabras Clave: Moldes de inyección de plástico; Mantenimiento de moldes; Modelación de procesos; Product Lifecycle Management (PLM)

Capítulo 1. Introducción

En la actualidad, tener un buen programa de mantenimiento de moldes de inyección en cualquier tipo de industria que los use, puede considerarse en una ventaja competitiva, ya que esto puede llevar a una reducción de costos y tiempos de producción dentro de las empresas.

Cada vez es más alta la demanda de mantenimiento y reparación de moldes en las empresas, luego se hace necesario incluir un Programa de Mantenimiento de Moldes (PMM) de inyección en el Programa de Moldes (PM). Este debe ser de carácter preventivo. Por lo tanto, los departamentos de ingeniería, mantenimiento y producción deben elaborar un PMM tan eficiente que dé respuesta oportuna a esta demanda.

La fabricación de los moldes de inyección se beneficia de las metodologías y procesos como la inyección, fundición, moldeo, laminado, forjado, extrusión y demás metodologías y procesos existentes, las cuales están apoyadas con el uso de tecnología de punta como las máquinas de control numérico CNC¹, software de sistemas CAD²/CAM³/CAE⁴, técnicas de digitalización y sistemas avanzados de metrología. No es el caso de los procesos de mantenimiento y reparación de moldes, aunque existen las herramientas tecnológicas, no hay metodologías establecidas para el desarrollo de un proceso de mantenimiento y reparación.

La ausencia de procedimientos y metodologías de mantenimiento de moldes de inyección, hace que se incurra en ineficiencia y termina generando mayores costos, pérdida de tiempo y baja producción. Un molde en mal estado genera situaciones como: baja producción, re-proceso de productos, desperdicio de materia prima y daños en las máquinas de inyección. Lo anterior conduce a la producción de mercancías de muy mala calidad, principal motivo de reclamos, pérdida de clientes y de mercados.

¹ Control Numérico Computarizado

² Computer Aided Design

³ Computer Aided Manufacturing

⁴ Computer Aided Engineering

El mantenimiento de moldes de inyección es un campo muy amplio que, en Colombia y particularmente en Antioquia, está muy poco documentado, con el fin de conseguir niveles altos de competitividad en los procesos de reparación y mantenimiento de moldes, se deben desarrollar metodologías para ser más versátiles y eficientes en este campo esto con el fin de alcanzar un nivel de talla mundial.

1.1 Antecedentes

El mantenimiento de moldes de inyección en el ámbito nacional es todavía un proceso artesanal, el cual requiere de mucho tiempo y experiencia por parte del operario. Esto hace que muy pocas personas en el medio desempeñen dicha labor eficientemente. Lo anterior lleva a que el mantenimiento de moldes de inyección sea considerado una práctica muy costosa.

A nivel industrial el tema del mantenimiento de moldes de inyección se percibe como un tabú, pues las grandes, medianas y pequeña empresas lo trabajan en su interior a puerta cerrada. Este fenómeno ha permitido desarrollar una fortaleza del conocimiento en los técnicos y auxiliares que desempeñan esta labor.

El mantenimiento de los moldes de inyección está muy ligado al empirismo de los técnicos. La fortaleza de su experticia, la confidencialidad de la información y sus métodos de trabajo, son unos de los muchos factores que no han permitido la implementación de una metodología o proceso en el mantenimiento de moldes.

Los proveedores de mantenimiento de moldes de inyección se encuentran ubicados en las principales ciudades Colombianas. Aunque se trabaja mucho en este campo, se realiza con poca estandarización del proceso y, lo más importante, con muy pocos registros estadísticos e indicadores. Toda esta trazabilidad hace falta para mejorar los procesos y métodos de mantenimiento con el fin de mejorar la vida útil de los moldes.

“A los moldes no se les hacía mantenimiento, cuando estos fallaban o se dañaban, se aprovechaba para hacer la reparación de dicho daño, y de una vez para hacer el mantenimiento o la limpieza” (Jesús Moreno, Operario con treinta y cinco años de experiencia).

1.2 Definición del problema

Los procesos de globalización y apertura económica, generan una mayor demanda en la manufactura de diferentes clases de productos, que a su vez demandará un mayor uso de moldes para su fabricación; es por esto que se hace necesario disponer de un

proceso y una metodología apropiada y eficaces para el mantenimiento y reparación de los mismos.

“Dado que el molde es la parte más delicada y costosa en el proceso de inyección, se debe tener un especial cuidado en su manipulación y operación” (Castillo Garijo, 2007). Por esta razón se debe tener un programa de mantenimiento de moldes de inyección con una metodología estandarizada y apropiada, ya que un molde en mal estado causa pérdidas de tiempo, producción y eleva los costos de operación. Los moldes de inyección deben tener un programa de mantenimiento óptimo y confiable para asegurar una alta producción y un alto rendimiento en la máquina y el molde.

Es posible la estandarización de un método de mantenimiento de moldes de inyección, apoyado en una herramienta de gestión de ciclo de vida de producto (PLM) ya que permite conocer los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades pertenecientes al proceso de mantenimiento de moldes de inyección.

Este proyecto pretende alcanzar el método de mantenimiento de moldes de inyección de plásticos bajo la estrategia de PLM, lo que conlleva a un funcionamiento a largo plazo y en consecuencia generará, para la empresa, una mayor cantidad de piezas producidas, un menor número de paradas en la producción y un aumento en la vida útil del molde. Todo esto se representa en ganancias de tiempo y de dinero.

1.3 Justificación de la investigación

La ausencia de registros, indicadores y parámetros estadísticos que revelen cuales son las principales fallas en los moldes, lleva a pensar en la necesidad de un método para estandarizar y utilizar un proceso basado en la herramienta de gestión de ciclo de vida del producto (PLM).

El método de trabajo basado en la estrategia de PLM, detalla las secuencias de las actividades, el flujo de la información, los recursos y elementos de control, involucrados en el ciclo de mantenimiento y reparación de un molde de inyección.

Es necesaria la creación de un Método para el Mantenimiento de Moldes de Inyección (MMI), con ayuda de técnicas computacionales en las cuales se utilice o implemente una herramienta de PLM como el software Aras Innovator.

Con la creación de esta metodología se pretende garantizar confiabilidad, responsabilidad, control y trazabilidad en la industria de moldes, ya que se probara en una industria del sector.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Establecer un proceso estandarizado para el mantenimiento de moldes de inyección de plástico, apoyado en herramientas de gestión de ciclo de vida del producto (PLM).

1.4.2 Específicos

1. Revisar el estado del arte relacionado con el mantenimiento de moldes de inyección de plástico.
2. Analizar el proceso de mantenimiento de moldes desde su estado inicial hasta su estado ideal.
3. Analizar, estudiar y definir el conjunto de indicadores involucrados en el proceso de mantenimiento de moldes.
4. Entender e implementar una herramienta de PLM, para ejecutar los procesos de mantenimientos de moldes de forma automatizada.
5. Realizar un conjunto de validaciones, a través de casos de estudio con moldes de la industria.

1.5 Preguntas de la investigación

Los procesos de globalización y los TLC⁵ firmados recientemente, generan una mayor demanda en el sector de la manufactura de moldes de inyección, que a su vez demandará un mayor uso de moldes para suplir la producción. Debido a esto se hace necesario plantear un proceso, una metodología apropiada y eficaz para el mantenimiento de moldes de inyección.

Los moldes de inyección deben tener un programa de mantenimiento que asegure su desempeño, funcionamiento y producción.

Es por esto que se hace necesario contar con una metodología que garantice la estandarización del proceso de mantenimiento con PLM. Esto nos lleva a formular las siguientes preguntas:

- ¿El proceso de estandarización con PLM podría ser el camino de transferencia del conocimiento entre lo empírico y lo formalizado?

⁵ Tratado de Libre Comercio

- ¿Es el PLM la mejor estrategia a la hora de estandarizar los diferentes procesos que se llevan a cabo en el mantenimiento de moldes de inyección?

1.6 Relevancia de la investigación

Esta investigación busca el desarrollo de un método de estandarización de los procesos de mantenimiento de moldes de inyección. Se acude al uso de la herramienta de PLM, y se busca la reducción de fallas, re-procesos y devoluciones de piezas por inconformidad del cliente.

La importancia de tener un plan de mantenimiento de moldes (PMM) estandarizado y apoyado en una metodología PLM, está fundamentada en mejorar los niveles de calidad de los productos manufacturados por la industria nacional, permitiéndole a ésta el uso de una nueva herramienta, con el fin de mejorar su competitividad para enfrentar los nuevos retos del mercado, y plantear así los nuevos escenarios que le ofrecen los acuerdos comerciales con otros países.

1.7 Alcance del proyecto

Se pretende hallar un método estandarizado para el mantenimiento de moldes de inyección, que pueda ser implementado en el ámbito de la industria local y nacional (Antioquia - Colombia) principalmente; contribuyendo así al desarrollo tecnológico de este tema en el país.

La aplicación del método busca, haciendo uso del software ARAS, realizar pruebas con el propósito de reducir las fallas presentadas en los moldes y llevar registros de indicadores con el fin de mejorarlos y lograr óptimos resultados.

Este proyecto representa una oportunidad de negocio para la Universidad EAFIT, ofreciendo un servicio a la industria local y nacional y creando un canal directo de comunicación de la información y el conocimiento entre la universidad y la industria.

Capítulo 2. Estado del arte

2.1 Introducción

Debido a que la industria colombiana hoy en día busca ser más competitiva nacional e internacionalmente, se ha visto en la tarea de implementar prácticas de manufactura esbelta y otras herramientas que aumenten su productividad y les representen una ventaja competitiva en el mercado. Dentro de las herramientas actuales que sirven como soporte para el proceso de mantenimiento, se encuentran las metodologías de mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo y mantenimiento correctivo. Es por eso que se investigó sobre las implementaciones de metodologías en el sector industrial colombiano.

Se encontraron proyectos sobre generalidades del TPM (Chan, et al., 2005), implementación del mantenimiento predictivo en algunas empresas (Liao, et al., 2012), implementación de algunos de los pilares del mantenimiento, revisión a manera de Benchmarking sobre los resultados de implementación de TPM en empresas de Medellín y el Valle de Aburra, etc.; pero ningún proyecto presentaba en si el problema de la falta de una metodología para realizar mantenimiento a un molde de inyección utilizando PLM.

Los resultados más relevantes de la búsqueda fueron tres proyectos de grado de las universidades EAFIT, UPB y Javeriana titulados:

- “Creación de un programa de mantenimiento preventivo en moldes Medellín” (Tirado Torres, 2006)
- “Método para implementar el mantenimiento preventivo en moldes para inyección de termoplásticos” (Higuera Aguilar, 1997)
- “Estructuración de los primeros 4 pasos del mantenimiento autónomo (limpieza inicial, identificación de fuentes de contaminación, estándares de limpieza y lubricación, e inspección) y de la gestión del grupo autónomo en el área de termo formado en una empresa de plásticos” (Porras Aldana, 2010)

Además se investigó sobre algún benchmarking de aplicación de mantenimiento en industrias colombianas. De manera que, si alguna empresa allí mencionada basa su

proceso productivo o su *Core Business* en inyección de plástico, posiblemente se describirían los resultados obtenidos de la implementación de mantenimiento o la metodología que se usa para el mantenimiento de sus moldes, pero de la exploración no se obtuvo ningún resultado.

Posteriormente se realizó la búsqueda en libros especializados, esperando que algunos autores hubieran realizado algún aporte al conocimiento sobre la información específica requerida. Se encontró títulos sobre el mantenimiento general de TPM, implementación de TPM en la industria, etc., no se encontró procesos de mantenimientos de moldes en la industria de inyección de plástico; solo se encontraron libros sobre inyección de plásticos a nivel general, incluyendo cálculos de ingeniería, parametrización del proceso, cálculos respecto al diseño y fabricación de moldes, pero muy pocos trataban sobre cómo hacer mantenimiento específico en los moldes.

2.2 Proceso de inyección de plásticos

De acuerdo con Kusíc, el moldeo de inyección es un proceso de manufactura bien conocido que permite altos volúmenes de producción de diferentes partes plásticas o productos como formas complejas, con un alto nivel de tolerancias dimensionales. En orden de satisfacer tales requerimientos es importante tener las consideraciones del material polimérico a inyectar, no solo es importante la máquina y un buen diseño, la manufactura y la prueba del molde de inyección, sino también el cuidado de los parámetros seleccionados para el proceso de inyección (Kusíc, et al., 2013).

2.2.1 Proceso de inyección

“Es el proceso más importante que se utiliza para la fabricación de productos plásticos, donde más de un tercio de todos los materiales termoplásticos son moldeados por inyección. Este proceso se utiliza en la fabricación de grandes series de piezas, con formas complejas y buen control dimensional” (Osswald, et al., 2008).

“Es el proceso mediante el cual se aplica calor a un material termoplástico para fundirlo, se plastifica, este material plastificado se puede hacer fluir mediante la aplicación de presión, llenando un molde donde el material se solidifica y toma la forma del molde” (Sánchez Valdés, et al., 2005), manufacturando piezas plásticas como lo son juguetes, recipientes, piezas para la industria automotriz entre otras.

2.2.2 Materiales para la inyección

La facilidad con la que pueden ser procesados los polímeros ha permitido que sean hoy en día de los materiales más demandados en el sector industrial. Los polímeros representan, en comparación con materiales tradicionales, como pueden ser los metales, una alternativa cada vez más frecuente, debido a su baja densidad y facilidad para ser moldeados y conformados a temperaturas relativamente bajas (Osswald & Giménez., 2008).

El moldeo por inyección consiste básicamente en fundir un material plástico en condiciones adecuadas e introducirlo a presión en la(s) cavidad(es) de un molde, donde se enfría a una temperatura apta para poder ser extraídas las piezas sin deformación (Garayo Olarra, 1997).

Debido a su comportamiento físico, los materiales plásticos se clasifican en:

- Termoplásticos: El polietileno (PE), poliestireno (PS), polietileno terephthalate (PET) son algunos de los materiales termoplásticos más comúnmente usados en la industria, los termoplásticos son materiales fácilmente reciclables (Chung, 2000). Entre las aplicaciones de los materiales termoplásticos se encuentran la fabricación de botellas de diferentes tipos, bolsas, cajas para CD, entre otros.
- Termoestables: Los plásticos termoestables son materiales que durante su procesamiento cambian de forma irreversiblemente pasando de un estado plástico a un estado duro, entre los termoestables más habituales en la industria se encuentran los poliésteres insaturado, resinas epoxídicas, fenólicas, etc. (Garayo Olarra, 1997)
- Elastómeros: Los elastómeros se caracterizan por ser altamente resistentes, tener una elevada elongación de rotura y ser resistentes a la continuidad del desgarró. Entre los elastómeros más comunes se encuentran las gomas naturales (Schwarz, 2002), neopreno (material usado en fabricación de trajes de buceo), entre otros.
- Termo elastómero: Son otro tipo de elastómeros que no presentan entrecruzamiento químico. Son copolímeros de bloque que contienen un segmento rígido (con una temperatura de transición vítrea moderadamente elevada) y un segmento blando (que presenta una temperatura de transición vítrea modera baja) (Garayo Olarra, 1997).

Frecuentemente el molde por inyección se enfrenta a una gran variedad de problemas y dificultades mecánicas, de material y de temperatura, relacionadas con la calidad del producto a obtener. Con base en esto juega un papel muy importante el material a inyectar (polímeros) ya que una mala selección, una inadecuada temperatura e inadecuada fuerza de presión o de selle causarán problemas tales como piezas incompletas, piezas con rebabadas, líneas de soldadura, fracturas o grietas superficiales, huecos y rechupados, y marcas o líneas de degradación (Sánchez Valdés, et al., 2005), deteriorando el molde de inyección y sus partes.

El desgaste del molde puede ser producido por diversos factores, algunos de los elementos más relevantes son:

- Los materiales plásticos que tienen refuerzos son especialmente abrasivos, estos tenderán a desgastar el acero del molde después de varios ciclos.
- También el plástico a una alta temperatura de fusión expone al molde a más calor por lo tanto causa más desgaste que los que tienen bajas temperaturas de fusión.
- Algunos materiales dejan excesivo residuo de los gases corrosivos que van a requerir una limpieza más regular del molde (Uno Convenciones).

2.2.3 Máquinas para la inyección de plástico

Las máquinas de moldeo por inyección se especifican según la capacidad del molde y la fuerza de prensado. En la mayor parte de ellas esa fuerza va de 0,9 a 2,2 MN (100 a 250 ton). La máquina más grande que hay en operación tiene una capacidad de 45 MN (5000 ton) y puede producir piezas que pesen 25 KG (55 lb).

Estas máquinas suelen ser horizontales, las maquinas verticales son usadas para fabricar piezas pequeñas, con estrechas tolerancias, y para moldeo con inserto. La fuerza de prensado en los dados se suministra, comúnmente, por medios hidráulicos, aunque actualmente se dispone de métodos eléctricos. Los moldeos por impulsión eléctrica pesan menos y son menos ruidosos que las maquinas hidráulicas (Kalpakjian & Schmid, 2002).

De acuerdo con la Figura 1, se pueden identificar tres sistemas en las máquinas de inyección:

- Sistema hidráulico: El sistema hidráulico permite abrir y cerrar los moldes, mantenerlos cerrados durante la operación de inyección, girar el husillo de la

extrusora, abrir y cerrar la boquilla de la extrusora, mover los extractores de las piezas y mover los insertos de los moldes (Rodríguez Montes, et al., 2006)

- Sistema de control: Controla todos los parámetros de proceso, temperatura, presión, velocidad de inyección, velocidad y posición del husillo, etc. Esto es de gran importancia ya que de ello depende la calidad de las piezas finales y por tanto la economía del proceso (Rodríguez Montes, et al., 2006).
- Sistema de alimentación: El sistema de alimentación normalmente consta de bebedero, mazarota, canal principal, canales secundarios, las puestas y las piezas. Un mal diseño de los canales de alimentación puede producir llenados incompletos de las cavidades de los moldes que dan lugar a piezas defectuosas (Rodríguez Montes, et al., 2006).

2.2.4 Partes de una máquina para la inyección

El proceso de inyección consta de dos equipos principales. El primero es el molde, posteriormente se ampliara acerca de este tema y el segundo es la maquina inyectora (ver Figura 1).

Esta puede ser dividida en los siguientes componentes:

- Unidades de inyección.
- Unidad de sujeción.
- Sistema de control.
- Dispositivos de templado.

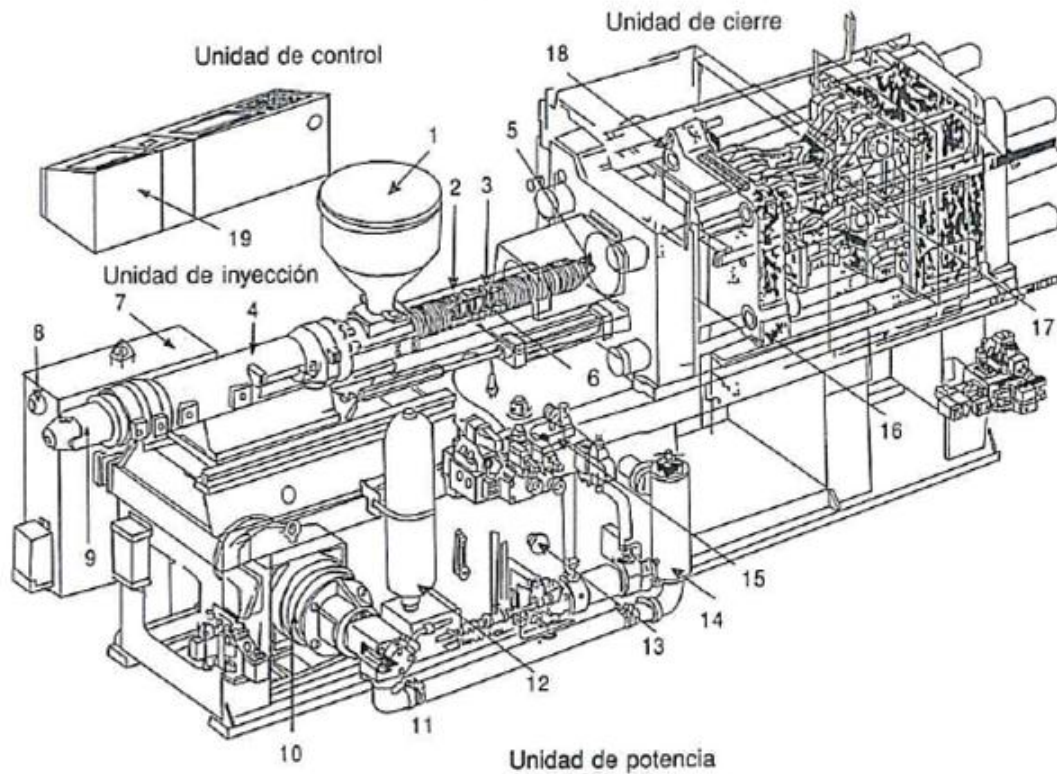


Figura 1. Partes de una máquina inyectora (Sánchez Valdés, et al., 2005)

1. Tolva alimentadora
2. Cubierta del barril
3. Barril con bandas calefactoras
4. Cilindro de inyección
5. Boquilla
6. Tornillo
7. Controlador de la temperatura del aceite
8. Alarma de temperatura del aceite
9. Motor hidráulico
10. Motor eléctrico
11. Bomba hidráulica
12. Acumulador
13. Sensor de temperatura
14. Filtro
15. Válvula hidráulica del control
16. Platinas portamolde
17. Sistema de cierre de palancas acodadas
18. Columnas guía
19. Microprocesador para el control del proceso

2.3 Moldes de inyección de plástico

El molde de inyección es una herramienta esencial y fundamental en el proceso de dar forma al plástico en su estado líquido. Esto por medio de una o varias cavidades donde es inyectado el material plástico y es allí donde este toma su forma, que por lo general es irregular.

De acuerdo con Pöthsch y Michaeli (Pöstch & Michaeli, 1995) los moldes se pueden distinguir por los siguientes criterios: el material procesado, el diseño básico del molde, el sistema de expulsión, el número de cavidades, el número de líneas de separación y el tamaño del molde.

Acorde con Rees (Rees, 2002) las funciones principales de un molde son:

- Dar forma al producto
- Conducir el plástico de las maquinas a las cavidades.
- Eliminar el aire formado en las cavidades durante el llenado.
- Enfriamiento del plástico.
- Expulsar la pieza final.
- Producir económicamente y satisfacer los requisitos.

Los requerimientos necesarios en la fabricación de un molde deben cumplirse bajo tolerancias muy bajas para que este pueda producir piezas de alta calidad de manera económica.

Los diferentes principios de diseño de las unidades funcionales del molde pueden ser utilizados como base para la clasificación de los moldes de inyección. Estos se clasifican (Pöstch & Michaeli, 1995) por lo general según su sistema de inyección en:

- moldes de colada fría,
- moldes de colada caliente o
- canales aislados

Según su sistema de expulsión en:

- moldes estándar,
- de expulsión por placa,
- de cavidades separadas,

- de tres placas,
- de deslizamiento ,
- de *twist-off* o
- desenrosque.

Según el material procesado el molde se puede clasificar en:

- moldes para termoplásticos,
- para termoestables o
- para elastómeros.

Aunque el molde puede ser clasificado bajo otros criterios como lo son las líneas de partición o las dimensiones, la gran mayoría de estos reciben su nombre por el sistema de expulsión que tengan o el sistema de inyección para el cual estén hechos.

2.4 Mantenimiento

El ciclo de vida de un componente genérico en un sistema de producción se caracteriza en primer lugar por tener periodos de tiempo de funcionamiento cuando el elemento funciona correctamente en condiciones nominales, en segundo lugar, los periodos de tiempo cuando se está trabajando pero no en las condiciones esperadas, y en tercer lugar por periodos cuando deja de funcionar por completo debido a una avería y el trabajo de reparación posterior a la avería ocurrida tiene que ser culminada (Manzini, et al., 2010).

El mantenimiento tiene como objetivos: maximizar la disponibilidad de maquinarias y equipos para la producción, preservar el valor de las instalaciones minimizando su uso y su deterioro y conseguir las metas anteriormente nombradas del modo más económico posible y a largo plazo (Newbrough, 1979).

En los sistemas de producción actuales, el producto, o el servicio y los requerimientos de mantenimiento son los productos principales, es decir, el proceso de producción se lleva a cabo en paralelo con el proceso de mantenimiento. Este último es un proceso cuyas actividades se desarrollan en sinergia con los sistemas de producción.

Los sistemas de producción convierten los insumos (materias primas, energía, carga de trabajo, etc) en un producto que satisfaga las necesidades del cliente. A su vez el sistema de mantenimiento, como una combinación de conocimientos técnicos, mano de obra y piezas de repuesto, junto con otros recursos tiene como objetivo mantener

un equipo en buen estado de funcionamiento, capaz de proporcionar el nivel apropiado de producción (Manzini, et al., 2010).

De acuerdo con Manzini (Manzini, et al., 2010) en un sistema de mantenimiento, las actividades de control, las actividades de retroalimentación, la planificación y la organización son aspectos muy críticos y estratégicos. El primero de ellos se refiere al sistema de producción y control de las actividades de mantenimiento (emisión de carga, gestión de piezas de repuesto, etc).

En consecuencia, varias acciones deben tomarse para controlar la producción y las actividades de mantenimiento y resolver averías. Además, estas actividades deben ser planificadas con antelación siempre que sea posible. Es evidente que el primer objetivo de la acción de mantenimiento en los períodos de tiempo de inactividad, durante una avería imprevista, es poner la planta de nuevo en producción (Manzini, et al., 2010).

Una de las razones principales para considerar el mantenimiento como un centro de costos es que es fácil para identificar las pérdidas debidas a la falta de mantenimiento o la realización de un mantenimiento ineficiente, pero a su vez es difícil de evaluar el efecto del mantenimiento en el proceso de producción, por consiguiente, es fácil evaluar los costos de mantenimiento, pero es difícil evaluar el impacto económico del mantenimiento en beneficio de la empresa (Al-Najjar, 2010)

2.4.1 Definición

El concepto de mantenimiento puede explicarse de distintas formas, se deduce que cada una de estas definiciones dependerá del enfoque que se le dé en cada uso.

El mantenimiento se puede definir como las técnicas que aseguran la correcta utilización de las instalaciones y el continuo funcionamiento de la maquinaria para la producción. (Rey Sacristan, 2001).

Igualmente se puede precisar el mantenimiento como lo que hay que hacer para que las cosas funcionen correctamente o, en su defecto, para que las averías duren lo menos posible (de Bona, 1999).

Finalmente de acuerdo con Gómez de León (Gómez de León, 1998), el punto de partida del mantenimiento es mantener el correcto estado funcional de los equipos e instalaciones, sin embargo las consecuencias del desarrollo de este principio elemental puede sobrepasar ampliamente el objetivo inicial.

2.4.2 Estrategias

La pro-actividad en el mantenimiento, se materializa principalmente por la degradación basada en la anticipación, esto llega a ser esencial para evitar la situación de fallo con un impacto negativo en el producto y/o las condiciones del sistema, debido a esto emerge la filosofía de mantenimiento que pasa de “arreglar” un error a prácticas de mantenimiento que permitan predecir y prevenir los errores (Voisin, et al., 2008)

La estrategia de mantenimiento de la industria hace alusión a como ésta se enfrenta a la necesidad de mantenimiento inevitablemente ligada a la producción.

Las mejores estrategias de mantenimiento son aquellas que involucran los tres tipos de mantenimiento (preventivo, correctivo y predictivo), debido a que ayudarán a reducir el porcentaje de incertidumbre que hará imposible eliminar totalmente las averías, siendo esto beneficioso para la producción. (Marín, 2006).

2.4.3 Tipos de mantenimiento

La necesidad de la industria competitiva se centra en asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de producción, así como de obtener de ellos la mayor disponibilidad. Esto ha originado una significativa evolución en el mantenimiento industrial, pasando de métodos a la espera de la avería a métodos con el fin de predecir las averías e incluso a llegar a determinar las causas del problema y, por tanto, erradicarla.

1. Mantenimiento preventivo: El mantenimiento preventivo puede ser definido como las acciones que tienen como fin las revisiones, modificaciones y mejoras para evitar las averías y las consecuencias de estas en la producción. (Rey Sacristan, 2001), Producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones defectuosas (Newbrough, 1979). De acuerdo con de Bona (de Bona, 1999), el mantenimiento preventivo consiste en efectuar determinadas revisiones a los elementos de una instalación, con independencia de que se hayan averiado o funcionen correctamente, esto con el fin de minimizar el número de averías, ya que al vigilar el estado de los elementos posibilita la reparación o la reposición programada, finalmente este tipo de mantenimiento permite alargar la vida útil de la instalación o al menos evitar la degradación imprevista. Una estrategia de mantenimiento preventivo adecuada puede extender la vida de los equipos y reducir los costos variables (Voisin, et al., 2008).

2. **Mantenimiento correctivo:** El mantenimiento correctivo consiste en la reparación de averías consecuencia de deficiencias no aparentes (estas no detectadas en las inspecciones preventivas), errores del operario del equipo, etc. Este tipo de mantenimiento es difícil de planificar (Rey Sacristan, 2001). A su vez este ejemplo de mantenimiento puede precisarse como las acciones necesarias para dejar la instalación en el estado en que se encontraba antes de la avería (de Bona, 1999). Posteriormente luego de la reparación el responsable del mantenimiento, a la vista del estado en que haya quedado la instalación tras repararse la avería, deberá decidir según su criterio, si es más conveniente su reparación o el cambio de esta instalación por otra nueva. Es de resaltar que este tipo de mantenimiento se practica en una gran cantidad de industrias y, en muchas ocasiones esto está plenamente justificado, especialmente en los casos en los que existe un bajo coste de los componentes afectados, y donde los equipos son de naturaleza auxiliar y no directamente relacionados con la producción (Gómez de León, 1998).
3. **Mantenimiento predictivo:** El mantenimiento predictivo tiene como propósito asegurar el correcto funcionamiento de las maquinas a través de la inspección del estado del equipo correspondiente a los indicadores de control, esta inspección se realiza sin necesidad de recurrir a desmontajes y revisiones periódicas (Rey Sacristan, 2001). De acuerdo con Gómez de León (Gómez de León, 1998), la idea básica de este tipo de mantenimiento parte del conocimiento del estado de los equipos. De esta manera es posible, por un lado, reemplazar los elementos cuando realmente no se encuentren en buenas condiciones operativas, suprimiendo las paradas por inspección innecesarias y, por otro lado, evitar las averías imprevistas, mediante la detección de cualquier anomalía funcional y el seguimiento de su posible evolución. La aplicación del mantenimiento predictivo se basa en dos pilares: la existencia de parámetros funcionales indicadores del estado del equipo y la vigilancia continua de los equipos.

2.4.4 Mantenimiento de moldes

Es importante resaltar que se debe utilizar el máximo cuidado en el manejo de moldes durante el mantenimiento y utilizar los sistemas de mantenimiento necesarios y adecuados para evitar roturas y aumentar la vida útil del mismo.

Los mantenimientos a realizar en el molde pueden ser: I) Cuando la máquina se encuentra en la producción de una determinada serie. II) Cuando el molde se encuentra fuera de máquina.

En el momento en el que el molde se encuentra en la máquina, los trabajos de mantenimiento que se pueden realizar en este caso, tienen que ser aquellos que sean rápidos de hacer y que eviten en un futuro se produzcan deterioros en el molde de mayor tiempo y valor. (Industrias ESTRA, 2010).

De acuerdo con el programa de mantenimiento para moldes de inyección de Uno Convenciones (Uno Convenciones) todos los moldes deben tener un programa de mantenimiento, ya que el mantenimiento regular puede ayudar al molde para su funcionamiento con menos interrupciones, ahorrando tiempo y dinero. La cantidad y la frecuencia del mantenimiento son determinadas por varios factores:

- Material del molde: El aluminio y las herramientas suaves van a sufrir un desgaste en un periodo más corto que las herramientas hechas de acero convencional.
- Complejidad del molde: Los moldes que tienen mecanismos intrincados o piezas que requieran tolerancias grandes requerirán más mantenimiento que un simple abre y cierre del molde. Los corredores, los botadores, los corazones móviles, los sistemas hidráulicos y mecánicos, los corredores calientes, los sistemas complejos y los componentes eyectores se agregan al mantenimiento requerido
- Abuso: Los moldes pueden ser abusados por las presiones excesivas de la abrazadera, altas presiones de la inyección, over- packing/ flashing de la pieza, moviendo de un jalón al molde abierto y cerrado, no lubricar apropiadamente los componentes, la eyección múltiple, todo esto puede causar al molde un desgaste excesivo.

Algunas de las acciones recomendadas para reducir el abuso interno del molde se nombran a continuación: no utilizar herramientas duras, utilizar agua tratada en sistemas de enfriamiento, evitar presiones excesivas en la abrazadera, en la inyección y over- packing/ flashing del molde, lubricar los componentes apropiados, tener cuidado de no estrellar el molde con las piezas que se van a expulsar y sellar el área de trabajo.

Los niveles recomendados para el cuidado del mantenimiento son:

- Realizar mantenimiento preventivo.
- Inspeccionar el molde cada 20.000 ciclos, o cada 10 días de producción.

- Realizarle mantenimiento al molde cada 100.000 ciclos.
- Efectuar mantenimiento importante cada 250.000 ciclos.

2.5 Formalización de procesos

La formalización de los procesos consiste en tener claro el que, quién, cuándo, cómo, dónde y por qué se hacen las cosas. Se deben identificar también aquellas actividades o procesos que mejor desempeño se tengan en la organización y replicarlas a otros lugares o usuarios con una descripción clara de la forma de aplicar a partir de estos facilitadores. Es transferir los mejores procesos implantados de un lugar a otro o de una planta a otra. (Agudelo Tóbon & Escobar Bolívar, 2010).

2.5.1 Metodología

Los procesos describen la forma en que fluye el trabajo a través de la organización. Estos se deben describir de tal manera que le permitan conservar el conocimiento a la empresa. De acuerdo con Agudelo y Escobar (Agudelo Tóbon & Escobar Bolívar, 2010) los pasos a llevar a cabo para la formalización de un proceso son:

- **Identificación del proceso:** Se podrá inferir que es un proceso, si el sistema tiene elementos de entrada, actividades de transformación cuyo resultado es un producto, a su vez el sistema debe tener retroalimentación que permita determinar si el proceso está encaminado a lograr su propósito.
- **Clasificación de procesos:** Los procesos se pueden clasificar dependiendo del impacto, el alcance o el aporte que le hacen a la organización. Estos se pueden clasificar en cuatro niveles: Macro procesos, Procesos, Actividades y Tareas.
- **Documentación de procesos:** Documentar es definir ampliamente las responsabilidades, el lugar, el momento, y la forma como debe ejecutarse cualquier actividad. Cualquier sistema implementado en la organización debe documentarse, particularmente cuando requiere que esas actividades se repitan de la mejor manera. La documentación es importante ya que conserva el conocimiento de la organización y asegura que no se cambie o se pierda.
- **Caracterización del proceso:** Este paso describe esquemáticamente la secuencia de actividades que se deben seguir por las personas de las aéreas involucradas en el desarrollo de un proceso.

2.5.2 Indicadores

Los indicadores son valores correspondientes que hay que alcanzar y que suponen el grado de realización de los objetivos. Estas medidas proporcionan información sobre el rendimiento de una actividad o sobre la consecución de una meta.

Los indicadores representan un conjunto de medidas que se centran en los aspectos del desempeño de la organización, son los más críticos para el éxito actual y futuro de la compañía, desempeñando el proceso con el objetivo de lograr las metas establecidas. Son los principales indicadores que señalan si será factible lograr una meta o no, y son buenos indicadores de las capacidades, prácticas y habilidades (Curto Díaz, 2010). Los Key Performance indicators (KPI) deben dar información acerca de qué acciones se deben tomar (Parmenter, 2007).

De acuerdo con (Behrens & Lau, 2008), los KPI son utilizados para la medición y control de los procesos, así como los objetivos de la empresa. Las mediciones financieras o no financieras de los KPI proporcionan información centrada en situaciones complejas, por lo tanto los indicadores cumplen con los siguientes requisitos:

- La capacidad para describir una empresa desde un punto de vista organizativo.
- Ilustrar las interdependencias, mostrando las cadenas de causa y efecto.
- Requisitos de poco tiempo, además del poco esfuerzo a realizar para la recopilación y actualización de datos.
- Presentan la posibilidad de analizar la empresa desde las perspectivas de pasado, presente y futuro.

2.5.3 Business Process Management (BPM)

En los últimos años, la gestión de procesos empresariales y su apoyo por las herramientas de flujo de trabajo se hizo más y más importante. BPM se puede considerar como el trabajo coordinado y órdenes de ejecución de las tareas con el fin de producir un producto o un servicio. El conocimiento producido durante un proceso de negocio se utiliza también durante su ejecución con el fin de producir un producto final (Busch, et al., 2007).

De acuerdo con Laurentiis (de Laurentiis Gianni, 2003) BPM también se puede definir como un orden específico de actividades de trabajo, que se realiza en el tiempo, en

lugares específicos y por personas o sistemas, con un comienzo, un fin, con entradas y salidas claramente definidas. Es decir, una estructura cohesionada coordinada adecuadamente para la acción. A su vez BPM es un enfoque sistemático para la gestión y mejora de negocio de una organización por la gestión activa y coordinada de todos los aspectos de diseño, implementación, operación, medición, análisis y optimización de procesos de negocio con el fin de cumplir eficaz y eficientemente los objetivos de negocio (Davis & Brabänder, 2007).

Igualmente BPM se puede definir de una manera más fácil, la definición de las tareas, y la secuencia de estas, necesarias para entregar un objetivo de negocio (Davis & Brabänder, 2007).

La estrategia BPM permite a las empresas el crecimiento empresarial a partir de la habilidad en la modelación, administración y optimización de los procesos de negocio, aumentando significativamente las ganancias o beneficios, así como manteniendo el control de la organización y tomando las acciones necesarias para el mejoramiento continuo de la misma (Díaz Piraquive, 2008).

La implementación de tecnologías de gestión de procesos de negocio en las empresas está promoviendo un cambio cultural, por cuanto la información es compartida entre todos los empleados y la apropiación alrededor de la misma genera nuevo conocimiento. Este, por su parte, se ve reflejado en las mejores prácticas y en el desarrollo, ejecución y colaboración frente a actividades y procesos futuros. Las nuevas tecnologías de gestión se han introducido en las empresas no solo como una herramienta para la solución de problemas con empleados, proveedores o clientes, si no que han fomentado un ambiente de colaboración entre todos los actores, al compartir soluciones, mejoramiento continuo en tiempo real, así como mayor y mejor atención tanto a clientes internos como externos (Díaz Piraquive, 2008).

Event Driven Process Chain (EPC)

La cadena de proceso por eventos (EPC) es el principal modelo para la representación de procesos en ARIS (ver Figura 2). Es un modelo dinámico que reúne a los recursos estáticos de la empresa (sistemas, organización, datos, etc) y la organización de ellos para ofrecer una secuencia de tareas o actividades que agrega valor al proceso (Davis & Brabänder, 2007).

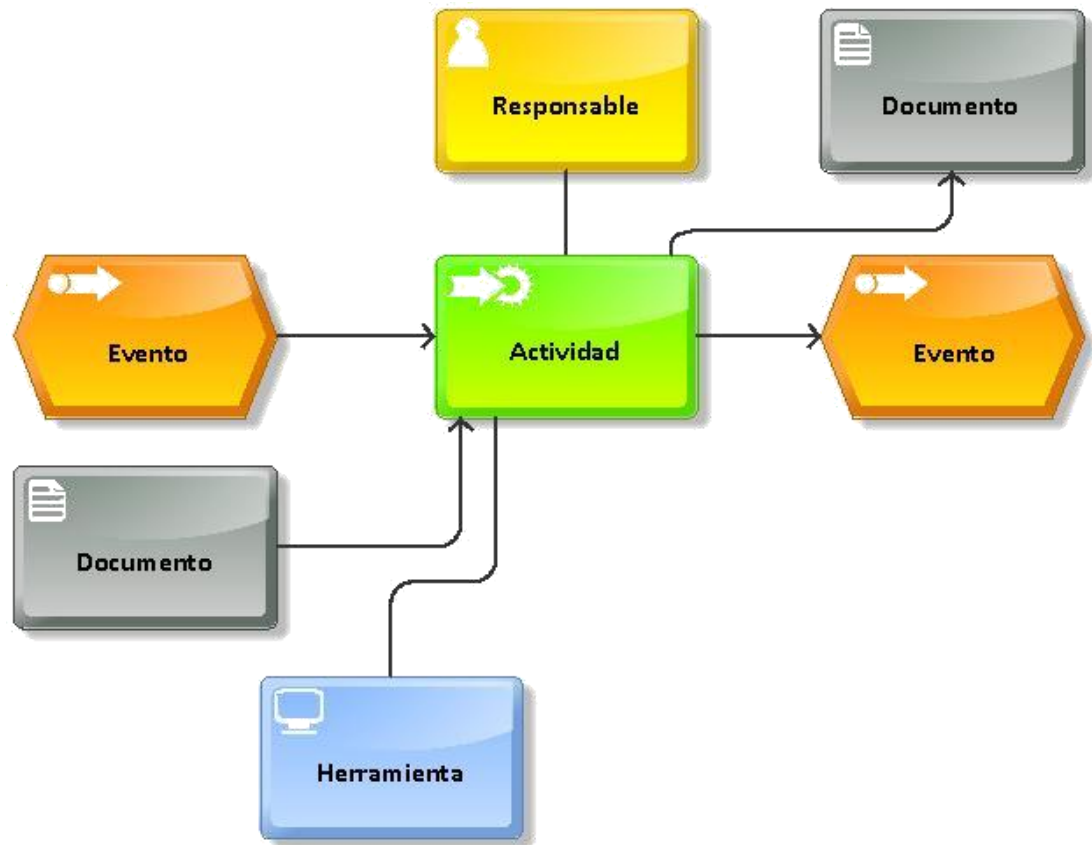


Figura 2. Leyenda de ARIS.

La representación de los procesos se da a través de diferentes tipos de objetos que permitirán mostrar como interactúa el proceso en su entorno, estos objetos pueden ser:

- **Eventos:** Representan el estado cambiante del mundo como resultado del proceso, cambios externos que desencadenan el inicio del proceso, cambios internos de estado a medida que avanza el proceso, el resultado final del proceso que tiene un efecto externo (Davis & Brabänder, 2007).
- **Funciones/ Actividades:** Representan las actividades o tareas realizadas como parte de un proceso de negocio, cada función añade valor al negocio, estas pueden ser realizadas por personas o por sistemas informáticos. Tienen entradas como información o material, generan salidas como lo pueden ser

información diferente o un producto, finalmente las funciones pueden consumir recursos (Davis & Brabänder, 2007).

- Recursos/ Herramientas: Los recursos serán los datos, organizaciones, sistemas, etc. A lo largo del proceso (Davis & Brabänder, 2007).
- Rol/ Responsable: El rol será la persona encargada o responsable de las actividades previamente definidas.
- Información/ Documentos. Es la información de soporte, un medio para guardar información (ARIS Community).
- Reglas: Como se muestra en la Tabla 1, existen tres tipos de reglas de uso diferente, dependiendo de la función a seguir o la función que precede a la regla (Davis & Brabänder, 2007).




Operador	Siguiendo una función	Anterior a una función
 OR	Uno o varios eventos posibles, serán seguidos como resultado de la decisión.	Cualquier evento o combinación de eventos, activara la función.
 XOR	Solo se puede seguir un evento de los varios eventos posibles.	Solo un evento de los varios eventos posibles será el activador.
 AND	El flujo del proceso se divide en dos o más eventos posibles.	Todos los eventos deben ocurrir con el fin de activar la función siguiente.

Tabla 1. Reglas de ARIS.

2.5.4 AS-IS

De acuerdo con Cugini (Cugini, et al., 2006), el proceso AS-IS consiste en dos fases, se analiza primeramente recogiendo el conocimiento a través de entrevistas con los expertos del proceso, durante esta actividad el conocimiento acerca del producto y el proceso es adquirido y formalizado. Esto permite la identificación de los problemas del proceso, llevando a posibles mejoras. La siguiente fase, consiste en modelar el nuevo proceso implementando soluciones tecnológicas, el objetivo principal de esta fase consiste en permitir a los operarios destacar los avances y los cambios del proceso, y evaluar los nuevos escenarios del proceso.

La aplicación de esta metodología ayudara a los procesos de la empresa a integrar la gestión de documentos y fomentar un proceso sistémico coherente. A su vez ilustra un diagrama del proceso y sus requisitos para llevarse a cabo (Business Process Design As-Is and To-Be Checklists).

2.5.5 TO-BE

Luego de entender “cómo” funciona el proceso, se construye el modelo “TO-BE”, que representa las alternativas de mejora mencionadas en el “AS-IS”, es importante asegurar que el modelo “TO-BE” es considerado dentro del contexto real de la cadena de valor (Monteleone, 2010).

De acuerdo con Muthu, el objetivo de esta fase es producir una o más alternativas a la situación actual, que satisfagan los objetivos estratégicos de la empresa. El primer paso en esta fase es la evaluación comparativa. Luego de identificar las posibles mejoras a los procesos existentes, el desarrollo del modelo TO-BE hace uso de los distintos métodos de modelación disponible, esto teniendo en cuenta los principios de diseño de proceso (Muthu, et al., 1999).

2.6 Product Lifecycle Management PLM

De acuerdo con Ruiz Arenas (Ruiz Arenas, 2012), PLM nace con la necesidad de gestionar correctamente toda la información relacionada con el producto durante su ciclo de vida, integrando adecuadamente las metodologías de trabajo, tales como la ingeniería concurrente y permitiendo el trabajo colaborativo independientemente de la ubicación geográfica de los actores, contando así con la participación de todos los departamentos de la empresa, proveedores, distribuidores, entre otros que están relacionados con la información asociada con el producto.

2.6.1 ¿Qué es?

Product Lifecycle Management (PLM), es el proceso que mediante el uso de herramientas informáticas permite administrar el ciclo de vida de un producto, desde su concepción, pasando por su diseño y fabricación, hasta su servicio y eliminación. Entre los ejes principales de PLM se encuentran el producto, los proceso para su realización y el ciclo de vida del producto (Alemanni, et al., 2010)

2.6.2 Aplicaciones

Algunas soluciones PLM han añadido a sus funciones básicas, módulos diseñados para responder a las necesidades específicas en las áreas de desarrollo distintas a las

tradicionalmente atendidas. Así, sectores como el diseño de moda, la salud, el embalaje, y otros han comenzado a cubrir sus soluciones con los proveedores de software de PLM.

Hay documentación sobre el uso e implementación de PLM en diferentes industrias tales como: fabricación de componentes digitales (Chiang & Trappey, 2007) , termonuclear (Muhammad, et al., 2009).

DESL proporciona una visión de cómo la industria textil puede lograr una verdadera colaboración en toda la cadena de suministro global a través de la herramienta PLM (CIMdata inc, 2013), a su vez la herramienta PLM ha sido implementada en el sector de la fabricación de automóviles, por parte de Tri-Ring Group, una de las 500 empresas manufactureras de China, utilizando la herramienta Siemens PLM, ayudando en la mejora de la gestión del conocimiento en el proceso de diseño (CIMdata Inc, 2012a). A través Aras PLM, la empresa Hydrocontrol SpA del sector hidráulico, se ha beneficiado de esta herramienta para gestionar productos altamente configurables y personalizables desde el diseño del producto hasta el mantenimiento (CIMdata Inc, 2012b).

Para poder realizar, esto todas las empresas necesitan administrar la comunicación y la información con sus clientes ("*Customer Relationship Management*" – CRM), con sus proveedores ("*Supply Chain Management*" – SCM).

- *Supply Chain Management* (SCM): Es una herramienta de información de gestión que integra procesos de abastecimiento y logística (Kovács & Paganelli, 2003), es decir, centrándose en las operaciones de suministro.
- *Customer Relationship Management* (CRM): Es una estrategia mediante la cual la compañía busca entender a sus clientes y utilizar el conocimiento adquirido a través de ellos para mejorar la rentabilidad de la empresa (Stringfellow, et al., 2004).
- *Enterprise Resource Planning* (ERP): Es una planificación de recursos empresariales, es un sistema de información que integra la mayor parte de datos que una organización puede procesar y utilizar en sus operaciones (Pacheco Comer & González Castolo, 2012).

2.6.3 Software

Dentro de los softwares PLM conocidos en el mercado se encuentran:

- "Windchill"™ de PTC: Basado en la Web para ofrecer acceso sencillo en toda la empresa, este sistema probado de gestión de datos de productos (PDM) admite equipos geográficamente dispersos y permite administrar procesos cruciales como la gestión de cambios y configuraciones, y el diseño detallado (PTC, 2013).
- "Teamcenter"™ de Siemens: Teamcenter producto de gestión de ciclo de vida ayuda a las empresas a ofrecer productos cada vez más complejos y aumentar la productividad y la racionalización de las operaciones globales. Proporciona la información correcta a las personas para hacer el producto más adecuado, decisiones, desde la planificación y el desarrollo hasta la fabricación y apoyo (Siemens, 2013).
- "Enovia / Smarteam"™ de Dassault Systems: ENOVIA SmarTeam ofrece ofertas de colaboración centrados en los procesos de desarrollo de productos de apoyo a las actividades de diseño, ingeniería y empresariales. Una plataforma unificada para todos los productos ENOVIA SmarTeam permite la colaboración entre usuarios a través de las diferentes áreas. Las empresas pueden ampliar para permitir la colaboración entre las organizaciones globales o cadenas de suministro, de acuerdo con sus necesidades (Dassault Systems, 2013).
- "Aras Innovator"™ de ARAS Corp: Ofrece una amplia gama de soluciones de software PLM que permiten a las empresas basadas en el rendimiento para mejorar la innovación, la colaboración y la coordinación a escala mundial. Las aplicaciones integrales abordan una amplia gama de iniciativas empresariales estratégicas a través de todo el ciclo de vida del producto, incluyendo Gestión de Programas, Ingeniería de Producto y Planificación de la Calidad (ARAS Corp, 2013).

De acuerdo con Ruiz, los tres primeros sistemas con un amplio reconocimiento en el entorno industrial (Ruiz Arenas, 2012). Cabe resaltar que el último software "Aras Innovator"™ de ARAS Corp. Será utilizada como herramienta de apoyo para la investigación.

2.6.4 ARAS

Aras Innovator es un sistema de código abierto que se puede acceder mediante un navegador web. Este es un sistema fácil de usar que incluye la mayoría de las funcionalidades de los sistemas convencionales de PLM, tales como la gestión de documentos, gestión de proyectos, gestión del cambio, gestión de suministros, etc (Ruiz Arenas, 2012).

De acuerdo con el estudio llevado a cabo con el fin de probar el sistema, un laboratorio piloto se estableció en la Universidad EAFIT durante seis meses. En este período de tiempo de un proceso de capacitación se ejecutó a través del estudio de la herramienta de ayuda Aras Innovator llamado "*Just Ask Innovator*" para aprender cómo crear nuevos usuarios, definir los permisos, cargar documentos y programar nuevos proyectos (Ruiz Arenas, 2012)..

Una vez realizado el estudio se concluyó (Ruiz Arenas, 2012):

- Aras Innovator es un programa fácil de instalar y con una plataforma fácil de utilizar. La "ayuda" de la herramienta es muy completa y clara para los nuevos usuarios.
- Existen un gran número de foros en el sitio web oficial de la compañía que puede ayudar a resolver las cuestiones relacionadas con la instalación y operación de Aras.
- Debido a que Aras Innovator es un sistema de código abierto, permite el desarrollo de nuevos módulos y funcionalidades que se pueden personalizar según las necesidades específicas de cada empresa.
- Algunos de los mensajes del sistema no son fáciles de entender por los usuarios comunes, ya que estos están codificados en lenguajes de programación complejos.
- Aras Corp CEO tiene una estrecha relación con los usuarios de Aras Innovator y a menudo participa en el foro de la página web oficial del sistema. Esto hace que sea más fácil de resolver cuestiones relacionadas con la plataforma.

Teniendo en cuenta todos los beneficios y las limitaciones del software, Aras PLM es un software fácil de usar y de instalar y tiene un buen rendimiento a bajo costo. Sin embargo, es relevante analizar la importancia de la gestión CAD para la empresa,

porque ello implicaría una inversión en otros conectores automáticos (Ruiz Arenas, 2012).

En conclusión, a pesar de que Aras Innovator tiene algunas limitaciones en comparación con los sistemas convencionales, su bajo costo y facilidad de uso puede ser una buena opción para las PYMES locales (Ruiz Arenas, 2012).

Finalmente se puede concluir que las empresas en el sector de mantenimiento de moldes de inyección a nivel nacional actualmente tienen sus propios manuales de mantenimiento de moldes formales o no formales, siendo estos exclusivamente de carácter interno, excluyendo a sus clientes y al medio, cabe resaltar que en la práctica de mantenimiento por estas empresas en muchos de los casos no se sigue la metodología que estos manuales indican dejando este proceso a las competencias del técnico a cargo.

A su vez para el fácil desarrollo e implementación del software ARAS PLM se deben tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Item Ttype

Se trata de la plantilla, o la definición de los elementos que se crean de la misma, en términos de programación orientados a objetos, el ItemType es similar a la definición de clase, y los elementos que se crean a partir de ella son las instancias de clase (ARAS Corp., 2005). Podemos definir ítem, como un elemento que permite representar características y comportamientos dentro de ARAS.

- Life Cycle

El Life Cycle está compuesto por estados (ver Figura 3), que representan una serie de acciones, pasos y transiciones, que son básicamente los caminos entre los diferentes estados. Por lo general, dentro de cada estado, existen una serie de pasos o acciones que deben ser tomadas por las identidades establecidas. Estos se describen y generalmente se asignan a un Workflow, que puede ser activado automáticamente cuando un artículo entra en un estado específico del ciclo de vida (ARAS Corp., 2005).

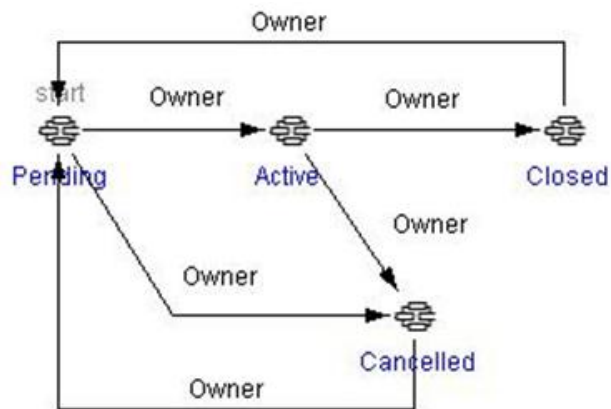


Figura 3. Ejemplo Life cycle map (ARAS Corp., 2005).

- Workflow

Workflow representa un flujo de trabajo en una secuencia definida de actividades que se realizan en un proceso de negocio (ver Figura 4). En ARAS Innovator, un workflow puede representar el modelo para un proceso de negocio que tiene la posibilidad de ejecutarse muchas veces (ARAS Corp., 2005).

Los Workflow permiten llevar un seguimiento de los participantes reales o instancias de los elementos del proceso, así como las decisiones que se toman. De esta manera se asegura que todos los pasos de un proceso empresarial se completan en el orden correcto, y de un modo repetible. (ARAS Corp., 2005)

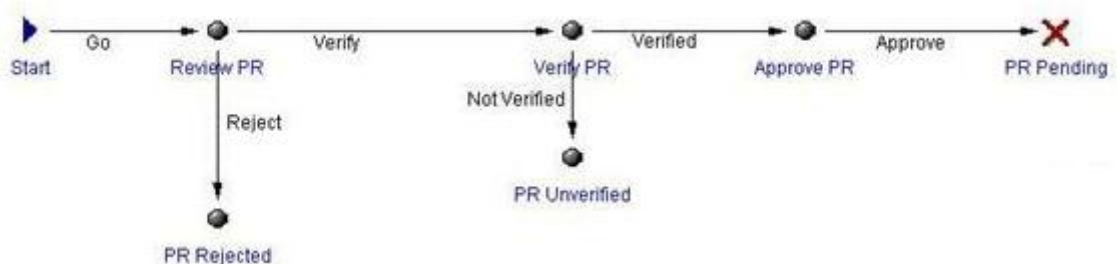


Figura 4. Ejemplo de Workflow map (ARAS Corp., 2005).

Capítulo 3. Formalización del proceso de mantenimiento de moldes

La Tabla 2, ilustra la serie de metodologías desarrolladas en el transcurso del proyecto para lograr la formalización del proceso de mantenimiento de moldes de inyección, estas metodologías describen como este proceso paso de ser un proceso el cual no se tenía documentación alguna, siendo así un proceso carente de indicadores lo que lo hace un proceso difícil de controlar, a finalmente ser un proceso considerablemente estandarizado, para así disminuir su variabilidad. Involucrando a su vez a todos los actores que intervienen a lo largo de este, para esto, a continuación se da una breve descripción de las metodologías implementadas.

Como se mencionó anteriormente, el mantenimiento de moldes de inyección es un proceso sobre el cual no existe, en el medio, protocolos de estandarización abiertos al público, esto lleva a un mantenimiento sin metodología, o simplemente al mantenimiento de este en el momento de la reparación.

Según el análisis del proceso de mantenimiento se puede inferir que en este proceso existen tres etapas fundamentales las cuales son: recepción, mantenimiento y despacho, primeramente estos tres procesos conforman la metodología AS- IS.

Posteriormente luego de analizar más a fondo estas tres etapas, se encontró la necesidad de definir actividades, tareas, responsables y recursos para poder ejecutar y controlar este proceso mediante herramientas de apoyo. Este enfoque sistémico hace parte de la metodología de implementación TO-BE.

Finalmente se requiere de una herramienta integradora de gestión que permita la administración, ejecución y control de este proceso donde surge como solución la metodología de mantenimiento de moldes de inyección apoyada en herramientas de gestión de ciclo de vida del producto (PLM).

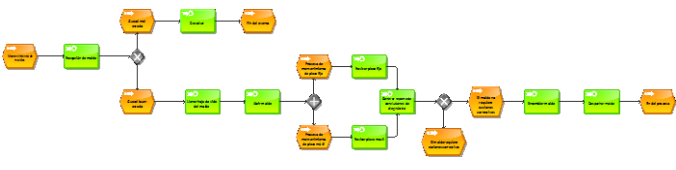
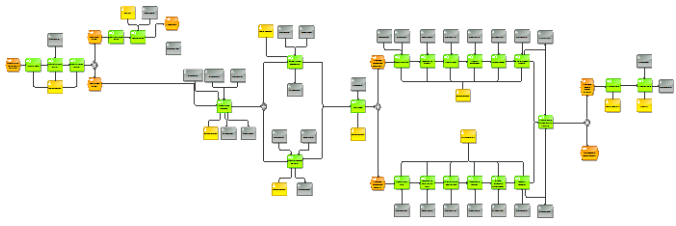

Metodología	Proceso	Observaciones
Mantenimiento no formal (sin metodología)	N/A	Se entrega molde.
Proceso formalizado (Modelo AS-IS)		Se obtiene una serie de actividades secuenciales para el desarrollo del mantenimiento.
Proceso propuesto (Modelo TO-BE)		Con la documentación (registros, formatos e instructivos,) permite un mayor control del proceso, disminuyendo así la variabilidad de proceso.
Proceso de mantenimiento de moldes de inyección en PLM		Permite definir con certeza "qué", "quién", "cómo" y cuando se debe llevar cada actividad del mantenimiento. Permitiendo así la administración, ejecución y control del proceso.

Tabla 2. Metodologías del proyecto

3.1 Mantenimiento no formal (Sin método estructurado)

Al hacerse el mantenimiento de un molde sin aplicar ningún método se pierde la noción del orden y la cronología de cómo se debe realizar un mantenimiento a un molde de inyección de una manera correcta, esto a través de pasos y prácticas que se llevan a cabo durante el proceso de mantenimiento explicados a continuación.

Normalmente un mantenimiento no formal de moldes se lleva a cabo de la siguiente manera:

- i.* Este método se ha llamado Empírico, comienza con recibir el molde de inyección sin guacal y sin protección, sin revisar si está en buen estado o si el molde esta empacado de una manera correcta para evitar que este se haya dañado durante el transporte. Al recibir el molde en el taller de mantenimiento no se le hace un estudio fotográfico o fílmico y no se tiene un documento que deje constancia que se recibió el molde en su guacal en perfecto estado y sin ningún daño superficial. Lo anterior perjudica a la empresa a la hora de reportar un daño que haya sufrido el molde durante el transporte, ya que no se tiene ninguna prueba que sustente que el daño se ocasionó durante el transporte, por lo que la reparación tendría que ser asumida por la empresa encargada del mantenimiento del molde.
- ii.* Se recibe el molde al transportista y se ubica en el suelo. Una vez el molde sobre los bloques de madera se procede a la apertura de este y se ubica sobre un banco de trabajo. Luego se asigna a un operario quien será el responsable de realizar el mantenimiento del molde bajo la supervisión de la persona encargada o supervisor. En la metodología en desarrollo, la supervisión estará a cargo del dueño del taller, quien se encarga de que el procedimiento de mantenimiento llevado a cabo sea realizado de manera correcta y que se realice las operaciones que el molde requiere.
- iii.* Luego de que el molde es asignado a un operario se procede a realizar el mantenimiento. Este procedimiento se lleva a cabo sin llevar un orden lógico, cronológico o mediante un proceso estandarizado, es decir, este se realiza según el conocimiento y experiencia del operario quien realiza esta actividad según su criterio. Dado que este mantenimiento se hace sin algún orden lógico, no se lleva registro alguno del procedimiento. Debido a esto, no se cuenta con indicadores que permitan el control del proceso dificultando la estandarización del mantenimiento, y al carecer de un proceso claro, se impide que cualquier operario siga el proceso de mantenimiento establecido por la empresa. Esto puede causar que un molde reciba un mantenimiento distinto en el mismo taller ya que este se realiza según el conocimiento del operario o según las instrucciones del supervisor y muchas veces esto lleva a que se rechacen los moldes porque se les practicó un mal mantenimiento o se omitió un paso.

- iv. Después que el operario ha finalizado el mantenimiento del molde con los procedimientos que creyó pertinente o según las indicaciones dadas por parte del supervisor, este es quien recibe de manera verbal el reporte del mantenimiento llevado a cabo al molde por parte del operario, es decir, qué piezas se cambiaron, qué daños se encontraron y qué procedimientos se realizaron.
- v. Luego de esto el supervisor puede reportar el costo del mantenimiento supeditado a la información que le fue suministrada por el operario, la cual no tiene ningún respaldo ya que no se llevó registro alguno durante el mantenimiento.
- vi. Una vez el supervisor realiza la revisión, se procede a limpiar el molde con estopa, humedecida con varsol y se engrasan las partes del molde que lo requieran. Cuando se ha realizado el proceso de mantenimiento completo, se procede a cerrar el molde y en varias ocasiones es enviado a la empresa de destino sin ninguna clase de protección (como lo son guacales o envolturas de plástico) para evitar algún daño en el transporte y sin diligenciarse un registro de salida donde se hace constar que el molde abandonó el taller en perfecto estado.

3.2 Proceso formalizado (Modelo AS- IS)

Al hacerse el mantenimiento de un molde con la metodología AS-IS, se mejora el proceso y sus pasos, en comparación al mantenimiento sin método, dado que se lleva un orden predeterminado por medio de un modelo de proceso que lo estandariza (ver Figura 5), mejorando la calidad del mismo.

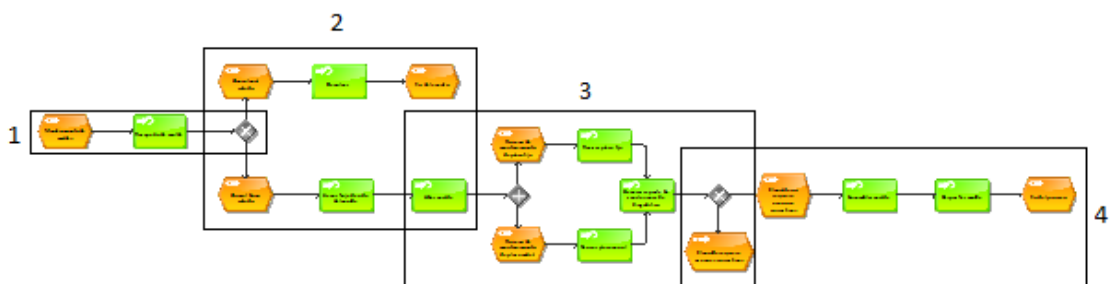


Figura 5. Diagrama de actividades del método AS-IS completo

Modelo del proceso AS- IS

Es importante resaltar que esta metodología no incluye mejoras, se documentó y se estandarizó el proceso empírico. Al realizar el proceso de mantenimiento de moldes con la metodología AS-IS se definió la secuencia de proceso descrita a continuación:

Actividad 1. Recepción del molde

De acuerdo con la Figura 6, el primer paso a llevar a cabo es la revisión técnica del estado del molde. Este paso consiste en el arribo del molde al taller de mantenimiento, acto seguido se retira el molde del guacal y se hace un chequeo visual del molde para conocer su estado.

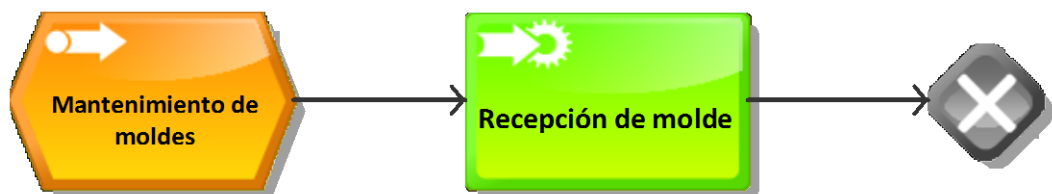


Figura 6. Diagrama de actividades del método AS-IS (Fig. 1/4)

Actividad 2. Llenar hoja de vida del molde

Luego de haber realizado el paso anteriormente descrito se procede a recibir de manera oficial el molde (ver Figura 7), mediante el llenado de una ficha de remisión, entrega y recibimiento, por medio del cual se hace constar que la empresa de transporte entregó el molde al taller de mantenimiento y que este último recibió y verificó que el molde se encuentra en buen estado y que fue transportado en guacales normalizados. Para proceder al mantenimiento se le asigna el molde a un técnico quien con un checklist, y siguiendo todas normas de seguridad industrial, da inicio al proceso. En caso de encontrar el guacal en mal estado se devolverá el molde. A su vez, en caso de recibir el molde sin guacal, se procede a trabajar el molde, siguiendo el protocolo de recepción del molde.

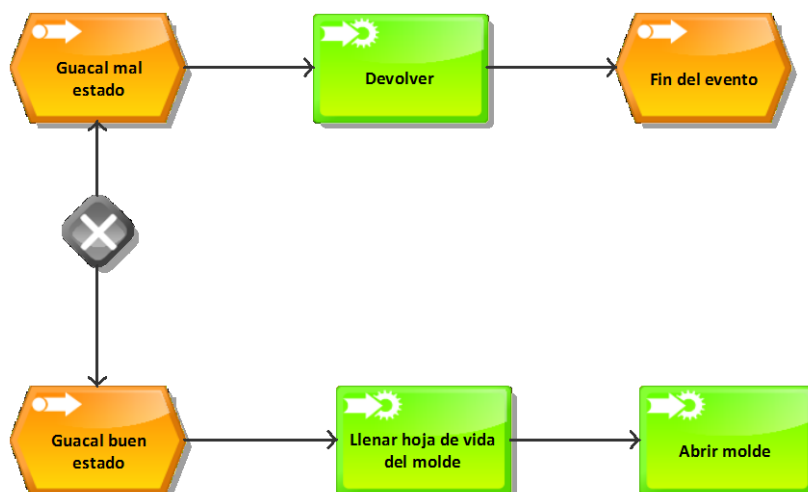


Figura 7. Diagrama de actividades del método AS-IS (Fig. 2/4)

Actividad 3. Abrir el molde

Acto seguido se procede a abrir la placa fija del molde como se puede observar en la Figura 8. Luego que el técnico se asegura de estar cumpliendo con todas las normas de seguridad industrial y con la ayuda de un checklist, procede a abrir la placa fija del molde y la ubica sobre una mesa de trabajo para proceder a hacerle el mantenimiento pertinente, y para esto debe solicitar la ficha técnica para conocer qué clase de mantenimiento se le debe realizar al molde.

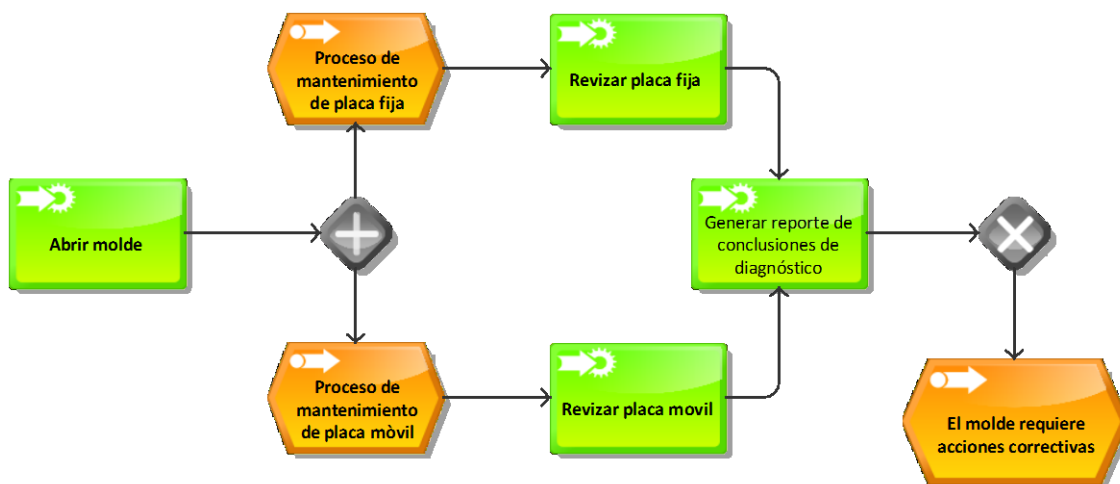


Figura 8. Diagrama de pasos del método AS-IS (Fig. 3/4)

Actividad 4. Inicio del mantenimiento

Posteriormente, se da inicio al proceso de mantenimiento del molde, para el cual se siguen los pasos enumerados a continuación:

- i.* Verificar el acero de las placas y de las cavidades: El operario procede a revisar el estado de las distintas placas del molde, es decir, verifica que estas no tengan óxido, suciedad y se encuentre en estado óptimo para operar. Por otro lado se verifica el estado de las cavidades, ya que estas son de las partes más importantes del molde debido que en estas cavidades es donde se inyecta el plástico y no deben tener ningún tipo de suciedad, óxido, ralladura o daño superficial, puesto que esto afectaría la calidad del producto. También el operario debe proceder a engrasar los elementos que lo requieran.
- ii.* Revisar el estado de la placa de respaldo: En este paso el operario procede a revisar el estado de la placa de respaldo o sufridera, ya que esta es donde se apoyan los tornillos o donde más se genera desgaste, como su nombre coloquial lo indica es la placa que soporta o sufre más presión de todos los elementos de sujeción y se debe verificar que esta esté en las condiciones adecuadas para operar.
- iii.* Realizar limpieza con varsol, paños y lija. En este paso el operario procede a limpiar con ayuda de un paño, lija y varsol todas las superficies del molde que lo requieran.
- iv.* Revisar el alojamiento del tornillo de ensamble: Luego de que se han limpiado todas las superficies, se inicia la revisión de todos los orificios roscados y la tornillería, con el objetivo que estos se encuentren en buen estado, es decir, que estos no tengan ningún tipo de fisura y que sus roscas estén en estado óptimo.
- v.* Revisar la columna guía: Este paso consiste en revisar que las columnas guías o reglas estén en buen estado, es decir, que no tengan fisuras ni óxido, luego se procede a limpiarlas y engrasarlas.
- vi.* Revisar la pestaña guía: Se debe verificar su estado y que se encuentre en condiciones ideales para la producción.
- vii.* Revisar el sistema de expulsión: Se procede a revisar el sistema de expulsión, donde se verifica que este realice el recorrido completo y su respectivo ajuste, es decir que este llegue a su tope máximo y regrese a su sitio.
- viii.* Revisar el anillo expulsor: Se debe verificar que se encuentre en buen estado y que no tenga óxido.

- ix.* Revisar guías y bujes: Se debe revisar si las guías o columnas guías tienen grano, daños superficiales u óxido y se deben limpiar, engrasar y remover el óxido, en caso de presentarse.
- x.* Revisar los sistemas de refrigeración: Se debe verificar de que estos sistemas estén en condiciones para la producción. Seguidamente se lavan los conductos con una solución química que remueva las suciedades, teniendo las precauciones necesarias para que esta solución no deteriore los conductos.
- xi.* Revisar el sistema eléctrico y las resistencias: Se debe revisar que cada una de las resistencias se encuentren en buen estado y que estas estén generando la corriente necesaria. Acto seguido se debe revisar que las termocuplas estén alcanzando la temperatura óptima y que estén en perfecto estado.
- xii.* Limpieza y revisión del lado fijo: Se deben revisar que los componentes de este lado del molde estén en buen estado, realizando la limpieza necesaria y verificando que el molde cierre y ajuste sin dificultad alguna.
- xiii.* Hacer limpieza, revisar y engrasar: En este paso el supervisor debe revisar el trabajo realizado a cargo del técnico y a su vez este debe realizar una limpieza general y engrasar todas las partes del molde que así lo requieran.
- xiv.* Revisar pulido y acabado: Se debe revisar el acabado superficial y el pulido de las placas del molde, con el fin de que estas no tengan óxido, ni ralladuras.
- xv.* Revisar checklist: En este paso el operario junto con el supervisor deben revisar que se hayan realizado todas las actividades especificadas en el checklist y que estas se hayan realizado de la manera correcta.

Actividad 5. Despachar molde

Finalmente, luego de haber culminado el mantenimiento, se procede a la entrega del molde (ver Figura 9). En este paso se debe realizar el embalaje del molde y la ficha de remisión de salida, envolviendo el molde en papel plástico y posteriormente ubicándolo dentro de su guacal, finalizando con la realización de un documento que da constancia que el molde abandonó el taller de mantenimiento en perfecto estado.

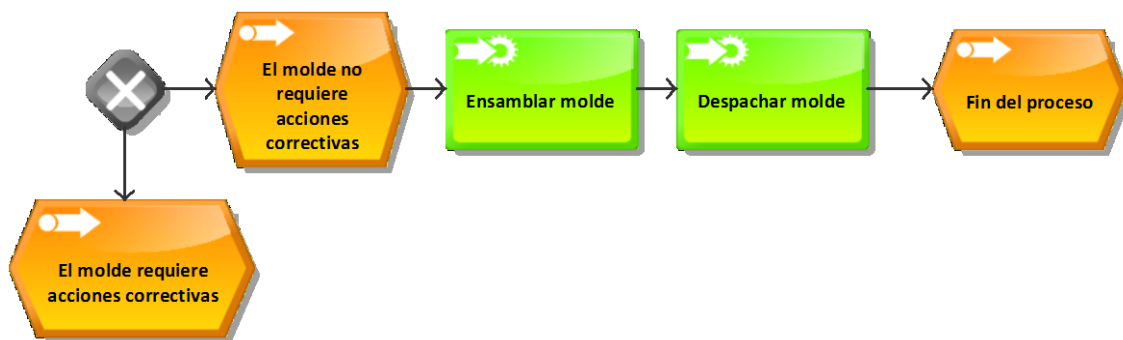


Figura 9. Diagrama de pasos del método AS-IS (Fig. 4/4)

3.3 Proceso propuesto (Modelo TO- BE)

En aplicación de las herramientas de BPM al mantenimiento de moldes de inyección se realizará un modelo de proceso en el software Aris Express™, donde se explicará, paso por paso, qué proceso se debe seguir en el mantenimiento de un molde de inyección y qué información se tiene y qué información se debe obtener al finalizar el proceso.

Para la realización del modelo TO-BE, es importante explicar los documentos a tener en cuenta a lo largo del proceso, ya que serán base fundamental para la estandarización del proceso.

Documentación

El proceso de documentación se alinea con el estándar ISO 9000, el cual se divide en 5 niveles básicos:

1. Manual de proceso: Es una declaración donde se definen los objetivos, metas y propósitos de un proceso determinado. Es el lineamiento general de la estrategia que le permite a todos los miembros de la compañía mantener el enfoque establecido a través de ésta.
2. Procesos: Define en detalle qué se debe hacer, quien lo debe hacer, cuándo y dónde. Establece todas las condiciones e indicaciones que regirán el proceso, incluyendo consideraciones como objetivo, alcance, y el procedimiento general, especificando cuales son los instructivos y formatos que tiene disponible el usuario al momento de llevar a cabo alguno de las tareas.
3. Instructivos de trabajo: Define en detalle cada actividad y los procedimientos que debe llevar a cabo para su desarrollo. Especifica el cómo se debe llevar a cabo.

4. Formatos: Define la plantilla o estructura del documento que se debe llenar al momento de llevar a cabo la actividad. No todas las actividades tienen definido un formato.
5. Registros: Son los formatos una vez han sido diligenciados por sus responsables durante el desarrollo del proceso.

Es de resaltar que un documento cuyo código comience por el índice “5” indica que es un registro, “4” que es un formato, “3” que es un instructivo, “2” que es un procedimiento (Mejía Gutiérrez, et al.,2010).

Para mayor claridad en la nomenclatura de documentos en el presente trabajo, ver la Tabla 3.

Codificación para el mantenimiento			
Sufijo del documento	Sufijo del proceso de mantenimiento	Número de la actividad en el proceso	Consecutivo
XX	MMTM	XX	XX

Tabla 3. Nomenclatura para documentos

Ejemplo: Para la actividad “verificar estado de guacales” dentro del proceso de mantenimiento de moldes de inyección se usa:

03-MMTM-2-01

03: El documento es un instructivo

MMTM: Sufijo del proceso de mantenimiento de moldes de inyección

2: Actividad número 2 del proceso de mantenimiento

01: Consecutivo

Modelo del proceso TO- BE

A continuación se analiza el proceso de mantenimiento de moldes de inyección bajo la metodología TO-BE, se presenta el proceso con sus respectivas actividades, a su vez que se ilustran los documentos necesarios de dichas actividades para llevar a cabo el mantenimiento de forma exitosa.

Actividad 1. Recibir el molde

De acuerdo con la Figura 10, el operario que está a cargo de la recepción de los moldes que llegan al taller de mantenimiento debe recibir el molde a la empresa de

transporte o al técnico de otra área de la misma empresa que está encargado de transportar el molde.

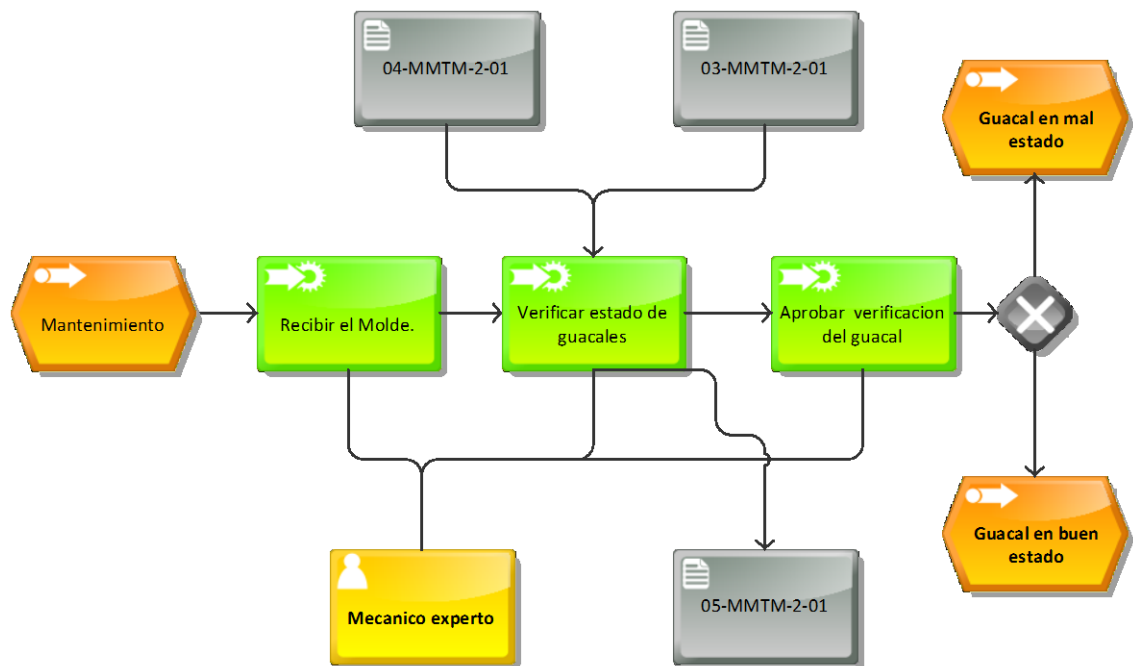


Figura 10. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 1/12)

Actividad 2. Verificar estado de guacales

A continuación se nombran los pasos para la verificación del estado del guacal:

- i.* Revisar que en el marco del molde esté grabado el número correcto correspondiente al molde. Observar que los números en las unidades del molde correspondan con el número en el marco del molde.

Es probable que el arco tenga múltiples números de moldes dado que este puede ser utilizado para varias unidades.

- ii.* Corroborar que el molde esté envuelto en hoja de polietileno y que no exista orificio alguno en esta hoja.
- iii.* Verificar que los guacales estén hechos de láminas de madera contrachapada.
- iv.* Revisar que las dimensiones del guacal sean las necesarias o estén acordes con las dimensiones del molde.

Las dimensiones internas del guacal deben ser de una pulgada mayor que las dimensiones del molde.

- v. Revisar que el molde no se haya desplazado dentro del guacal durante el transporte. En el respectivo caso que el molde se haya desplazado dentro del guacal, revisar que el guacal posea sus respectivas cuñas.
- vi. Verificar que los orificios hechos por los anillos de izado durante el proceso de introducir el molde en el guacal estén cubiertos o hayan sido reparados con cinta de enmascarar.
- vii. Comprobar que los orificios hechos en el plástico hayan sido reparados con cinta de enmascarar.
- viii. Confirmar que la ficha de inventario del molde esté dentro del guacal junto a una copia de la lista de chequeo y comprobar que ambas estén debidamente diligenciadas.
- ix. Certificar que el molde venga cubierto con una lámina de acero galvanizado en forma de tapa cuando este venga de un transporte marítimo. La lámina debe venir cubierta de una hoja de polietileno.
- x. En el caso particular que el viaje del molde tenga una duración mayor a un día asegurar que la parte externa del molde este protegida con líquido anticorrosivo.

En caso contrario, si el viaje del molde tiene una duración menor a un día, es necesario asegurar que la parte externa esté protegida con silicona en spray.

Actividad 3. Aprobación del guacal

Según con la Figura 11, el paso a continuación describe dos posibilidades, esto depende de la situación que se presente en el paso anterior.

Los casos que se exponen a continuación son las posibles situaciones que se pueden presentar:

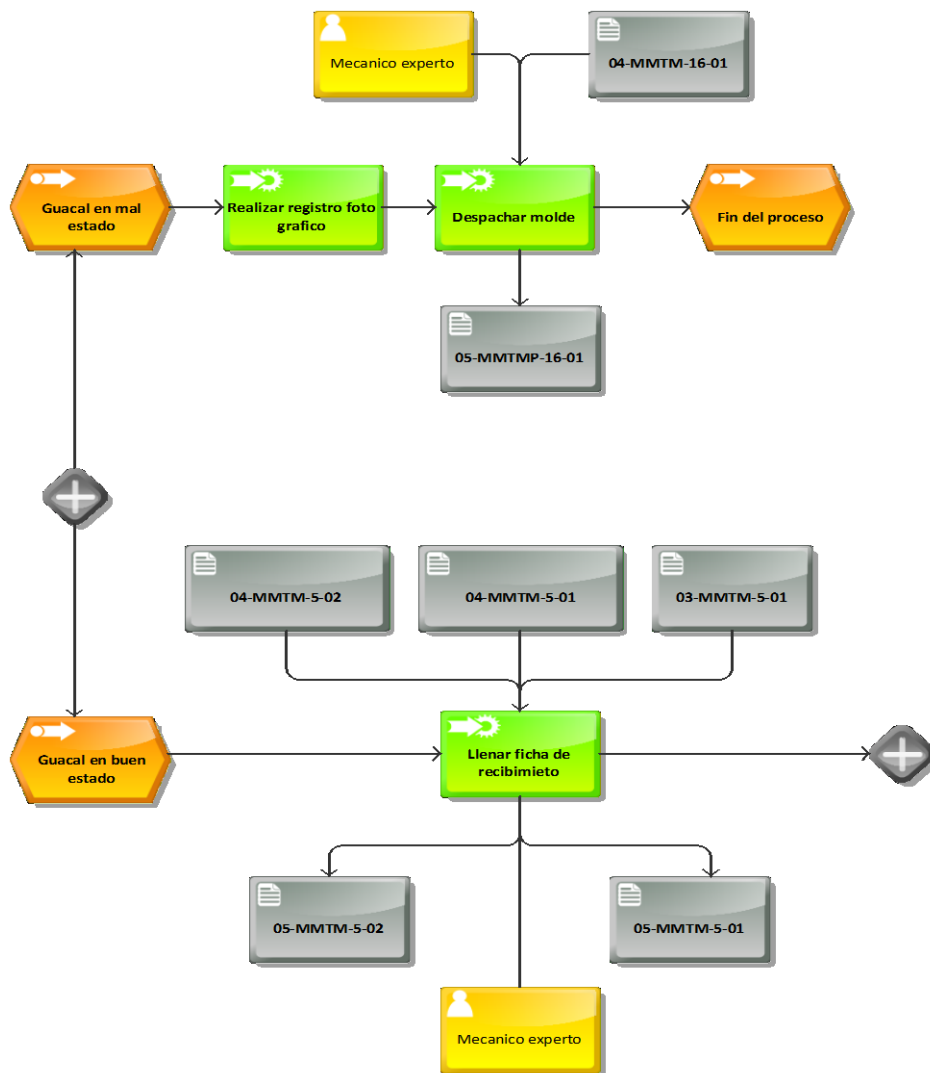


Figura 11. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 2/12)

i. Guacal en mal estado:

Este se presenta cuando, al hacer la revisión del guacal en que llegó el molde al taller, no cumple con todos los requisitos mencionados en la actividad 2 (Ver pág. 41).

Cuando se presente el caso que el guacal se encuentre en mal estado se debe de seguir el proceso descrito a continuación.

- Informar al supervisor: El supervisor debe verificar lo reportado por el operario y procede a llamar a la empresa de seguros para que, en presencia de un funcionario de esta empresa, se retire el molde del guacal para verificar si este tiene daño alguno en su estructura.

- Realizar registro fotográfico: Se debe realizar un registro fotográfico del estado del guacal, sea bueno o malo, y del daño del molde en caso tal que el molde no se encuentre en el estado apropiado para proceder a su mantenimiento.
- Despacho del molde: Se debe ubicar nuevamente el molde dentro de su guacal y se procede a su despacho hacia el área de reparación, en caso del molde pertenecer a la empresa que realiza el mantenimiento. En caso contrario, se debe despachar el molde hacia su empresa de origen. Todo lo anterior con previa autorización de la empresa de seguros.

ii. Guacal en buen estado

Este se presenta cuando el guacal en el que el molde arribó al taller cumple con todos los requisitos mencionados en la actividad 2 (Ver pág. 41).

Cuando el guacal está en buen estado se firma el formato de recibido y se sigue con el proceso de mantenimiento del molde.

Actividad 4. Llenar Ficha de recibimiento

En este paso se debe seguir las indicaciones que se nombran a continuación y contar con los documento 4-MMTM-5-01y 4-MMTM-5-02:

- i.* Teniendo el molde dentro del guacal se verifica que el número del guacal sea el mismo número que tiene el guacal en uno de sus costados.
- ii.* Al abrir el guacal, sobre el molde debe haber una lámina de acero.
- iii.* La lámina que se encuentra sobre el molde debe estar envuelta en una hoja de plástico.
- iv.* Al retirar la lámina de acero se debe verificar que el molde este envuelto en una hoja de plástico.
- v.* Posteriormente se revisa y se verifica que las medidas del guacal sean acorde a las dimensiones del molde, es decir que el molde no quede muy preciso ni muy amplio.
- vi.* Se debe revisar que el molde lleve en sus costados varias cuñas pegadas al guacal para asegurar de que el molde no se haya desplazado durante el viaje.
- vii.* Se debe revisar que todos los orificios o daños que haya sufrido el plástico hayan sido reparados con cinta de enmascarar (orificio hecho para introducir el molde en el guacal y otros).

Al finalizar este paso se debe obtener como resultado las fichas 04-MMTM-5-01 y 04-MMTM-5-02 correctamente diligenciadas, es decir, obtener el registro 05-MMTM-5-01 y 05-MMTM-5-02.

Actividad 5. Llenar ficha de chequeo visual

Como se puede observar en la Figura 12, en este paso se debe contar con el documento 04-MMTM-6-01 y se debe seguir el proceso descrito a continuación:

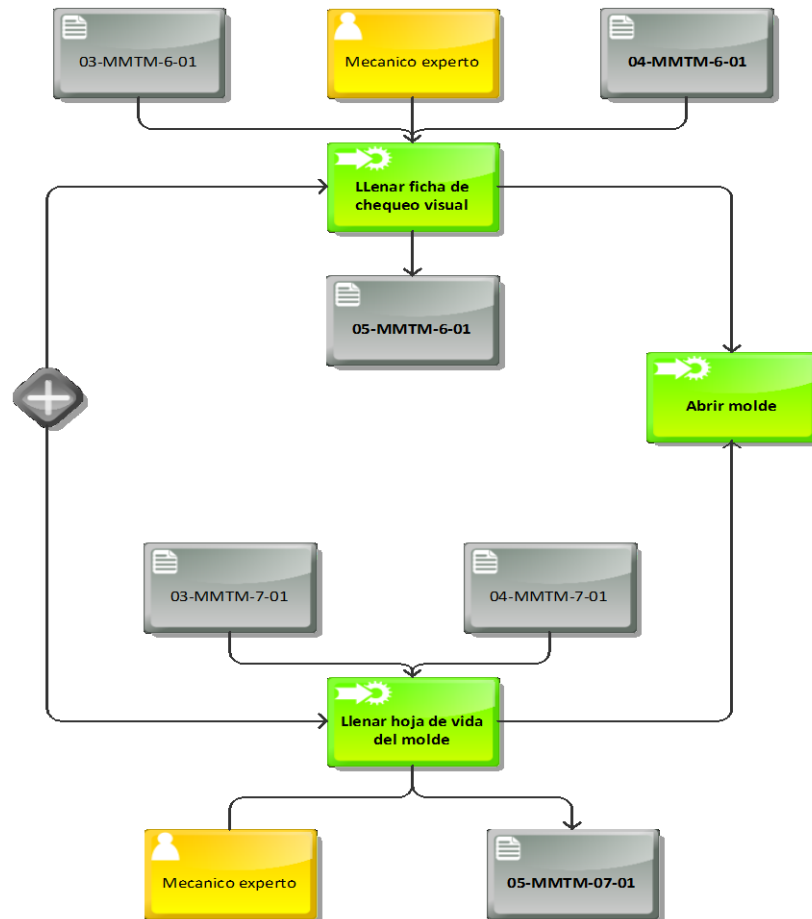


Figura 12. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 3/12)

- i.* Luego de que el molde se encuentre fuera del guacal y sin el recubrimiento de la hoja de plástico, se procede a revisar si el molde tiene óxido en las superficies externas.
- ii.* Se procede a revisar las superficies externas, verificar si existe algún tipo de ralladura que deba ser pulida.
- iii.* Se revisa que el molde tenga la platina de seguridad, la cual junta las placas de forma segura y compacta.

- iv.* Revisar si las superficies del molde tienen algún tipo de daño con profundidad.
- v.* Luego de haber retirado las cavidades del guacal y haber retirado la envoltura de plástico, se revisa que estas no tengan óxido en su superficie externa.
- vi.* Revisar que en las superficies de las cavidades no exista ningún tipo de ralladura.
- vii.* Revisar que en las superficies de las cavidades no exista ningún tipo de daño o golpe con profundidad.
- viii.* Se debe anotar cualquier tipo de anomalías que hayan sucedido durante el proceso de recibimiento y chequeo visual del molde (caídas, golpes, etc.).
- ix.* Revisar que las placas estén correctamente ajustadas entre sí, es decir, que éstas estén perfectamente acopladas.

Al finalizar esta actividad se debe diligenciar la ficha 04-MMTM-6-01, para obtener el registro 05-MMTM-6-01.

Actividad 6. Llenar hoja de vida del molde

En este paso se debe tener en cuenta el documento 04-MMTM-7-01 y se deben seguir los pasos nombrados a continuación:

- i.* Revisar si el molde es de colada fría o de colada caliente y anotarlo en la casilla “Tipo de molde”.
- ii.* Revisar el nombre de la empresa de la cual proviene el molde y anotarlo en la casilla “Empresa”.
- iii.* Se debe saber el número de cavidades que tiene el molde y anotarlo en la casilla “N°. de cavidades”.
- iv.* Revisar qué tipo de expulsor tiene el molde y anotarlo en la casilla “Tipo de expulsor”.
- v.* Se debe anotar en la casilla “tiempo de ciclo”, el tiempo que lleva en funcionamiento el molde, en días o ciclos.

Al finalizar este paso se debe tener correctamente diligenciada la ficha 04-MMTM-7-01, y se debe obtener como resultado el documento 05-MMTM-7-01.

Actividad 7. Abrir el molde

De acuerdo con la Figura 13 se procede a abrir el molde para iniciar su mantenimiento, para lo cual es importante tener el molde en posición horizontal.

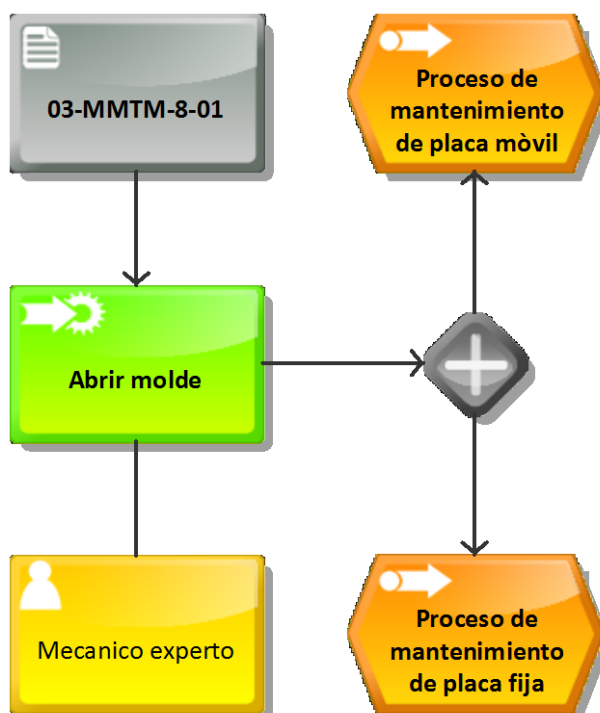


Figura 13. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 4/12)

- i.* Verificar que las correderas de transporte se encuentren cerradas, en caso contrario proceder a cerrarlas.
- ii.* En los orificios marcados con rojo ubicar dos anillos de izado de seguridad.
- iii.* Confirmar que las cadenas sean de dimensiones pertinentes y que estas tengan igual longitud.
- iv.* Para evitar daños en el piso colocar dos bloques de madera sólida y resistente en el lugar donde se va a situar el molde.
- v.* Levantar el molde con cuidado y llevar el molde hasta el lugar donde se va a proceder a desensamblar.
- vi.* Por razones de seguridad levantar el molde solo lo necesario. Unas pulgadas sobre el piso son suficientes. Conectar las cadenas al puente grúa, diferencial o grúa doble al molde y trasladarlo hasta el lugar donde se encuentran los bloques de madera.
- vii.* Ubicar el molde sobre los bloques de madera. Retirar los anillos de izado de seguridad ubicados a ambos lados y situar uno de ellos en el centro, lo más cercano posible a la placa de aislamiento.

- viii. Con el debido cuidado levantar el molde y moverlo hacia el lado que se desea voltear el molde. Se recomienda tener precaución de no hacer movimientos bruscos mientras se está realizando esta operación.
- ix. Observar el momento en que el molde jale las cadenas (cuando el punto de gravedad alcance su grado más alto), proceder a bajar el molde con cuidado para que este descansa sobre los bloques de madera. Las cavidades deben quedar ubicadas en la parte superior.

Inicio del proceso de mantenimiento

Para llevar a cabo el mantenimiento del molde, se deben realizar dos actividades, estas son: realizar el mantenimiento a la placa fija del molde y realizar el mantenimiento de la placa móvil del molde.

1. Actividad 8. Proceso de mantenimiento de placa móvil

Para este paso (ver Figura 14), es indispensable contar con el documento 4-MMTM-9-01, y seguir el proceso descrito a continuación:

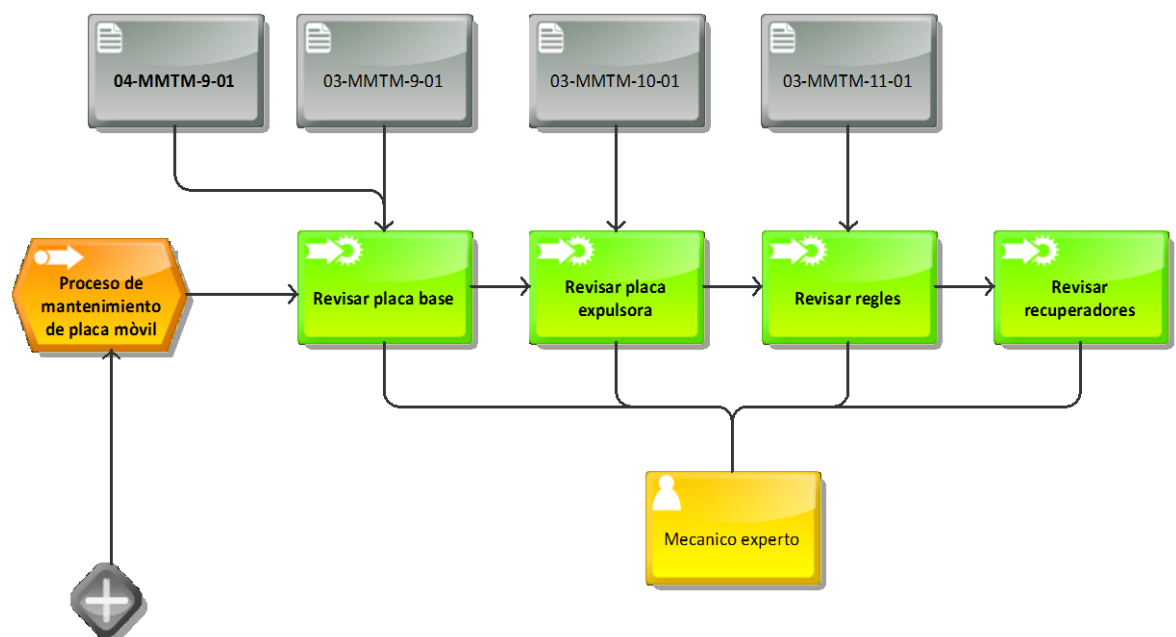


Figura 14. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 5/12)

I.Revisar la placa base

- i. Separar la placa base, de la placa móvil del molde y ubicarla sobre un banco de trabajo.

ii. Se debe proceder a tomar registro fotográfico a los daños, ralladuras, anomalías y demás desperfectos encontrados.

iii. Revisar que esta placa no tenga óxido, ralladuras o daños superficiales.

En caso de óxido: Remover con varsol y un trozo de lija.

En caso de ralladuras: Trasladar la placa a la zona de pulido.

En caso de daños superficiales: Enviar la placa en la zona de reparación, para esto se utiliza la solicitud de reparación de molde (Ver formato 04-MMTM-24-01).

iv. Luego de haber realizado el paso anterior (*ii*) se limpia toda la superficie de la placa con varsol y un trozo estopa.

v. En la ficha de mantenimiento se deben llenar los campos que corresponden a la placa base.

II.Revisar la placa expulsora

i. Tomar registro fotográfico a los daños, ralladuras, anomalías y demás desperfectos encontrados.

ii. Encontrándose la placa ensamblada, continuar con el proceso de mantenimiento revisando que la placa realice el recorrido completo de expulsión de piezas.

iii. Desmontar la placa expulsora de la placa móvil del molde y situarla sobre un banco de trabajo.

iv. Luego de que la placa se encuentre sobre el banco de trabajo revisar que la placa no tenga óxido, ralladuras ni ningún tipo de daño superficial.

En caso de daño superficial: Remover el óxido con varsol y un trozo de lija.

En caso de ralladuras: Se envía la placa al área de pulido.

En caso de daños superficiales: Se remite la placa al área de reparación.

v. Luego de haber terminado el paso anterior (*iii*) se procede a limpiar toda la superficie de la placa con varsol y un trozo de estopa.

vi. Llenar en la ficha de mantenimiento los campos que corresponden a la placa expulsora.

III.Revisar los Regles

i. Tomar registro fotográfico a los daños, ralladuras, anomalías y demás desperfectos encontrados.

- ii.* Sitúe el molde de forma que las columnas guía o reglas queden en dirección hacia arriba y proceder a abrir el molde. Luego de tener el molde en dicha posición revisar que estas no tengan grano, en caso de tenerle estas deben ser cambiadas.
- iii.* Revisar que las columnas guía no tengan óxido ni ralladuras.

En caso de óxido: Limpiar con varsol y un trozo de lija.

En caso de ralladuras: Estas se proceden a enviar al área de pulido.

En caso de daños superficiales: Se procede a enviar la placa al área de reparación.
- iv.* Luego de haber culminado el paso anterior (ii) se procede a limpiar toda la superficie de las columnas guía con varsol y un trozo de estopa.
- v.* Por último se miden 2" desde la parte superior de las columnas guía y se engrasa la zona medida.
- vi.* Llenar en la ficha de mantenimiento los campos que corresponden a los reglas o columnas guía.

IV.Revisar Recuperadores

- i.* Tomar registro fotográfico a los daños, ralladuras, anomalías y demás desperfectos encontrados.
- ii.* Teniendo el molde ensamblado, se procede a revisar que los recuperadores (ver Figura 15), realicen correctamente el recorrido de regreso, es decir que estos regresen a su posición a la placa expulsora.
- iii.* Posteriormente se procede a revisar que estos no tengan óxido, ralladuras ni daños superficiales.

En caso de daño superficial: Remover el óxido con varsol y un trozo de lija.

En caso de ralladuras: Enviar la placa al área de pulido.

En caso de daños superficiales: Remitir la placa al área de reparación.
- iv.* Llenar en la ficha de mantenimiento los campos que corresponden a los recuperadores.

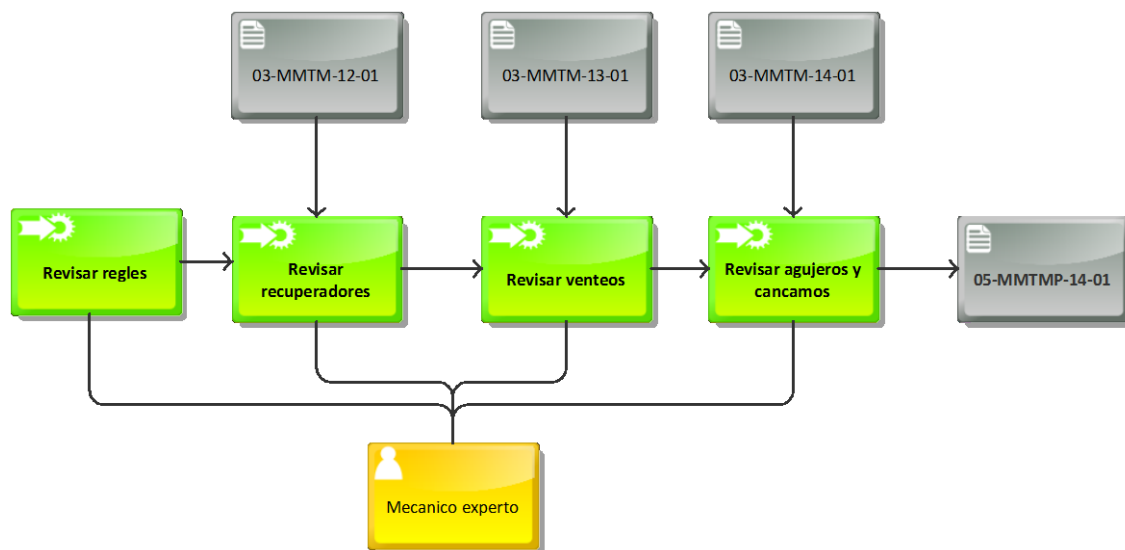


Figura 15. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 6/12)

V.Revisar los venteos

- i. Tomar registro fotográfico a los daños, ralladuras, anomalías y demás desperfectos encontrados
- ii. Los venteos se encuentran entre el núcleo y el anillo extractor. Estos pueden ser medidos fácilmente usando un reloj de precisión de 0.002mm y dos puntos de guía mediante el movimiento de rotación del stripper.

Anotación: Cuando los venteos de la parte interna del cono del separador no sean lo suficientemente profundos, se debe revisar también el azulado del núcleo y el separador antes del re-maquinado.

Las medidas de los venteos en las líneas de partición, entre el separador y la cavidad, pueden ser tomadas fácilmente con la ayuda de un accesorio plano (galga), en una posición estable para la medida en la línea de partición.

- iii. Es importante a su vez revisar que los venteos no estén cerrados por una línea de partición en la cavidad. En el área de los venteos es preferible trabajar con petróleo y una lima en caso de ser necesario.
- iv. Si encuentra algún tipo de daño o rastros de óxido en las líneas de separación, se recomienda usar una lima y petróleo para removerlo o repararlo. Mientras se esté realizando este procedimiento mantener la lima en posición horizontal para evitar dañar los bordes afilados de las líneas de partición.
- v. Llenar en la ficha de mantenimiento los campos que corresponden a los venteos.

VI.Revisar Agujeros y cáncamos

- i. Tomar registro fotográfico a los daños, ralladuras, anomalías y demás desperfectos encontrados.
- ii. Verificar que los agujeros roscados del molde estén en buen estado, es decir que su rosca estén en buen estado.

En caso que la rosca esté en mal estado se debe reparar con un machuelo.

- iii. Revisar los agujeros roscados, para la verificación de que estos no posean óxido, en caso de encontrar se debe limpiar con varsol y un trozo de lija.
- iv. Llenar en la ficha de mantenimiento los campos que corresponden a los agujeros roscados.

Cuando se finaliza este proceso se debe verificar que se haya diligenciado de manera correcta el documento 4-MMTM-9-01 y se debe obtener como resultado el documento 5-MMTM-14-01.

2. Actividad 9. Proceso de mantenimiento placa fija

Para este paso de debe contar con el documento 4-MMTM-15-01 y seguir el proceso descrito a continuación (ver Figura 16).

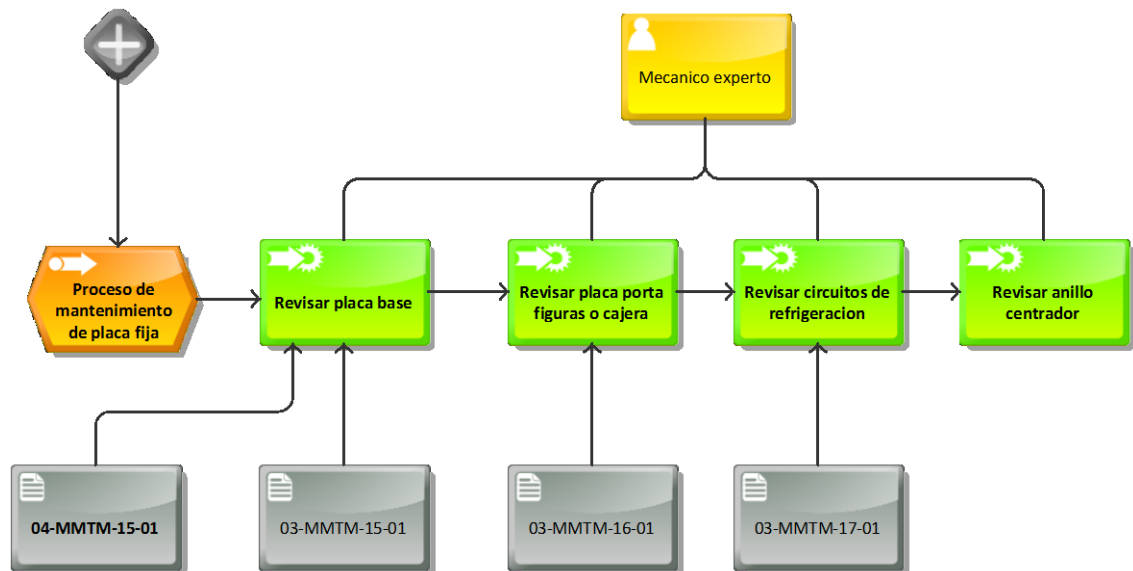


Figura 16. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 7/12)

I.Revisar placa base

- i.* Se debe separar la placa base, de la placa fija del molde y seguidamente ubicarla sobre un banco de trabajo.
- ii.* Tomar registro fotográfico a los daños, ralladuras, anomalías y demás desperfectos encontrados.
- iii.* Revisar que esta no tenga óxido, ralladuras o daños superficiales.

En caso de óxido: Remover con varsol y un trozo de lija.

En caso de ralladuras: Trasladar la placa a la zona de pulido.

En caso de daños superficiales: Se remite la placa a la zona de reparación.
- iv.* Luego de haber realizado el paso anterior (ii) se limpia toda la superficie de la placa con varsol y un trozo estopa.
- v.* Llenar en la ficha de mantenimiento los campos que corresponden a la palca base.

II. Revisar la placa porta figuras o cajera

- i.* Ubicar la placa sobre un banco de trabajo.
- ii.* Limpiar las partes del molde con petróleo y tela abrasiva o lija.

Se recomienda No tocar el área del producto, ni los bordes afilados de las líneas de partición. El área del producto debe limpiarse con petróleo y un paño suave y limpio.
- iii.* Levantar la placa con cuidado, posteriormente ubicar la placa del lado deseado, a continuación se sitúa el molde con sus cavidades sobre un banco de trabajo. Verificar que el banco de trabajo esté limpio.

Si es necesario, colocar una lámina de goma sobre el banco para proteger las cavidades. Limpiar la placa con petróleo y tela abrasiva o lija.
- iv.* Desatornillar los pernos que sostienen las cavidades.

Levantar la placa con cuidado para que las cavidades queden ubicadas sobre el banco de trabajo.
- v.* Limpiar las cavidades con petróleo y ayuda de un paño suave.
- vi.* Remueva los bebederos (si los hay) y proceder a limpiarlos.

- vii.* Acto seguido se procede a untar silicona o vaselina a los empaques y con el debido cuidado se introducen los bebederos en sus cavidades. Posteriormente se reemplazan los empaques dañados o deformados por la presión.
- viii.* Levantar la placa con cuidado para poder darle la vuelta. Seguidamente se ubica la placa sobre dos bloques de madera sólida. Verificar que el alto de los bloques sea mayor que el de las cavidades.
- ix.* Limpiar la placa y las cavidades con petróleo y tela abrasiva o lija (no hacer este procedimiento en el área del producto)
- x.* Luego de que todas las partes se encuentren en óptimas condiciones, se procede a ensamblar las cavidades a la placa.

Es recomendable cambiar los empaques de los moldes de altas temperaturas luego de 1200 inyecciones.

III.Revisar circuitos de refrigeración

- i.* Tomar registro fotográfico a los daños, fisuras, anomalías y demás desperfectos encontrados.

- ii.* Revisar los empaques y las ranuras:

Revisar todos los empaques cada 10 días de producción.

Revisar todos los empaques y sus ranuras cada tres carreras para moldes que trabajen con agua a temperaturas mayores a 50°C

- iii.* Todas las líneas de agua deben ser probadas a presión para chequear los escapes y la capacidad de flujo.

Si el molde es de canales calientes, la prueba con agua de las cavidades debe hacerse al mismo tiempo que la prueba de los canales calientes. En caso de que exista alguna fuga interna de agua en el área del bebedero, el medidor puede mostrar medidas inestables. En este caso el molde debe ser desensamblado y la fuga de agua debe ser reparada.

- iv.* Mantener el flujo del agua a una presión constante durante 10 minutos y revisar si hay fugas.
- v.* Después que el procedimiento anterior ha culminado, se procede a remover toda el agua de los sistemas de refrigeración del molde. Dentro del sistema de refrigeración no debe quedar residuos de agua.

- vi. Llenar en la ficha de mantenimiento los campos que corresponden a los circuitos de refrigeración.

IV.Revisar el anillo centrador

- i. Tomar registro fotográfico a los daños, ralladuras, anomalías y demás desperfectos encontrados.
- ii. De acuerdo con la Figura 17, en el molde se debe verificar y corregir posibles deformaciones del radio de la boquilla, ya sea en torno, si se ha bajado la boquilla del molde, o en taladro si se hace con la boquilla ensamblada en el molde, para ello se usa una herramienta afilada con geometría para radio de 12.7mm.

Luego de retocar el radio de la boquilla se debe pulir la colada para evitar que al inyectar el plástico sea retenido por el alojamiento.

Se debe garantizar que el anillo de registro pise la boquilla para evitar que esta se salga con la presión de inyección.

- iii. Llenar en la ficha de mantenimiento los campos que corresponden a los agujeros roscados.
- iv. Llenar en la ficha de mantenimiento los campos que corresponden al anillo centrador.

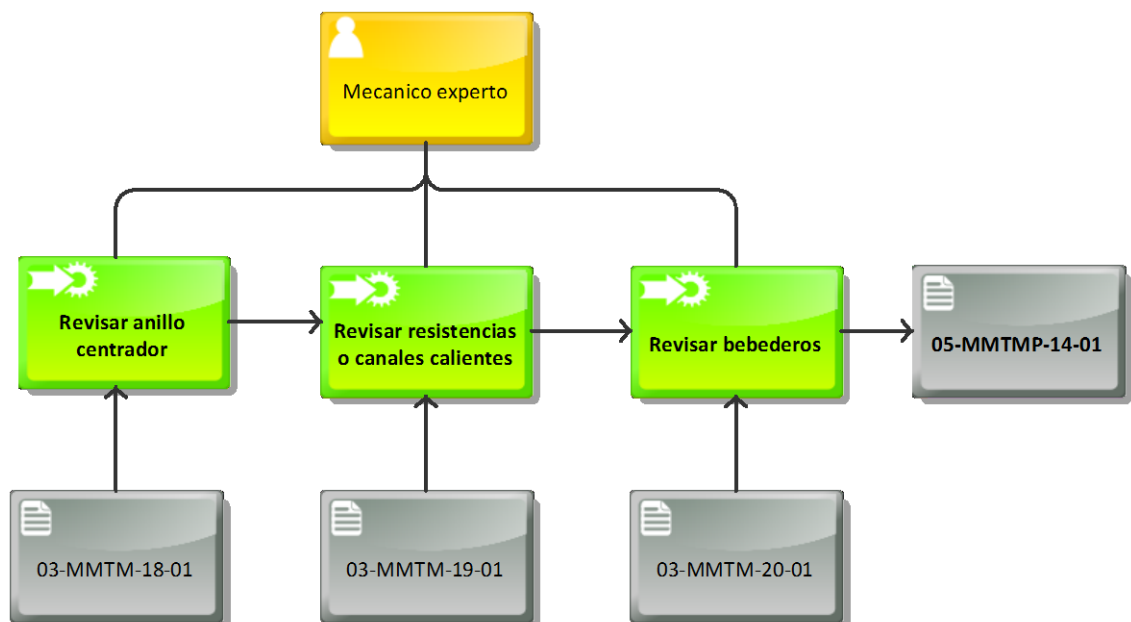


Figura 17. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 8/12)

V.Revisar resistencias o canales calientes

- i.* Tomar registro fotográfico a los daños, ralladuras, anomalías y demás desperfectos encontrados.
- ii.* Revisar que desde el lado de la boquilla hasta el lado centrador no exista ningún tipo de fuga del plástico.

Remover la placa de aislamiento y revisar las fugas. Separar la placa recolectora de la placa de cavidades y revisar si existen fugas.
- iii.* Revisar que las tapas de aislamiento, las puntas de la boquilla y la boquilla se encuentren en buen estado. En caso de que no estén en óptimas condiciones o de que estas falten, deben ser reemplazadas por unas nuevas.
- iv.* Revisar que las bandas de calentamiento sean del tipo correcto e igual para todas las cavidades. En caso de no ser las adecuadas cambiarlas.
- v.* Verificar que los termopares se encuentren en buen estado. En caso de no estarlo estos deben ser reemplazados.
- vi.* En caso de que falte la placa de aislamiento en el lado fijo del molde, se debe informar al supervisor para que una nueva placa pueda ser instalada. (Esto es solo para moldes de colada caliente)
- vii.* Llenar en la ficha de mantenimiento los campos que corresponden a las resistencias o canales calientes.

VI.Revisar Bebederos

- i.* Para limpiar el bebedero se debe proceder a calentarlo para que así el plástico que en este se encuentre se suavice. Después que el plástico se halla suavizado lo suficiente, con una herramienta de una madera resistente se procede a retirar el plástico del bebedero. No usar herramientas de metal durante este proceso. Siempre que se realice este procedimiento, usar guantes resistentes a altas temperaturas y mascara protectora facial.
- ii.* Comprobar que el radio del bebedero sea el correcto con el uso de la prueba azul o 'blue test'. Usar la boquilla de la máquina y untar tinta azul, luego hacer presión contra el bebedero. Hacerla girar para asegurarse que tuvo una buena impresión de la tinta sobre el radio del bebedero.

- iii. Se debe llenar en la ficha de mantenimiento los campos que corresponden a los bebederos.

Cuando se finalice este proceso se debe haber diligenciado el formato 04-MMTM-14-01 de manera correcta y se debe obtener como resultado el registro 05-MMTM-14-01.

Actividad 10. Generación de reporte de mantenimiento

Para este paso (ver Figura 18), se debe contar con el documento 04-MMTM-21-02 y los registros 05-MMTM-14-01 y 05-MMTM-9-01 debidamente diligenciados, a continuación se describen los pasos a seguir:

- i. Se debe revisar los registros 05-MMTM-9-01 y 05-MMTM-14-01, es decir, se debe verificar que todos los campos o casillas necesarias hayan sido debidamente diligenciados.
- ii. Con base a los comentarios y los datos encontrados en los registros 05-MMTM-9-01 y 05-MMTM-15-01, se debe decidir si el molde requiere o no acciones correctivas.
- iii. Si el molde no requiere acciones correctivas: Se continúa con el proceso.

Si el molde requiere acciones correctivas: Se debe diligenciar el formato 04-MMTM-21-02 y remitirlo a reparaciones, pero no sin antes haber diligenciado el formato 04-MMTM-25-01.

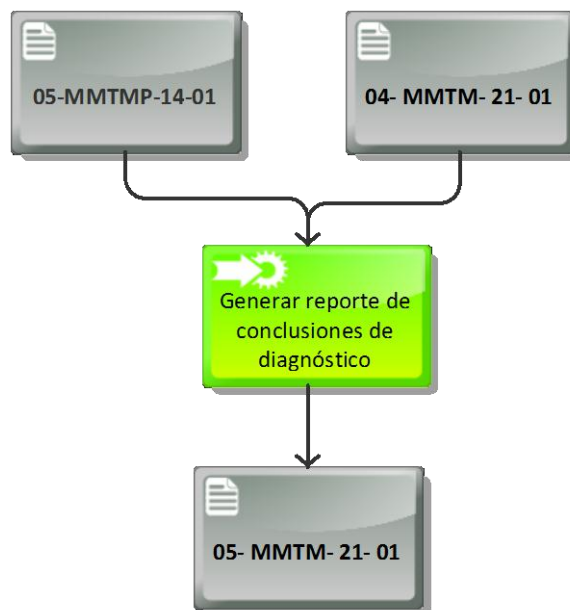


Figura 18. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 9/12)

Actividad 11. Acciones correctivas

De acuerdo con la figura 19, en caso de que el molde requiera acciones correctivas, se envía al área de reparación.

Actividad 12. Aprobación de mantenimiento

Esta actividad, consiste en la aprobación y control del mantenimiento realizado previamente. En caso de no ser aprobado se aplican las acciones correctivas necesarias para continuar con el proceso.

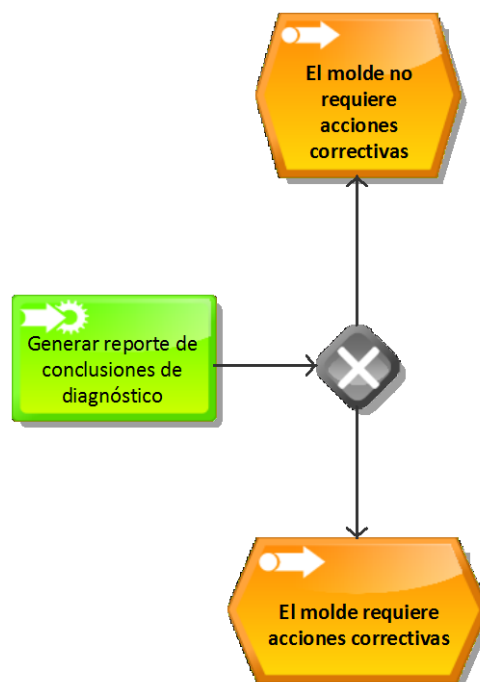


Figura 19. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 10/12)

Actividad 13. Ensamble del molde

De acuerdo con la Figura 20, se debe ensamblar correctamente el molde.

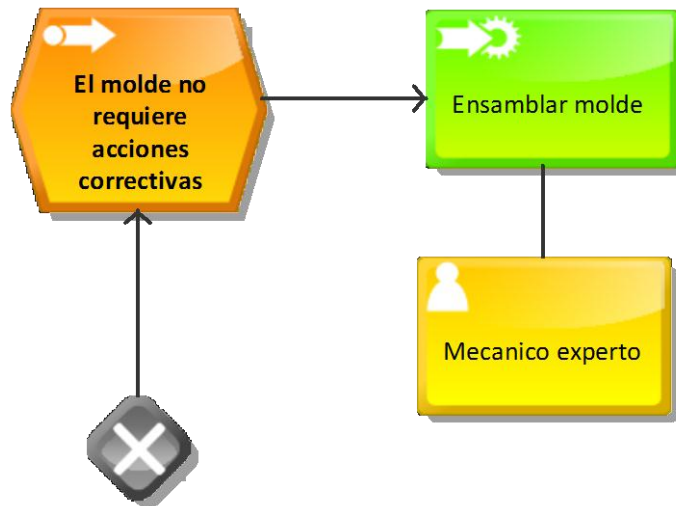


Figura 20. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 11/12)

Actividad 14. Despacho del molde

Se procede al despacho del molde (ver Figura 21), para esto se debe contar con el formato 04-MMTM-24-01 del cual se obtiene como resultado el registro 05-MMTM-24-01.

Se debe despachar el molde hacia el área o empresa de destino, pero no sin antes diligenciar correctamente el documento 04-MMTM-24-01.

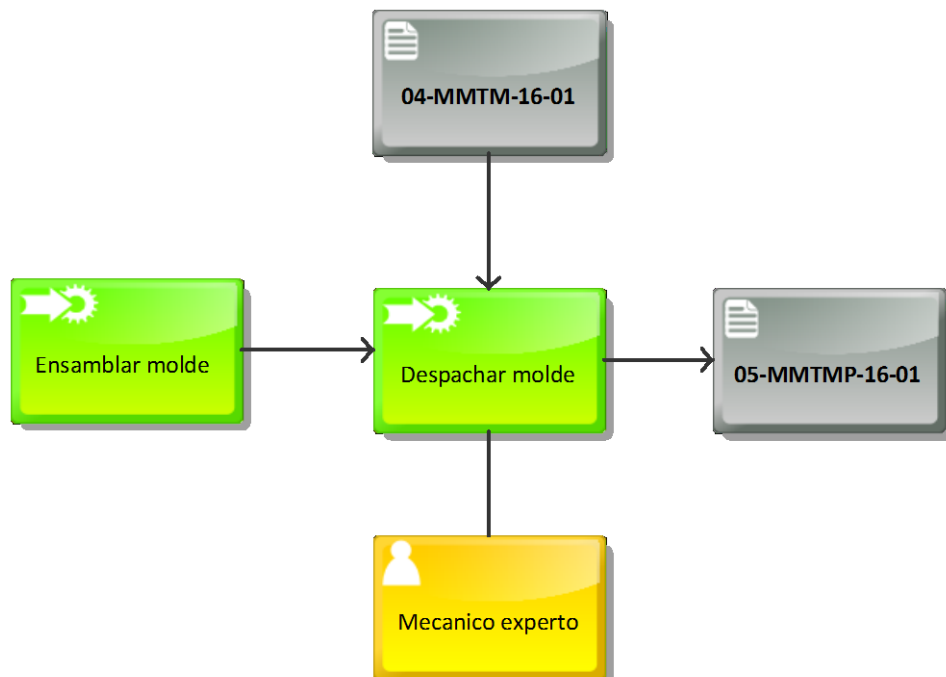


Figura 21. Diagrama de pasos del método TO-BE (Fig. 12/12)

3.4 Indicadores de desempeño

La importancia de conocer la situación del área de mantenimiento con fines de mejora de la eficiencia y de la búsqueda de una mejor prestación del servicio: se utiliza el principio, mayor eficiencia a menor costo (Corretger Rauet, 2004).

Empieza en este momento el deseo de conocer cuáles son los índices que deben ser empleados y qué valores de los mismos deben conseguirse para poder asegurar que el mantenimiento ha alcanzado el nivel de eficiencia que se le puede exigir. En otras palabras, se busca la “receta” de la eficiencia a través índices relacionados con (Corretger Rauet, 2004):

- Tiempo
- Calidad
- Costo

A continuación se muestra algunos indicadores que podrían ser pertinentes para el control y mejora del proceso de mantenimiento, en función del tiempo, el costo y la calidad. Es importante resaltar que para el presente trabajo se seleccionaron los siguientes indicadores: tiempo de mantenimiento, costo del mantenimiento e índice de rechazo.

3.4.1 Tiempo

Los indicadores referentes a tiempo, tienen como objetivo medir y controlar los tiempos antes, durante y después del mantenimiento.

3.4.1.1 Tiempo de mantenimiento

Con este indicador se busca medir los tiempos empleados en el mantenimiento de un molde aplicando las metodologías expuestas en el presente trabajo, y con esto cuantificar la reducción de tiempo entre método y método y poder saber cuál método es el que menos tiempo emplea sin que esto signifique disminuir la calidad. Esto generaría una mayor productividad para un taller de mantenimiento de moldes, dado que permitiría que este reciba mayor número de moldes en menor tiempo. En el caso de una empresa, al tener un taller de mantenimiento que realice esta actividad en menor tiempo, podría mejorar la producción e incluso lograría una mejor respuesta frente a los problemas que se presenten en planta, si es que estos son ocasionados por un molde.

Este indicador, se calcula tomando registro del tiempo en el cual transcurre desde que el molde inicia el proceso de mantenimiento hasta ser despachado del mismo,

$$\mathbf{T_{mtto} = H_s - H_i} \qquad \mathbf{Eq. (1)}$$

T_{mtto}: Tiempo mantenimiento.

H_i: Hora de inicio del mantenimiento.

H_s: Hora de salida del molde del taller.

3.4.1.2 *Tiempo medio de reparación*

De acuerdo con (Parida & Kumar, 2011). El tiempo medio de reparación representa el tiempo promedio necesario para reparar un componente o dispositivo defectuoso. Es importante resaltar que este indicador aplica para un mismo molde.

$$\mathbf{MTTR = \frac{\sum tr}{n^{\circ}f}} \qquad \mathbf{Eq. (2)}$$

MTTR: Tiempo medio de reparación.

tr: Sumatoria del tiempo total de reparación.

n[°]f: Número de fallas.

3.4.1.3 *Tiempo medio entre fallos*

El tiempo medio entre fallos representa el tiempo promedio entre la ocurrencia de un fallo y otro.

$$\mathbf{MTBF = \frac{H_o}{n^{\circ}f}} \qquad \mathbf{Eq. (3)}$$

MTBF: Tiempo medio entre fallos.

H_o: Número de horas de operación.

nºf: Número de fallas.

3.4.2 Calidad:

Con este grupo de indicadores se busca realizar el mantenimiento de un molde de inyección de la mejor manera, es decir, con las mejores prácticas de mantenimiento para dicha actividad y se busca mejorar principalmente el siguiente aspecto:

Numero de ordenes rechazadas

Este indicador permite evaluar la fiabilidad del nivel de servicio de la empresa (Cos & de Navascués, 1998), a su vez se busca conocer el número de ordenes rechazadas, ya sea por malas prácticas de mantenimiento, falta de revisión o mal embalaje, entre otros.

$$Qr = Od$$

Eq. (4)

Qr: Número de rechazos

Od: Número de órdenes devueltas (moldes)

3.4.3 Costo:

Este grupo de indicadores tiene como objetivo conocer el costo global del mantenimiento (Corretger Rauet, 2004).

3.4.3.1 Costo del mantenimiento

Proporciona los costos del mantenimiento teniendo en cuenta, que el diseño del producto tiene que responder a las preocupaciones de mantenimiento, específicamente las compensaciones involucradas entre costos laborales, costos de piezas, entre otros (Seo & Jun Ahn, 2006)

$$Cm = [LCFixed + (LT \times LR) + CR] \times FR$$

Eq. (5)

Cm: Costo de mantenimiento

LCFixed: Costo laboral fijo

LT: Tiempo de trabajo

LR: Tasa de mano de obra

CR: Costo de remplazo de pieza

FR: Porcentaje de averías

3.4.3.2 Costo de mantenimiento por hora

Los costos de mantenimiento son el componente más complejo de un activo durante su vida útil ya que el mantenimiento es un proceso largo y continuo a lo largo de la vida del activo (Tzanakakis, 2013). De esta manera el costo de mantenimiento por hora se calculará:

$$Cmh = \frac{Cm}{Tmhh} \quad \text{Eq. (6)}$$

Cmh: Costo de mantenimiento por hora

Cm: Costo de mantenimiento

Tmhh: Tiempo de mantenimiento hora- hombre

Es importante resaltar que en el presente proyecto se nombran algunos indicadores para el control y optimización del proceso de mantenimiento de moldes de inyección, sin embargo solo se trabajarán tres indicadores: Tiempo de mantenimiento (Eq.1), Índice de rechazo (Eq. 2) y Costo del mantenimiento (Eq. 5).

Capítulo 4. Implementación del PLM

De acuerdo con Mejía (Mejía Gutiérrez, et al., 2010) el desarrollo de la estrategia PLM inicia con la estandarización de procesos y documentos.

Éste modelo orientado a procesos permite definir con certeza el “qué”, “quién”, “cómo” y “cuándo” se debe llevar a cabo cada una de las actividades que conforman un proceso determinado y establecer con claridad el tipo de información requerida a lo largo del mismo, de forma tal que su contenido asegure un enfoque coherente (Mejía Gutiérrez, et al., 2010).

4.1 Proceso para el desarrollo de mantenimiento de moldes

- **Recepción del molde**

Da inicio al proceso de mantenimiento de moldes de inyección y agrupa todas aquellas actividades que se deben llevar a cabo con el fin de decidir si se realizará o no el mantenimiento al molde. Estas actividades se presentan en la Figura 22.

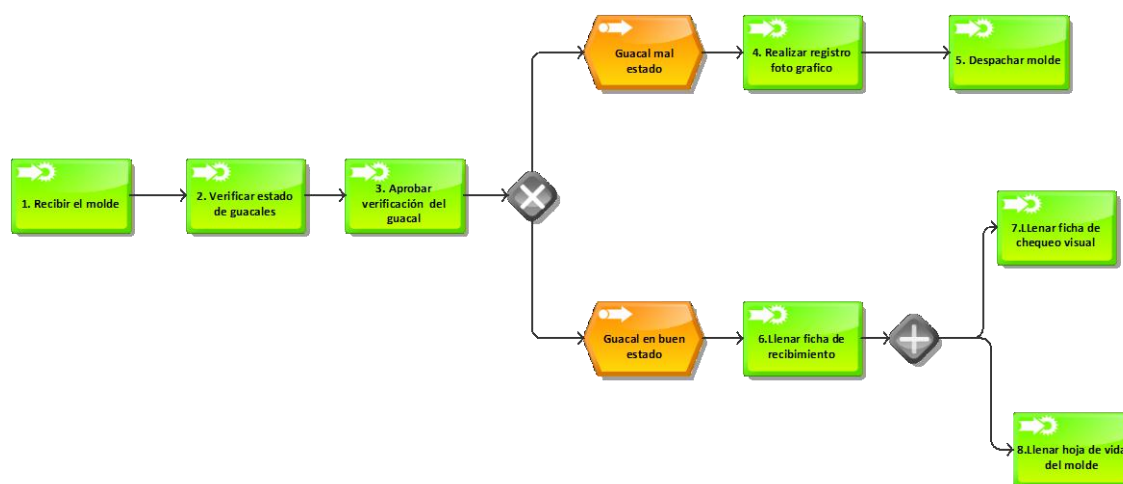


Figura 22. Diagrama de la fase “Recepción del molde.”

De acuerdo con Mejía (Mejía Gutiérrez, et al., 2010), para cada actividad se define un responsable (rol a cargo), una serie de entregables, y se proponen una serie de

métodos para los cuales la persona que vaya a realizar el proceso sea libre de escoger (Ver Tabla 4).

Actividad	Número	Rol a cargo	Métodos y herramientas	Entregables
Recibir el molde	1	Técnico mecánico		
Verificar estado de guacales	2	Técnico mecánico	03- MMTM- 2- 01	
Aprobar verificación del guacal	3	Técnico mecánico		
Realizar registro fotográfico	4	Técnico mecánico		
Despachar molde	5	Supervisor	04- MMTM- 16- 01	05- MMTMP-16-01
Llenar ficha de recibimiento	6	Técnico mecánico	04- MMTM- 5- 02 04- MMTM- 5- 01 03- MMTM- 5- 01	05- MMTM- 5- 02 05- MMTM- 5- 01
Llenar ficha de chequeo visual	7	Técnico mecánico	03- MMTM- 6- 01 04- MMTM- 6- 01	05- MMTM- 6- 01
Llenar hoja de vida del molde	8	Técnico mecánico	03- MMTM- 7- 01 04- MMTM- 7- 01	05- MMTM- 7- 01

Tabla 4. Tabla de la fase “Recepción del molde”

- **Mantenimiento**

Se considera la fase más importante dentro del proceso de mantenimiento de molde de inyección, ya que es la fase que garantiza la vida y funcionamiento del molde para su futura rentabilidad y producción. Las actividades consideradas en esta fase se presentan en la Figura 23.

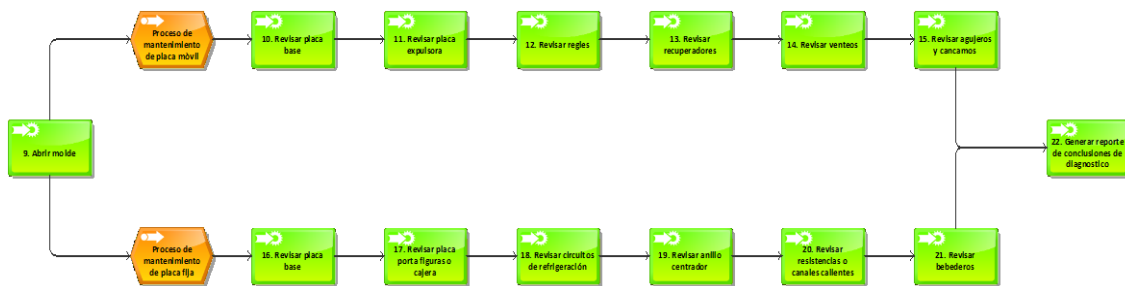


Figura 23. Diagrama de la fase “Mantenimiento”

Al igual que en la recepción del molde, se definen una serie de roles, entregables y métodos que se presentan en la Tabla 5.

Actividad	Número	Rol a cargo	Métodos y herramientas	Entregables
Abrir molde	9	Técnico mecánico	03- MMTM- 8-01	
Revisar placa base	10	Técnico mecánico	04- MMTM- 9- 01 03- MMTM- 9- 01	05- MMTM- 9-12
Revisar placa expulsora	11	Técnico mecánico	03- MMTM- 10- 01	05- MMTM- 9-12
Revisar reglas	12	Técnico mecánico	03- MMTM- 11- 01	05- MMTM- 9-12
Revisar recuperadores	13	Técnico mecánico	03- MMTM- 12- 01	05- MMTM- 9-12
Revisar venteos	14	Técnico mecánico	03- MMTM- 13- 01	05- MMTM- 9-12
Revisar agujeros y cáncamos	15	Técnico mecánico	03- MMTM- 14- 01	05- MMTM- 14-01
Revisar placa base	16	Técnico mecánico	04- MMTM- 15 -01	05- MMTM- 15- 01

Actividad	Número	Rol a cargo	Métodos y herramientas	Entregables
Revisar placa porta figuras o cajera	17	Técnico mecánico	03- MMTM- 16- 01	05- MMTM- 15- 01
Revisar circuitos de refrigeración	18	Técnico mecánico	03- MMTM- 17- 01	05- MMTM- 15- 01
Revisar anillo centrador	19	Técnico mecánico	03- MMTM- 18- 01	05- MMTM- 15- 01
Revisar resistencias o canales calientes	20	Técnico mecánico	03- MMTM- 19- 01	05- MMTM- 15- 01
Revisar bebederos	21	Técnico mecánico	03- MMTM- 20- 01	05- MMTM- 14-01
Generar reporte de conclusiones de diagnostico	22	Técnico mecánico		

Tabla 5. Tabla de la fase “Mantenimiento”

- **Ensamble**

Las actividades a realizar en la fase de Ensamble se presentan en la Figura 19 (Ver pág. 58), al igual que las fases anteriores el detalle se presenta en la Tabla 6.

Actividad	Número	Rol a cargo	Métodos y herramientas	Entregables
Ensamblar molde	23	Técnico mecánico		

Tabla 6. Tabla de la fase “Ensamble”

- **Despacho**

A través de esta fase se da por finalizado el proceso de mantenimiento de moldes de inyección (Ver pág. 59). El detalle de esta fase se presenta la Tabla 7.

Actividad	Número	Rol a cargo	Métodos y herramientas	Entregables
Despachar molde	24	Supervisor	04- MMTM- 16-01	05- MMTM- 16-01

Tabla 7. Tabla de la fase “Despacho”

4.2 Configuración de usuarios en el sistema

De acuerdo con Mejía (Mejía Gutiérrez, et al., 2010), los sistemas PLM suelen clasificar los usuarios a partir de la definición de permisos en el sistema. De esta forma, un rol puede representar un cargo o función determinada dentro de la organización, sin necesidad de utilizar para ello el nombre propio de la persona que ejerce dicha función. Esto permite que se puedan definir procesos y plantillas de proyectos de manera genérica, de forma tal que dicha función recaiga sobre quienes conforman ese grupo de roles. Adicionalmente los grupos están creados, de forma tal que cada usuario perteneciente a un grupo determinado, herede los permisos definidos para tal grupo.

Para el caso del sistema Aras Innovator™, se definen usuarios, identidades e identidades de grupo. El usuario representa la persona que ingresa al sistema a partir de un nombre de usuario y contraseña; identidad puede representar un “alias” o rol determinado, que cumple un usuario (ver Figura 25). Todo usuario genera automáticamente una identidad definida por el nombre de usuario, pero puede tener más de una identidad en el sistema según los roles que desempeñe. Finalmente una identidad de grupo representa, como su nombre lo indica, un grupo que está compuesto por otras identidades o grupos (Mejía Gutiérrez, et al., 2010). Para el ingreso al sistema por parte de los usuarios, se realiza a través del acceso web a la plataforma ARAS (ver Figura 24), digitando su usuario y contraseña previamente establecidos. Una vez ingresado, este se encontrará con el menú establecido para el control y seguimiento de los moldes que ingresen al taller (ver Figura 26 y 27).

Para poder llevar a cabo la implementación en el sistema, este debe ser configurado por un Administrador, que corresponde a un Ingeniero de Sistemas que debe pertenecer al departamento de informática. Para ello, es requerido que tenga una disponibilidad laboral mínima de medio tiempo para la implementación de la herramienta, ya que debe dar respuesta también a imprevistos y actividades de soporte y mantenimiento de la plataforma (Mejía Gutiérrez, et al., 2010).



Figura 24. Ingreso a Aras

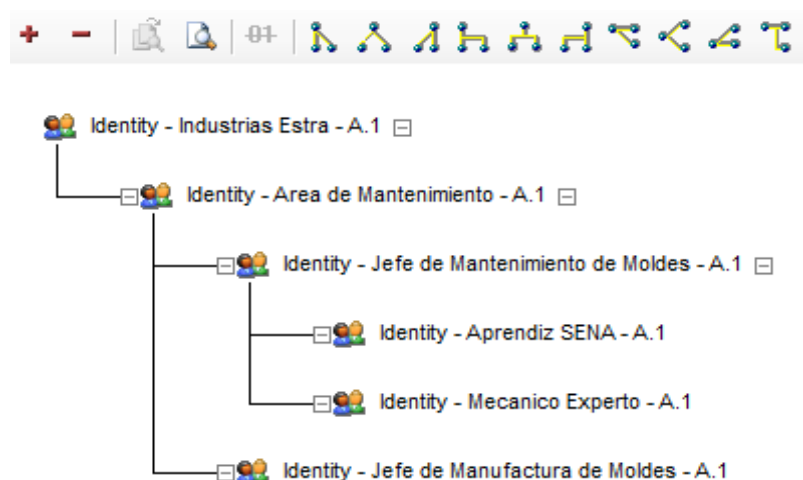


Figura 25. Organigrama del área de mantenimiento

4.3 Definición de permisos

Una vez definidos los grupos y los procesos se procede a definir los permisos generales que aplican para las identidades de grupo previamente mencionadas. Para ello es importante considerar que el sistema Aras Innovator permite definir una serie de permisos por función, y por estado dentro del ciclo de vida de cada ítem (Mejía Gutiérrez, et al., 2010).

De acuerdo con Mejía (Mejía Gutiérrez, et al., 2010), un ciclo de vida define cada uno de los estados por los que puede pasar un ítem antes de ser aprobado. Dentro de cada uno de dichos estados, el documento, parte, o ítem recibe un “adjetivo” calificativo que puede ser: “Preliminar”, “En revisión”, “Aprobado”, entre otros.

Los permisos se asignan a través de la función “Permission” de ARAS Innovator y para ello se utilizaron las instancias que se presentan en la Tabla 8. Es de anotar que los estados cuyo permiso aparece como “N/A” se debe a que para él aplican los permisos generales definidos para el “Item Type”, que corresponden a la instancia usada para “Preliminar”. Adicionalmente el “Not lockable” indica que no puede ser editado mientras esté en dicho estado por ningún usuario

Item	Estado del Ciclo de Vida	Instanciación de Permiso	Instanciación nueva o modificada
Document	Preliminar	Nuevo Documento	Nuevo
	En revisión	Documento En Revisión	Nuevo
	Lanzado	N/A (Not lockable-Released)	Nuevo
Part	Preliminar	Nueva parte	Por Defecto (Modificado)
	En revisión	Parte en Revisión	Por Defecto (Modificado)
	Lanzado	N/A (Not lockable-Released)	Por Defecto (Modificado)
Project	Pendiente	Project	Por Defecto (Modificado)
	Activo		
	En revisión	N/A (Not lockable)	Por Defecto (Modificado)
	Cancelado	N/A (Not lockable)	Por Defecto (Modificado)
	Cerrado		

Item	Estado del Ciclo de Vida	Instanciación de Permiso	Instanciación nueva o modificada
Meeting	Preliminar	Open Meeting	Nuevo
	Lanzado	N/A (Not lockable-Released)	Nuevo
Molde	Recepción	Molde en recepción	Por Defecto (Modificado)
	Mantenimiento	Molde en mantenimiento	Por Defecto (Modificado)
	Ensamble	Ensamble del molde	Por Defecto (Modificado)
	Despacho	Molde en despacho	Por Defecto (Modificado)
	Devolución	Devolución del molde	Por Defecto (Modificado)

Tabla 8. Instancias del ítem “Permission” utilizadas o creadas.

4.4 Configuración del TOC

TOC significa, por sus siglas en inglés “Árbol de Contenidos” y es el menú que encontrarán los usuarios en la parte izquierda de su imagen. Dicho menú contiene en iconos todos los ítems a los que el usuario puede acceder según los permisos que le han sido otorgados por el administrador (Mejía Gutiérrez, et al., 2010).

El administrador cuenta con su propio TOC que contiene todos los ítems con que cuenta el sistema, sin importar si están implementados o no dentro de la estrategia. Por su parte, el resto de los usuarios que acceden al sistema solo podrán visualizar aquellos que hayan sido configurados por el administrador para que este los vea y use (Mejía Gutiérrez, et al., 2010).

Acorde con Mejía (Mejía Gutiérrez, et al., 2010), todo usuario que ingrese al sistema diferente al administrador encontrará una estructura de módulos como la que se ilustra en la Figura 26b. Si además ese usuario tiene el rol de Administrador de proyecto, su estructura será como la que se presenta en la Figura 27.

La configuración del TOC se hace a través de la definición de cada ítem type, a través de la plantilla “TOC Access”, donde se define el usuario que va a tener acceso al ítem

en su TOC y la carpeta en que se quiere clasificar dicho ítem (Mejía Gutiérrez, et al., 2010).

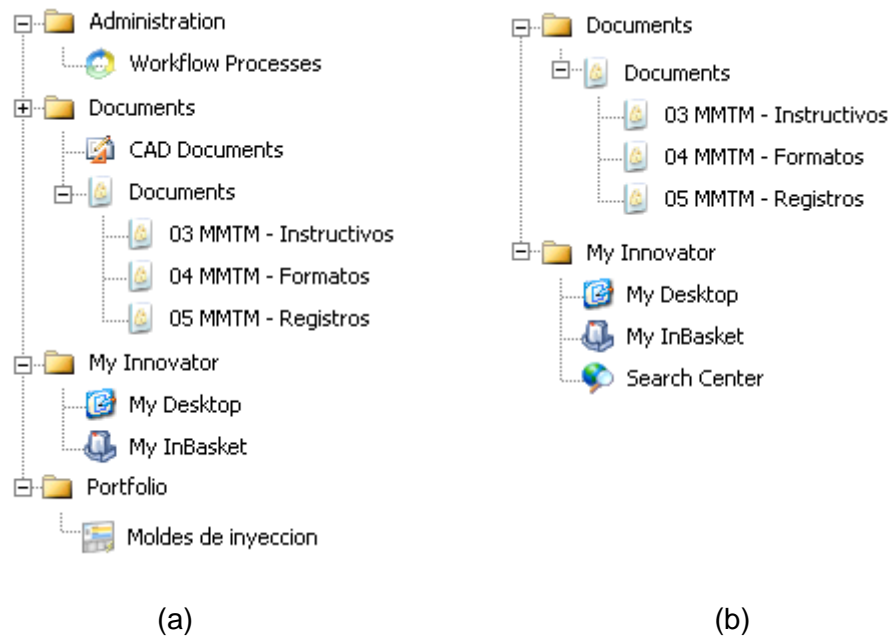


Figura 26. Estructura del TOC para (a) Directores del PMMI y (b) para Operarios

Es importante aclarar que al momento de ingresar a la plataforma ARAS PLM, se encontrarán ítems adicionales en la estructura del TOC, ya que si el administrador oculta estos ítems, inmediatamente se ocultarán a su vez para todos los usuarios registrados en el sistema, afectando de un modo u otro el trabajo de otros usuarios para los que puede ser útiles estos ítems ocultos. En el presente proyecto se hace alusión a los ítems que serán necesarios para llevar a cabo el proceso de mantenimiento de moldes de inyección.

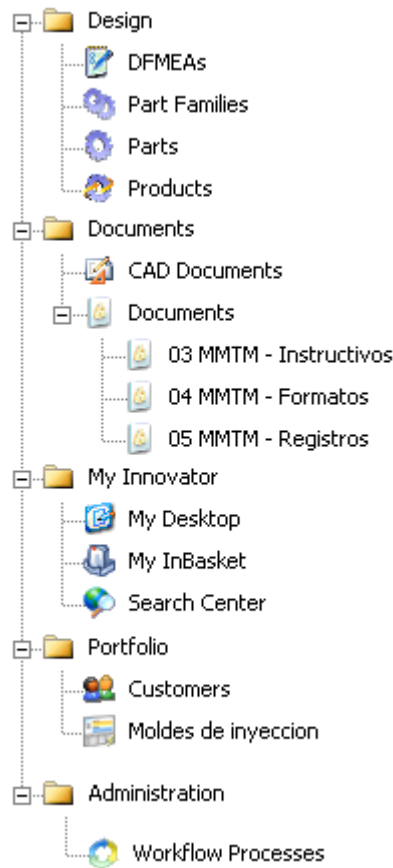


Figura 27. Estructura del TOC para usuarios con el rol “Administrador”

4.5 Proceso de Mantenimiento de Moldes de Inyección (PMMI) en PLM

Para la realización del proceso de mantenimiento con ayuda del software PLM (ARAS Innovator™) se llevan a cabo los siguientes pasos:

- i.* El director ingresa a la plataforma a través de su usuario (ver pág. 70), este ingresará el nuevo molde al cual se le realizará el mantenimiento dando click en “Portafolio” ubicado en el toc. Seguido a esto se abre la opción “moldes de inyección”, descrito en la Figura 28.



Figura 28. Portafolio de moldes de inyección

- ii. Acto seguido se crea un nuevo ítem “molde de inyección”, dando click en el botón “Create a new ítem”, a su vez, se puede ingresar por el menú “File”, seguidamente se da click en el botón “New”, como se muestra a continuación (ver Figura 29).

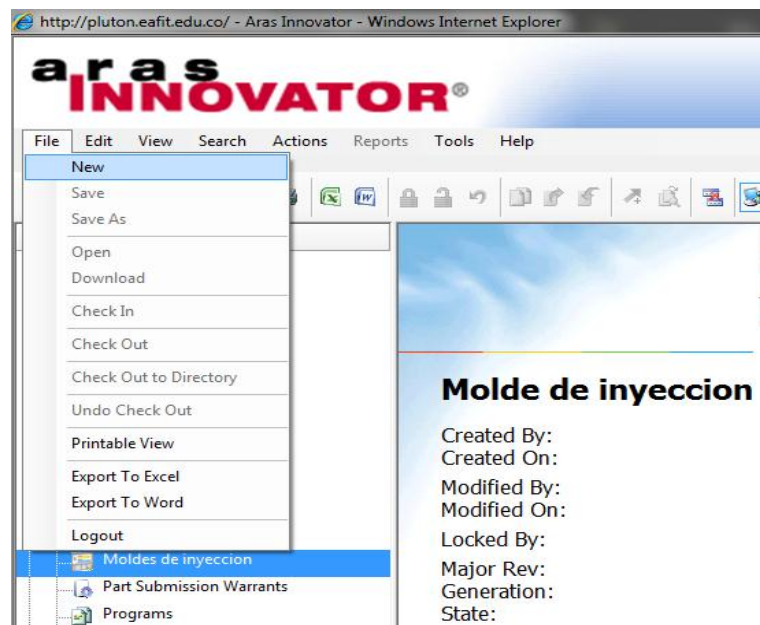


Figura 29. Nuevo Ítem

- iii. Posteriormente se ingresará el nombre del molde (ver Figura 30), al cual se le realizará el proceso de mantenimiento. Lo anterior permitirá registrar el molde en el sistema (para el ejemplo en curso se le asignó el nombre de: “Molde 46789 Papelera de Oficina”).

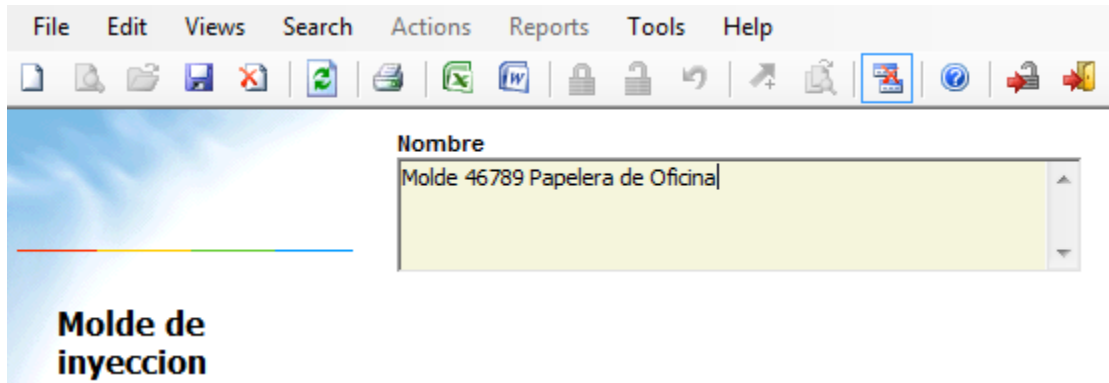


Figura 30. Nombre del molde que pasará por un PMMI

- iv. Seguidamente se inicia el proceso de mantenimiento, a su vez que las tareas y actividades del proceso de mantenimiento avancen, así mismo se irá avanzando en el proceso en el software PLM. Luego de haber realizado el paso número iii, se procede al llenado de registros y control del proceso de mantenimiento del molde, a través del campo “Workflow Process” ubicado en el menú “Administration”, del menú principal para el administrador (ver Figura 31), donde se busca el ítem creado en el paso iii.

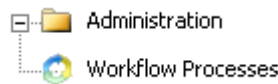


Figura 31. Opción Workflow Process

- v. Luego de haber finalizado el paso número iv, se procede a buscar el molde ingresado en el numeral iii (ver Figura 32), “Molde 46789 Papelera de Oficina”.

Simple Search		Page Size: 25	Max Results:
Name	Description		
Molde 46789 Papelera de Oficina	Proceso de mantenimiento de molde de inyección		

Figura 32. Workflow Process del ítem

- vi. En caso de dar click derecho y seleccionar la opción “View”, el software mostrará el estado en el que se encuentra el molde dentro del flujo de trabajo, como se muestra en la Figura 33.

Workflow Process

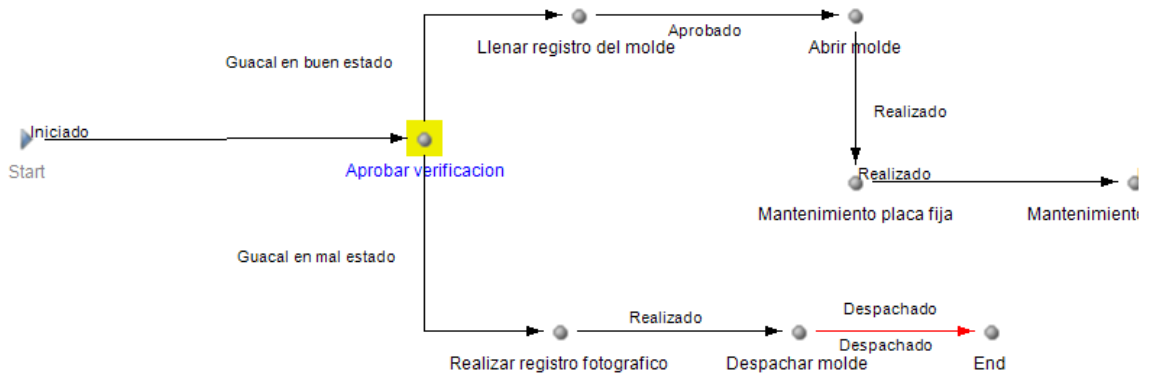


Figura 33. Opción View del Workflow Process Aprobar verificación

vii. Seguidamente el encargado del proceso, será quien realice las actividades y/o tareas que sugiere el proceso. En este caso una vez ingresado el molde, pasará a “Aprobar verificación”, en donde el responsable será quien dé el visto bueno para “promover” (el molde pasa a la siguiente actividad) el molde, en este caso será el “mecanico” quien promueva el molde. Para esto, el “mecanico” ingresará al software PLM y posteriormente se dirigirá a la opción “My InBasket” (esta opción recibirá las actividades asignadas de acuerdo a la identidad, generalmente consiste en una lista de acciones a realizar), ubicado en el menú principal (ver Figura 34).

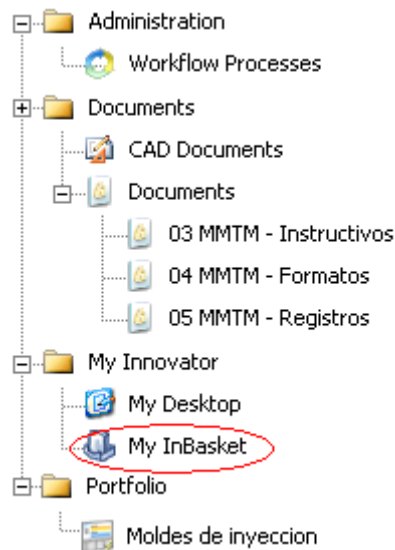


Figura 34. Opción My InBasket

viii. Seguidamente se abrirá un menú de opciones, donde se buscará el molde en proceso (en este caso “Molde 46789 Papelera de Oficina”), donde se indicará en la columna “Activity” que el molde necesita ser aprobado para su posterior promoción (Figura 35).


Filter by Type			
<input checked="" type="checkbox"/> Workflow Activities <input type="checkbox"/> Project Activities <input type="checkbox"/> Action Items			
Type	Workflow/Project	Activity	Status
	Molde 46789 Papelera de Oficina	Aprobar verificacion	Active

Figura 35. Aprobación del molde

- ix. Para llevar a cabo la promoción a la siguiente actividad del flujo de trabajo es necesario haber realizado las tareas requeridas de la actividad en que se encuentra el molde, como se muestra en la imagen a continuación (ver Figura 36):

Sequence	Required	Description
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Ubicar el molde en el sitio de trabajo
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Verificar estado del guacal
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 5- 01 (Ficha de recibimiento del molde)
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 5- 02 (Ficha de recibimiento del molde)
5	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 2- 01 (Ficha de estado de guacales)

Figura 36. Tareas de la actividad “Aprobar verificación”

- x. Seguidamente se procede al llenado de manera adecuada de los formatos requeridos para el presente caso, que son el formato 04-MMTM-2-01 (Ficha de estado de guacales), ya que por ser un molde propiamente de la empresa no se diligenciará el formato 04-MMTM-5-02 y 04-MMTM-5-01. Para esto se dirige al menú “Documents” y se selecciona el ítem “04-MMTM Formatos” (ver Fig. 28, pág. 74). Se desplegará la lista con los formatos existentes, como se muestra en la Figura 37.

The screenshot shows a software interface with a search bar at the top containing 'Simple Search' and 'Saved searches:'. Below the search bar is a table with columns 'Document Number', 'Revision', and 'Name'. The table contains 15 rows of document entries. To the left of the table is a 'Document' metadata panel with fields for 'Created By', 'Created On', 'Modified By', 'Modified On', 'Locked By', 'Major Rev', 'Release Date', 'Effective Date', 'Generation', and 'State'.

Document Number	Revision	Name
04*MMTM*		
04- MMTM- 15- 01	A	Ficha de mantenimiento
04- MMTM- 21- 01	A	Diagnostico del molde buen estado
04- MMTM- 21- 02	A	Diagnostico del molde mal estado
04- MMTM- 22- 01	A	Formato de repuestos
04- MMTM- 23- 01	A	Formato de ensamble
04- MMTM- 24- 01	A	Entrega del molde
04- MMTM- 25- 01	A	Entrega del molde a reparacion
04- MMTM- 5- 01	A	Ficha de recibimiento del molde
04- MMTM- 5- 02	A	Ficha de recibimiento del molde
04- MMTM- 6- 01	A	Ficha de chequeo visual del molde
04- MMTM- 7- 01	A	Hoja de vida del molde
04- MMTM- 8- 01	A	Formato de desensamble
04- MMTM- 2- 01	A	Ficha de estado de guacales

Document
 Created By:
 Created On:
 Modified By:
 Modified On:
 Locked By:
 Major Rev:
 Release Date:
 Effective Date:
 Generation:
 State:

Figura 37. Menú de Formatos

- xi. Acto seguido se procede al llenado del formato requerido. En el ejemplo en curso se selecciona el formato 04-MMTM-2-01 (Ficha de estado de guacales) se da click derecho en este y finalmente se selecciona la opción Edit (ver Figura 38).

The screenshot shows the same software interface as Figure 37, but with the document '04- MMTM- 02- 01' selected. A context menu is open over this row, listing options: New, Save As, Edit, View, Print, Purge, Delete, Export To Excel, Export To Word, and Lock. The 'Edit' option is highlighted.

Document Number	Revision	Name
04*MMTM*		
04- MMTM- 02- 01	A	Ficha de estado de guacales
04- MMTM- 05- 01		
04- MMTM- 05- 02		
04- MMTM- 06- 01		
04- MMTM- 07- 01		
04- MMTM- 08- 01		
04- MMTM- 15- 01		
04- MMTM- 21- 01		
04- MMTM- 21- 02		
04- MMTM- 22- 01		
04- MMTM- 23- 01		
04- MMTM- 24- 01		
04- MMTM- 25- 01		

Document
 Created By: **Innovator Admin**
 Created On: **2/5/2013**
 Modified By: **Innovator Admin**
 Modified On: **3/19/2013**
 Locked By:
 Major Rev: **A**
 Release Date:
 Effective Date:
 Generation: **5**
 State: **Preliminary**

Figura 38. Opción Edit Formato Ficha de estado de guacales

- xii. Posteriormente se da click derecho en el formato a diligenciar y se elige la opción: Get a Copy of "File" to files, como se describe en la imagen a continuación (ver Figura 39), luego se selecciona el directorio del computador en que se desea que el formato sea descargado.

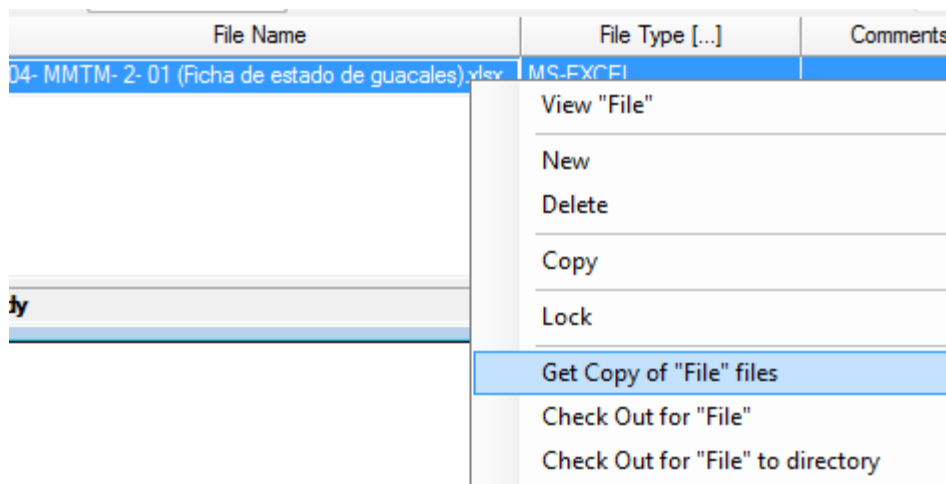


Figura 39. Opción Get Copy of "File" to files

- xiii. Seguidamente se abre el documento y se procede al llenado del formato (ver Fig. 40).

	FICHA DE ESTADO DE GUACALES	Código: 04- MMTM- 2- 01	
		Versión: 01	Page: 1 de: 1
Escuela de Ingeniería			

	Cumple	No cumple
Marco del molde	x	
Protección del molde	x	
Envoltura del molde	x	
Material del guacal	x	
Dimensiones del guacal	x	
Estado del molde dentro del guacal	x	
Orificios de la hoja de polietileno	x	
Ficha de inventario correctamente diligenciada	x	
Lámina de acero para la protección cubierta en plástico	x	
Parte exterior del molde cubierta con líquido anticorrosivo	x	

Figura 40. Llenado del Formato 04- MMTM- 2- 01

xiv. Luego de haber llenado el formato y guardado posteriormente como registro 05-MMTM-2-01, se continúa con el proceso subiendo el registro a la plataforma, esto se hace, creando un nuevo documento, seguido a esto se sube el documento a la plataforma, en la opción “New Relationship”, finalmente se da click en la opción “Save, Unlock & Close”, tal como se muestra en las figuras 41, 42 y 43. En caso de tener varios proceso de mantenimiento simultáneamente, al registro 05 se le adicionaran cuatro caracteres que representen el consecutivo del cliente a quien pertenece el molde.

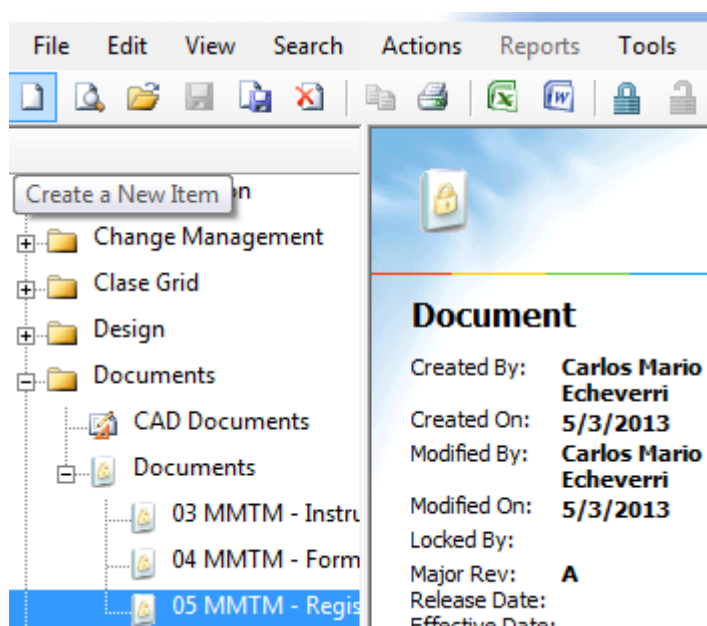


Figura 41. Opción Create a New Item

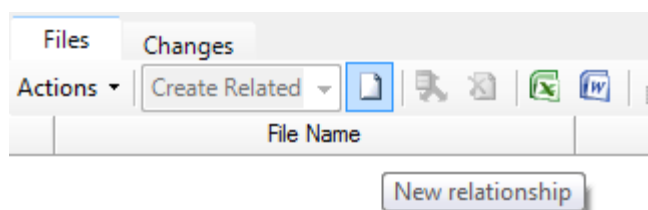


Figura 42. Opción New Relationship



Figura 43. Opción Save, Unlock & Close

- xv. Luego de haber guardado el registro, se procede a la promoción del molde, a la siguiente actividad. Para esto se selecciona la opción “My InBasket” en el menú “My Innovator” como se describe en la Figura 34 (pág. 76). Seguidamente se da click derecho en el molde en el cual se está realizando el mantenimiento y se selecciona la opción Update Activity (ver Figura 44).

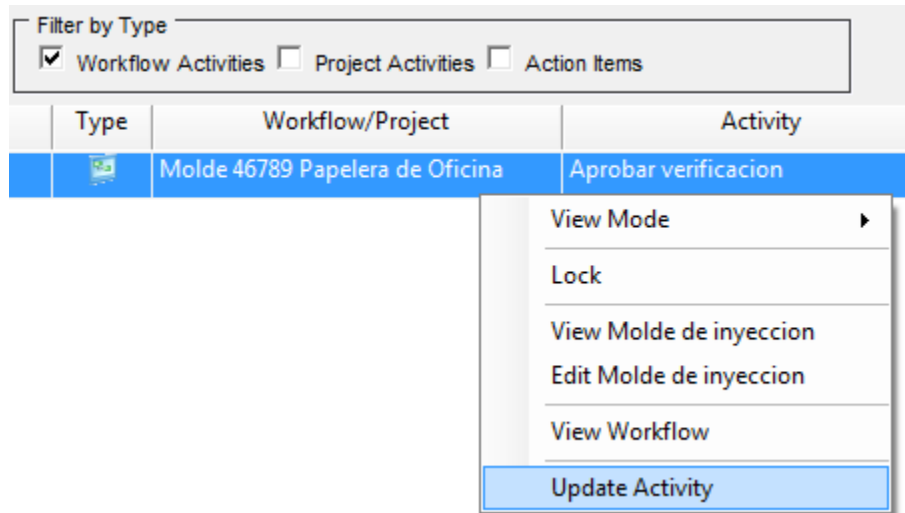


Figura 44. Opción Update Activity de Aprobar verificación

- xvi. Luego de haber diligenciado las tareas requeridas se continúa promoviendo el molde de la siguiente manera (ver Figura 45): luego de haber diligenciado los formatos, se da click en el cuadro correspondiente a cada documento, indicando que estos ya fueron diligenciado, seguidamente en el campo vote, se elige la opción “guacal en buen estado”, finalmente se da click en la opción “Complete” para poder así promover el molde.

Workflow Activity Completion

Workflow: Molde 46789 Papelera de Oficina
Activity: Aprobar verificación

Sequence	Required	Description	Complete
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 5- 01 (Ficha de recibimiento del molde)	<input checked="" type="checkbox"/>
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 5- 02 (Ficha de recibimiento del molde)	<input checked="" type="checkbox"/>
5	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 2- 01 (Ficha de estado de guacales)	<input checked="" type="checkbox"/>

Vote

Vote: Guacal en buen estado Delegate to:

Comments:

Authentication

Password: E-Signature:

Figura 45. Promoción del estado del molde Aprobar verificación

xvii. Como se observa en la Figura 46, el molde pasa de la actividad “Aprobar verificación” a la actividad “Llenar registro del molde”.

Workflow Process

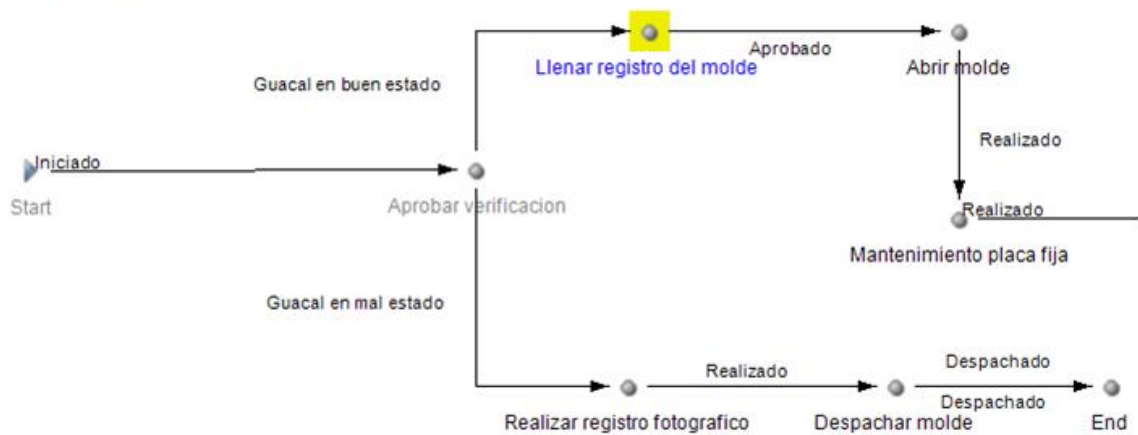


Figura 46. Opción View Workflow Process Llenar registro del molde

xviii. Acto seguido se continúa con el proceso de mantenimiento diligenciando las tareas requeridas de la actividad “Llenar registro del molde” que se describen en la Figura 47. Es importante resaltar que para el presente proyecto los formatos: 04-MMTM-5-01, 04-MMTM-5-02 y 04-MMTM-21-01 no fueron diligenciados, ya que el molde es propiedad de Industrias ESTRA (empresa en la cual se desarrolló la

implementación), en caso tal de que el molde se propiedad de un tercero, será necesaria el desarrollo de estos formatos.

Sequence	Required	Description
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 5- 01 (Ficha de recibimiento del molde)
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 5- 02 (Ficha de recibimiento del molde)
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 21- 01 (Diagnostico del molde buen estado)
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 6- 01 (Ficha de chequeo visual del molde)
5	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 7- 01 (Hoja de vida del molde)

Figura 47. Tareas de la actividad “Llenar registro del molde”

xix. Seguidamente se procede a llenar los formatos requeridos por la actividad “Llenar registro del molde”, según las figuras 48 y 49. Es de resaltar que para diligenciar estos formatos se siguen los pasos x y xi.


		FICHA DE CHEQUEO VISUAL DEL MOLDE		Codigo: 04- MMTM- 6- 01	
				Version: 01	Page: 1 de: 1
Escuela de Ingeniería					
No. Molde:	No.de Registro:				
	Si	No	Comentarios		
Oxido/ molde	x				
Ralladuras/ molde	x				
Platina de seguridad/molde	x				
Daño superficia les/molde		x			
Oxido/Cavidades	x				
Ralladuras/cavidades	x				
Daños superficiales/cavidades		x			
Anomalias		x			
	Ok	Revisar	Comentarios		
Estado de placas			Oxido Superficial		
Fecha	02/03/2013		Departamento		
Inspeccion realizada por	Carlos Torres		Area		
Cargo	Mecanico		Firma		
Inspeccion revisada por	Sergio Osorio		Area		
Cargo	Coordinador		Firma		
Hora de recibimiento	8.00 am		Fecha de recibimiento		

Figura 48. Llenado del Formato 04-MMTM-6-01



	HOJA DE VIDA DEL MOLDE		Codigo: 04- MMTM- 7- 01	
			Version: 01	Page: 1 de: 1
Escuela de Ingeniería				
No Molde:	No.de Registro:			
	Colada Fria	Colada Caliente	Comentarios	
Tipo de molde				
Empresa		Industrias Estra		
No de Cavidades		1		
Tipo de Expulsor		Mecanico		
Tiempo de Ciclo		15 Segundos		
Mantenimientos preventivos realizado				
	20,000 Ciclos	10 días	Comentarios	
Inspeccion	x			
	Si	No	No aplica	
Mantenimiento 100,000 ciclos		x		
Mantenimiento 250,000 ciclos		x		
Fecha	02/03/2013	Departamento		
Inspeccion realizada por	Carlos Torres	Area		
Cargo	Mecanico	Firma		
Inspeccion revisada por	Sergio Orosio	Area		
Cargo	Coordinador	Firma		
Hora de recibimiento		Fecha de recibimiento		

Figura 49. Llenado del Formato 04-MMTM-7-01

- xx. Luego de haber diligenciado los formatos requeridos y haber guardado el registro como nuevo documento, Figuras 41, 42 y 43, se procede a la promoción del molde, para poder así continuar con el mantenimiento de acuerdo con las Figuras 50 y 51.

Filter by Type

Workflow Activities Project Activities Action Items

Type	Workflow/Project	Activity	Status
	Molde 46789 Papelera de oficina	Llenar registro del molde	Active

View Mode ▶

Lock

View Molde de inyeccion

Edit Molde de inyeccion

View Workflow

Update Activity

Figura 50. Opción Update Activity de Llenar registro del molde

Workflow Activity Completion

Workflow: Molde 46789 Papelera de oficina
Activity: Llenar registro del molde

Sequence	Required	Description	Complete
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 21- 01 (Diagnostico del molde buen esta...	<input checked="" type="checkbox"/>
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 6- 01 (Ficha de chequeo visual del molde)	<input checked="" type="checkbox"/>
5	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 7- 01 (Hoja de vida del molde)	<input checked="" type="checkbox"/>

Vote

Vote: Aprobado Delegate to:

Comments:

Authentication

Password: E-Signature:

Complete
Save Changes
Cancel

Figura 51. Promoción del estado del molde Llenar registro del molde

xxi. Después de promover el molde en la opción “View” de “Workflow Process” se podrá observar que el molde se encuentra en la actividad “Abrir molde” (ver Figura 52).

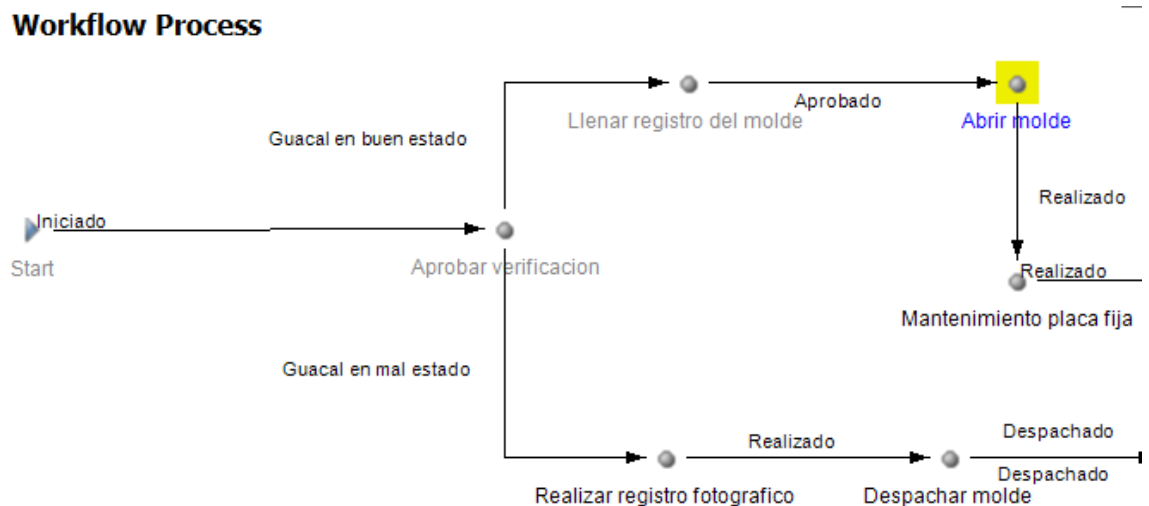


Figura 52. Opción View Workflow Process Abrir molde

xxii. Para continuar con el proceso de mantenimiento se procede con la realización de las tareas requeridas por la actividad Abrir molde como se muestra en la Figura 53.

Sequence	Required	Description
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 8- 01 (Formato de desensamble)

Figura 53. Tareas de la actividad Abrir molde

xxiii. Acto seguido se diligencia el formato requerido (ver Figura 54) y se siguen los pasos x y xi para crear el registro.


	FORMATO DE DESENSAMBLE	Codigo: 04- MMTM- 8- 01	
		Version: 01	Page: 1 de: 1
Escuela de Ingeniería			
	SI	NO	NO APLICA
Plcasa de montaje retiradas	x		
Platina de seguridad retirada	x		
Lado movil separado del lado fijo	x		
Placasa del lado fijo separadas	x		
Placasa del lado movil separadas	x		
Placa sufridera retirada	x		

Figura 54. Llenado del Formato 04- MMTM- 8- 01

xxiv. Posteriormente de haber diligenciado los formatos requeridos y haber guardado el registro como nuevo documento, Figuras 41, 42 y 43, se procede a la promoción del molde, a la actividad siguiente para poder así continuar con el mantenimiento de acuerdo con las Figuras 55 y 56.

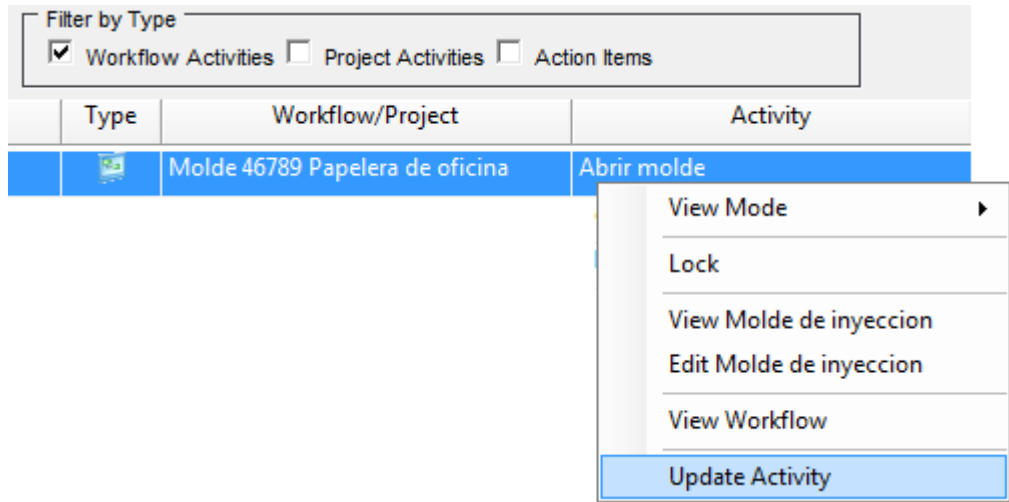


Figura 55. Opción Update Activity de Abrir molde

Workflow Activity Completion

Workflow: Molde 46789 Papelera de oficina
Activity: Abrir molde

Tasks			
Sequence	Required	Description	Complete
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 8- 01 (Formato de desensamble)	<input checked="" type="checkbox"/>

Vote

Vote: Realizado Delegate to:

Comments:

Authentication

Password: E-Signature:

Figura 56. Promoción del estado del molde Abrir molde

xxv. Luego de promover el molde, se podrá observar el estado de avance en el proceso, como se ilustra en la Figura 57.

Workflow Process

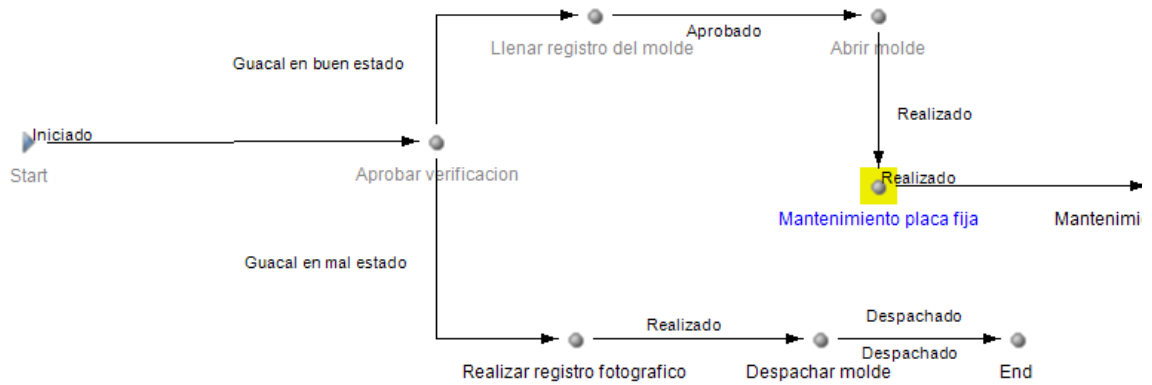


Figura 57. Opción View Workflow Process Mantenimiento placa fija

xxvi. Se continua con el proceso de mantenimiento diligenciando las tareas requeridas por la actividad “Mantenimiento placa fija” las cuales se listan en la Figura 58.

Sequence	Required	Description
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar placa base
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar placa portafiguras o cajera
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar circuitos de refrigeración
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar anillo centrador
5	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar resistencias o canales calientes
6	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar bebederos

Figura 58. Tareas de la actividad Mantenimiento placa fija

xxvii. Luego de haber realizado el mantenimiento a la placa fija se continúa promoviendo el molde en el proceso (ver Figuras 59 y 60).

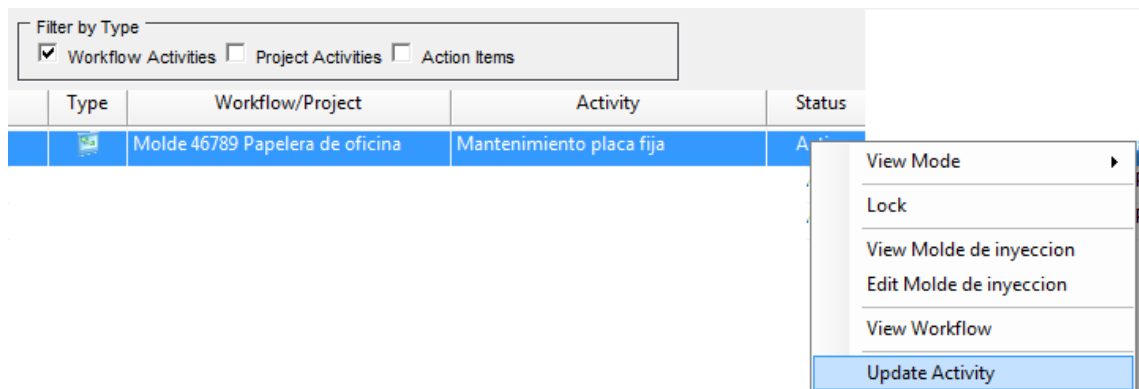


Figura 59. Opción Update Activity de Mantenimiento placa fija

Workflow Activity Completion

Workflow: Molde 46789 Papelera de oficina
Activity: Mantenimiento placa fija

Tasks			
Sequence	Required	Description	Complete
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar anillo centrador	<input checked="" type="checkbox"/>
5	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar resistencias o canales calientes	<input checked="" type="checkbox"/>
6	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar bebederos	<input checked="" type="checkbox"/>

Vote

Vote: Realizado Delegate to:

Comments:

Authentication

Password: E-Signature:

Figura 60. Promoción del estado del molde Mantenimiento placa fija

xxviii. Luego de promover el molde, al revisar la Opción View de Workflow Process se podrá observar la Figura 61.

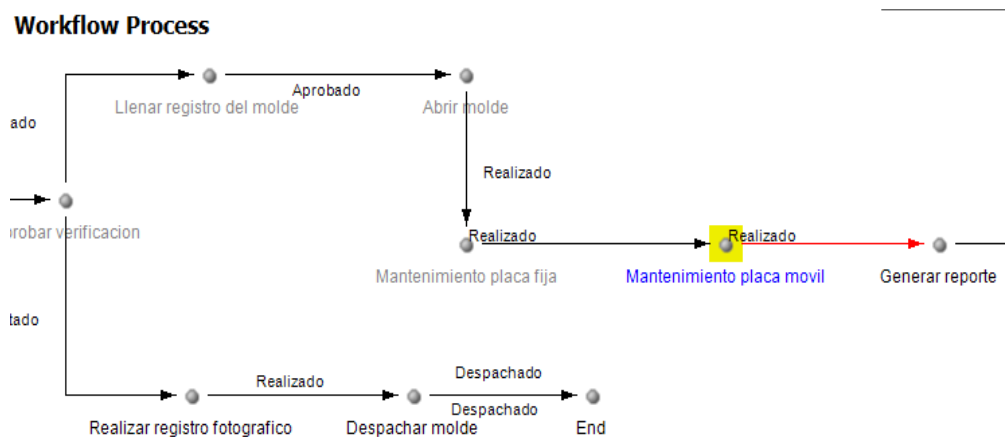


Figura 61. Opción View Workflow Process Mantenimiento placa móvil

xxix. Para continuar con el desarrollo del proceso de mantenimiento es necesario realizar las tareas requeridas por la actividad Mantenimiento placa móvil (Figuras 62).

Sequence	Required	Description
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar placa base
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar placa expulsora
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar reglas
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar recuperadores
5	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar venteos
6	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar agujeros y cancamos

Figura 62. Tareas de la actividad Mantenimiento placa móvil

xxx. Luego de haber realizado el mantenimiento a la placa fija se continúa promoviendo el molde, como se muestra en la Figura 63.

Workflow Activity Completion

Workflow: Molde 46789 Papelera de oficina
Activity: Mantenimiento placa movil

Tasks			
Sequence	Required	Description	Complete
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar recuperadores	<input checked="" type="checkbox"/>
5	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar venteos	<input checked="" type="checkbox"/>
6	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisar agujeros y cancamos	<input checked="" type="checkbox"/>

Vote

Vote: Realizado Delegate to:

Comments:

Authentication

Password: E-Signature:

Complete
Save Changes
Cancel

Figura 63. Promoción del estado del molde Mantenimiento placa móvil

xxxii. Luego de haber realizado el mantenimiento a la placa móvil se genera el reporte de mantenimiento el cual consiste en llenar el formato 04-MMTM-15-01 (Ficha de mantenimiento), tal como se muestra en las figuras 64, 65 y 66. Obteniendo el registro 05-MMTM-15-01 que quedará registrado en la base de datos del PLM.


		FICHA DE MANTENIMIENTO			Codigo: 04- MMTM- 15- 01	
					Version: 01	Page: 1 de: 3
Escuela de Ingeniería						
Nombre Empresa:				Nombre Molde:		
No. de molde:				No. de Registro:		
Placa Fija						
Circuitos de Refrigeracion						
	Cambiados	No Cambiados	No aplica	Numero de empaques cambiados	Comentarios	
Empaques	x					
Fugas					No hubo	
	Revisado/ Corregido	Revisado/sin correccion	No Aplica			
Ranuras						
Placa portafiguras o cajera						
	Revisado/ Corregido	Revisado/sin correccion	No Aplica	Cantidad cambiadas	Comentarios	
Oxido	x					
Ralladuras	x					
Daños superficiales	x					
Bebedores					Buen estado	
Tapas de aislamiento			x			
Bandas del calentador			x			
Termopares					Buen estado	
Boquilla					Buen estado	
Empaques	x					

Figura 64. Llenado del Formato 04- MMTM- 8- 01 (Fig. 1/3)


		FICHA DE MANTENIMIENTO			Codigo: 04- MMTM- 15- 01	
					Version: 01	Page: 2 de: 3
Escuela de Ingeniería						
Cavidades						
	Revisado/ Corregido	Revisado/sin correccion	No Aplica			Comentarios
Oxido	x					
Ralladuras	x					
Daños superficiales			x			
Placa Base						
	Revisado/ Corregido	Revisado/sin correccion	No Aplica			Comentarios
Oxido						
Ralladuras						
Daños superficiales						
Anillo Centrador						
	Revisado/ Corregido	Revisado/sin correccion	No Aplica			Comentarios
Deformaciones en el radio						Buen estado
Anillo pisa boquilla						Buen estado
Colada Pulida						

Figura 65. Llenado del Formato 04- MMTM- 8- 01 (Fig. 2/3)


		FICHA DE MANTENIMIENTO			Codigo: 04- MMTM- 15- 01	
					Version: 01	Page: 3 de: 3
Escuela de Ingeniería						
Resistencias o canales calientes						
	Revisado/ Corregido	Revisado/sin correccion	No Aplica	Cantidad cambiadas		Comentarios
Fugas						No presente
Tapas de aislamiento			x			
Boquilla						Buen estado
Bandas de calentamiento						Buen estado
Termopares						Buen estado
Placas de aislamiento			x			
Bebederos						
	Revisado/ Corregido	Revisado/sin correccion	No Aplica			Comentarios
Plastico sobrante retirado	x					Buen estado
Prueba Azul			x			
Diametro Verificado	x					

Figura 66. Llenado del Formato 04- MMTM- 8- 01 (Fig. 3/3)

xxxii. Posteriormente de haber diligenciado los formatos requeridos y haber creado el registro, Figuras 41, 42 y 43, se procede a la promoción del molde, para poder así continuar con el mantenimiento de acuerdo con las Figuras 67 y 68.

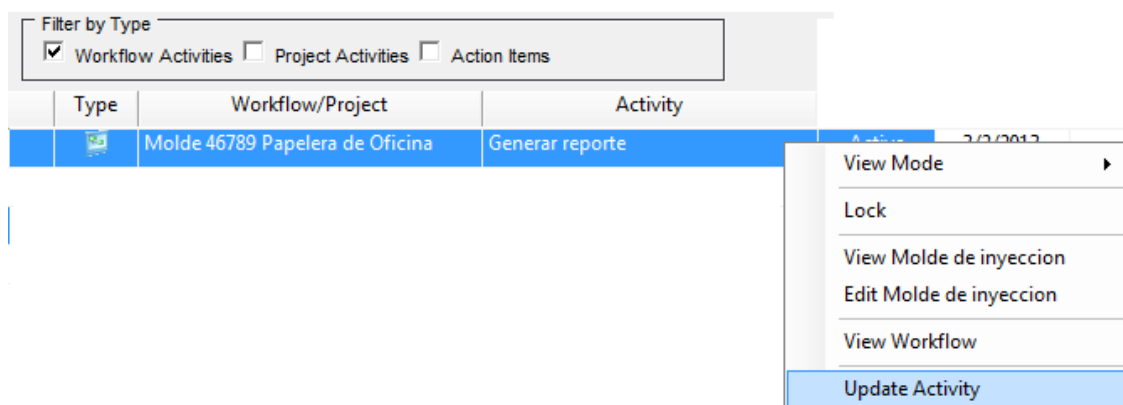


Figura 67. Opción Update Activity de Generar Reporte

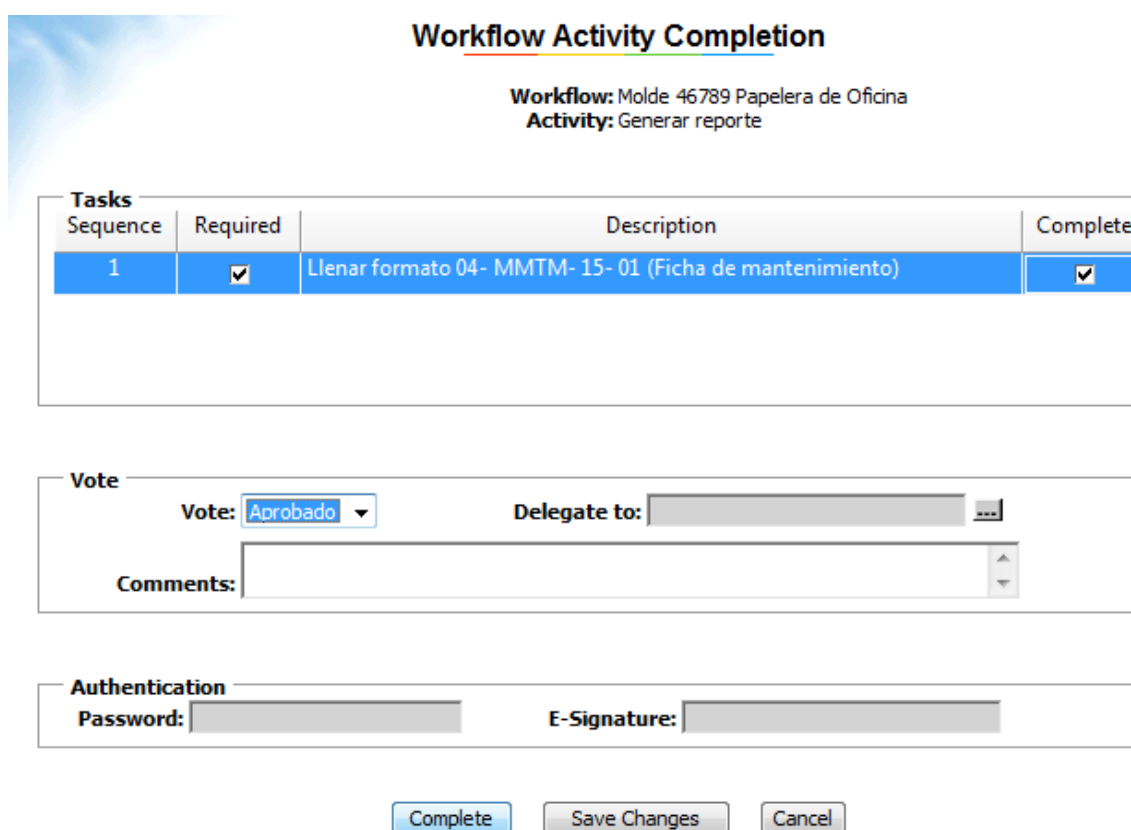


Figura 68. Promoción del estado del molde Generar reporte

xxxiii. Luego de promover el molde el avance del proceso se podrá observar en el mapa del Workflow (Fig. 69) que muestra la continuación del proceso (mostrado en las Figuras 33, 46, 52, 57 y 61).

Workflow Process

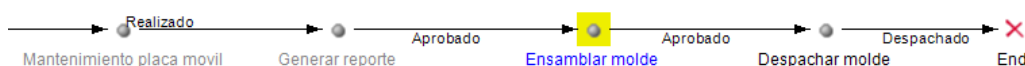


Figura 69. Opción View Workflow Process Ensamblar molde

xxxiv. Para continuar con el proceso de mantenimiento es necesario realizar las tareas requeridas por la actividad “Ensamblar molde” (ver Figura 70).

Sequence	Required	Description
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Llenar formato 04- MMTM- 23- 01 (Formato de ensamble)

Figura 70. Tareas de la actividad Ensamblar molde

xxxv. Finalmente se diligencia el formato 04-MMTM-23-01, según la Figura 71.

	FORMATO DE ENSAMBLE	Codigo: 04- MMTM- 23- 01	
		Version: 01	Page: 1 de: 1
Escuela de Ingeniería			

	SI	NO	NO APLICA
Ensamblar placas del lado móvil	x		
Ensamblar placa de expulsión	x		
Ensamblar placas del lado fijo del molde	x		
Ensamblar lado fijo con lado móvil del molde	x		
Atornillar platina de seguridad	x		
Ensamblar placas de montaje	x		

Figura 71. Llenado del Formato 04- MMTM- 23- 01

xxxvi. Finalmente se promueve el molde y se da por concluido el mantenimiento.

xxxvii. Para llevar el control del mantenimiento, el jefe de mantenimiento, o los directivos, podrán consultar el estado en el que se encuentra el molde a través de la opción “Workflow Process”, donde se detalla el estado actual del proceso, que para este caso ya se encuentra cerrado (ver Figura 72).

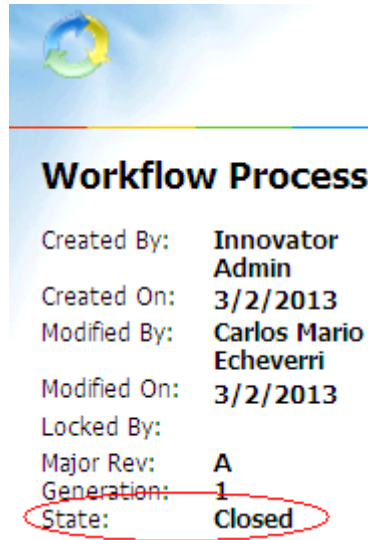


Figura 72. Estado del molde de inyección

- i. Al dar click derecho en la opción del Workflow Process del molde al cual se está realizando el mantenimiento y seleccionar Workflow Process History (Ver figura 73), se podrá observar, las actividades realizadas durante el mantenimiento, el responsable a cargo de dicha actividad y los tiempos de cada actividad. Lo cual permitirá tomar los tiempos necesarios para la medición del indicador Tiempo de mantenimiento.

Workflow History Report

Item: Molde 46786 Tapa Sanduchera

Proceso de mantenimiento de molde de inyección

Current Status is: Closed

Started By: Innovator Admin

Started On: 3/12/2013 7:56:20 AM

Completed On: 3/12/2013 6:48:32 PM

Activity	State	Assigned To	Completed By	How Voted	When	Comments
Aprobar verificacion	Closed	Gestor	Innovator Admin	Guacal en buen estado	3/12/2013 8:38:11 AM	
Llenar registro del molde	Closed	Mecanico B	Carlos Mario Echeverri	Aprobado	3/12/2013 9:42:49 AM	
Abrir molde	Closed	Mecanico B	Carlos Mario Echeverri	Realizado	3/12/2013 10:07:08 AM	
Mantenimiento placa fija	Closed	Gestor	Carlos Mario Echeverri	Realizado	3/12/2013 2:34:53 PM	
Mantenimiento placa movil	Closed	Mecanico B	Carlos Mario Echeverri	Realizado	3/12/2013 3:59:13 PM	
Generar reporte	Closed	Mecanico B	Carlos Mario Echeverri	Aprobado	3/12/2013 4:43:12 PM	
Ensamblar molde	Closed	Mecanico B	Carlos Mario Echeverri	Aprobado	3/12/2013 6:18:19 PM	
Despachar molde	Closed	Gestor	Innovator Admin	Despachado	3/12/2013 6:48:32 PM	

Figura 73. Opción Workflow History Report

- ii. A su vez esta opción permitirá el control de todos los moldes que han ingresado al taller, como se observa en la Figura 74. En caso de consultar el estado en que se encuentra cada molde es necesario ingresar a la opción Workflow Process e ingresar en cada molde (ver fig. 46. Pág. 83)

Name	Description	Active Date [...]	Closed Date [...]
Molde 46786 Tapa Sanduchera	Proceso de mantenimiento de molde ...	3/12/2013	3/12/2013
Molde 46789 Papelera de Oficina	Proceso de mantenimiento de molde ...	3/2/2013	3/2/2013

Figura 74. Control de moldes de inyección.

Capítulo 5. Casos de estudio.

Con el fin de realizar el enfoque propuesto, se llevaron a cabo una serie de procesos de mantenimiento en una empresa del sector productivo local, líder en el proceso de inyección de plásticos, la cual cuenta con un área organizacional dedicada exclusivamente al proceso de mantenimiento de los moldes.

Los casos de estudio se llevaron a cabo en las instalaciones de Industrias ESTRA, ubicada en Medellín, Antioquía – Colombia. Su estructura organizacional se compone en su orden de:

- Junta Directiva
- Presidente y Revisoría Fiscal
- Gerencia de: Ventas, operaciones, contabilidad, logística y desarrollo humano
- En el área de operaciones se encuentra:
 - Jefe de Manufactura
 - Jefe de Ingeniería
 - Coordinadores de: Mantenimiento de moldes, proyectos y fabricación de moldes

El taller de mantenimiento de Industrias ESTRA cuenta con un total de quince (15) operarios y un (1) supervisor, el taller de mantenimiento de moldes de inyección de industrias ESTRA opera de lunes a sábado, tres (3) turnos al día. Industrias ESTRA cuenta con 750 moldes propios y alrededor de 180 moldes en arriendo. Sus líneas de producción en el área de manufactura corresponden a inyección, soplado, estampación y ensamble.

Los casos de estudio-prácticos se llevaron a cabo en el siguiente orden, con el fin de evaluar la evolución de los indicadores y poder inferir la causa de su influencia a través de la variación del método usado en el PMMI:

1. Mantenimiento de molde Empírico.
2. Mantenimiento de molde con método AS-IS

3. Mantenimiento de moldes con método TO-BE (ARIS)

4. Mantenimiento de moldes con método Aras (PLM)

Para el presente proyecto las variables de entrada representaran las condiciones de operación del proceso, estas influyen en el desempeño y la variación de este. A su vez, las variables de salida son las que reflejan los resultados obtenidos en el proceso de mantenimiento de moldes de inyección, estas se ven reflejadas en los indicadores de proceso (tiempo, calidad y costo), los cuales servirán para medir, analizar, mejorar y controlar dicho proceso.

En la implementación de las metodologías a lo largo del trabajo no se realizó el mantenimiento sobre el mismo molde ya que el tiempo entre mantenimientos es considerablemente largo. A su vez, se determinó trabajar los moldes de inyección en un rango de peso entre 230 kilos y 600 kilos, esto con el fin de que un solo operario realizara los ejercicios prácticos, es importante resaltar que existen diversos factores que aumentan la variabilidad del proceso de mantenimiento, tales como: peso, tamaño, complejidad de partes, numero de partes, número de elementos, etc.

5.1 Mantenimiento de molde Empírico

El proceso de mantenimiento de moldes de inyección, bajo la metodología empírica, consiste en realizar este proceso sin un método previamente establecido donde no existen instructivos o estándares causando como consecuencia un mantenimiento basado en la experiencia del técnico, dejando las decisiones del mantenimiento al nivel de experiencia y conocimiento del técnico, llevando a no tener un control del mantenimiento. En caso de presentarse algún daño durante el proceso de mantenimiento no se tendrán bases suficientes para la toma de decisiones, representado un nuevo reproceso e incrementando los costos de mantenimiento.

5.1.1 Ejercicio práctico 1 del método 1 (sin método)

El ejercicio práctico 1 del método 1 (ver Tabla 9), llevado a cabo el día 28 de Mayo de 2012, fue desarrollado por un operario de categoría experto. El mantenimiento fue realizado al molde “Cuerpo Oca Cuadrado 2.3 litros” (ver Figura 75), con un peso de 400 Kg. El tiempo desde la entrada del molde al taller de mantenimiento hasta su despacho fue un total de 27 horas y 33 minutos.



(a)



(b)

Figura 75. Cuerpo Oca Cuadrado 2.3 litros. (a) Molde y (b) Producto

Variables de entrada	
Fecha	28/ 05/ 2012
Referencia	218836
Hora de inicio	07: 22 am
Molde	Cuerpo Oca Cuadrado 2.3 lts
Peso	400 Kg
Altura	420 mm
Operario	Carlos Torres
Experiencia	Experto
N° Operarios	1

Variables de Salida	
Tiempo de mantenimiento	27.55 horas
Numero de ordenes rechazadas	1
Costo total de mantenimiento	\$ 943.689

Tabla 9. Resultados ejercicio práctico 1 del método 1(Sin método)

5.1.2 Ejercicio práctico 2 del método 1 (sin método):

El ejercicio práctico 2 del método 1 (ver Tabla 10), fue llevado a cabo el día 12 de Junio de 2012, desarrollado por Omar Blandon, operario de industrias ESTRA de categoría experto. El mantenimiento fue realizado al molde “Coca Sencilla Sanduchera” (ver Figura 76), con un peso de 425 Kg. El tiempo de mantenimiento del molde fue un total de 26 horas y 54 minutos.



(a)



(b)

Figura 76. Coca sandwichera sencilla. (a) Molde y (b) Producto

Variables de entrada	
Fecha	12/ 06/ 2012
Referencia	302905
Hora de inicio	09: 00 am
Molde	Coca sencilla Sanduchera
Peso	425 Kg
Altura	366 mm
Operario	Omar Blandon
Experiencia	Experto
N° Operarios	1

Variables de Salida	
Tiempo de mantenimiento	26.91 horas
Numero de ordenes rechazadas	0
Costo total de mantenimiento	\$ 941.985

Tabla 10. Resultados ejercicio práctico 2 del método 1 (Sin método)

Análisis de resultado del método 1 (Sin método)

De acuerdo con los datos obtenidos luego de realizar el mantenimiento bajo el enfoque “sin método”, se pudo precisar:

1. El técnico experto solicitó que las herramientas estuvieran más cerca de la mesa de trabajo.
2. Se pierde mucho tiempo en desplazamientos.
3. El operario se sintió perdido. Sin ningún orden o derrotero a seguir.
4. Por falta de un control en el recibimiento de un molde en una empresa de mantenimiento, puede que esta deba asumir el costo de la reparación de algún problema probablemente ocurrido durante el transporte del molde, ya que no existe un registro de llegada, donde haya constancia que el molde llegó en perfecto estado. No se tiene sustento para un posible reclamo a la empresa de seguros o transporte.

5. Al no realizarse el mantenimiento siguiendo una guía o checklist se corre el riesgo que el mantenimiento no se realice de una manera correcta o completa. Así mismo se dificulta el trabajo del supervisor dado que no tiene forma de demostrar lo contrario a lo que le dice el operario y se hace difícil llevar un registro del inventario del almacén, ya que no existe forma de asegurar que las piezas que el operario solicita sean todas las necesarias para el molde.
6. Al no enviarse el molde en un guacal o con alguna clase de protección se corre el riesgo que, durante el transporte, el molde sufra algún daño y deba ser asumido por la empresa de mantenimiento ya que no se originó un registro de salida donde se hizo constar que el molde abandonó el taller en perfecto estado.
7. La falta de un método a la hora de realizar el mantenimiento de un molde, ocasiona que el tiempo empleado en este proceso sea mucho mayor que el de otros procesos
8. Por falta de un orden puede ocurrir que cuando se vaya a ensamblar el molde sobren o faltan piezas a la hora de realizar este proceso.
9. Al no llevarse un registro en ninguna parte del proceso, no hay datos de soporte para que la empresa mejore sus tiempos y calidad del mantenimiento ya que no habrá forma de comparar con procesos antes realizados en la empresa y se corre el riesgo de incurrir en los mismos errores una y otra vez.
10. Al no tener la empresa o taller de mantenimiento un procesos estandarizado y escrito, de cómo se debe realizar un correcto mantenimiento de un molde, se corre el riesgo que algunos de los operarios se hagan indispensables para la misma dado que estos son quienes poseen el conocimiento y pueden llegar a manejar las situaciones a su antojo al saber que son indispensables para el funcionamiento de esta.
11. No hay confiabilidad de hacer seguimiento del molde, y mantenimiento.
12. No se especifica que labores se hacen.
13. La calidad queda a merced de la buena fe del técnico y su buena ejecución del trabajo.
14. Como no hay una guía a seguir se puede incurrir en que se omita el mantenimiento de alguna parte del molde.

15. La entrega del molde a producción se hace verbalmente y sin ningún protocolo.
16. No se lleva registro fotográfico ni fílmico.
17. No se realizó un buen empalme entre un turno y otro, por falta de información dado que los operarios realizan el mantenimiento según sus propios criterios, sin llevar un orden o registro.
18. Se presentó mucho desorden con las herramientas.

5.2 Mantenimiento de molde con método AS-IS

La metodología AS- IS consiste en la adición de valor al proceso a través de identificar qué y quien es el encargado de lo que se hace a lo largo del proceso. En esta metodología aparece un orden y un flujo de trabajo documentado para llevar a cabo este proceso quedando así registrado los pasos desde el inicio hasta el fin del mantenimiento. El método AS- IS muestra un camino a seguir, una ruta u orden mejorando la calidad y el control en el proceso.

5.2.1 Ejercicio práctico 1 del método 2 (método AS-IS)

De acuerdo con la tabla 11, el ejercicio práctico 1 del método AS- IS, se realizó el día 10 de Julio de 2012, llevado a cabo por el operario de categoría experto Omar Blandón. El mantenimiento fue realizado al molde “Jarra 1 litro Americana” (ver Figura 77), con un peso de 400 Kg. El tiempo de mantenimiento registrado fue un total de 24 horas y 33 minutos.

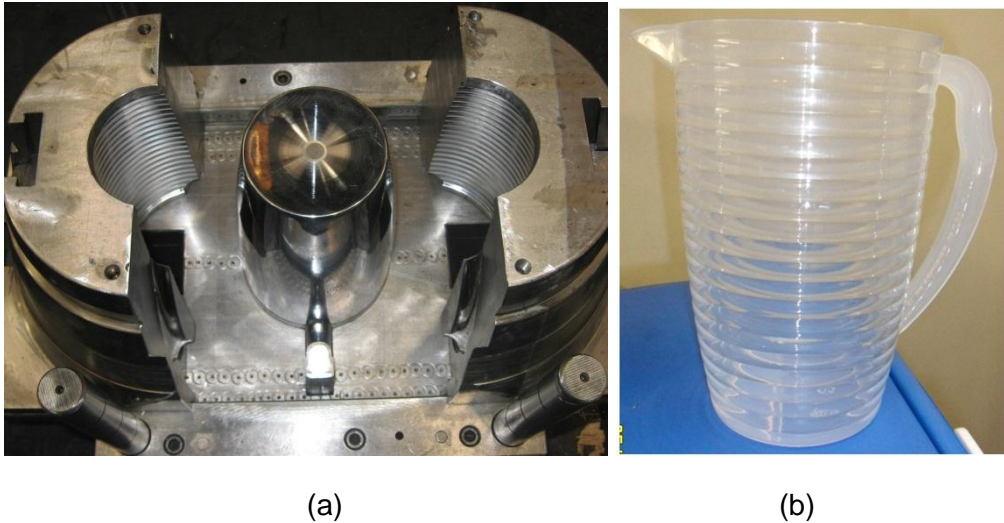


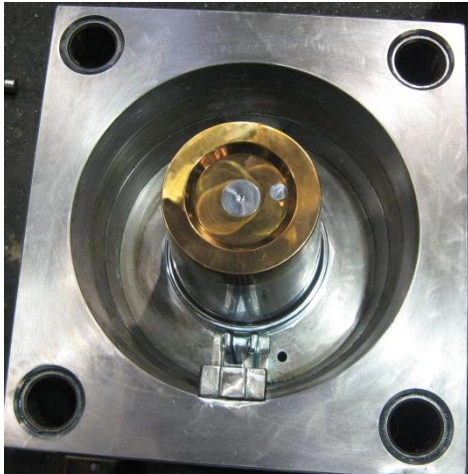
Figura 77. Jarra 1 litro Americana. (a) Molde y (b) Producto

Variables de entrada		Variables de Salida	
Fecha	10/ 07/ 2012	Tiempo de mantenimiento	24.55 horas
Referencia	416837	Numero de ordenes rechazadas	0
Hora de inicio	08: 22 am	Costo total de mantenimiento	\$ 933.184
Molde	Jarra 1lt Americana		
Peso	400 Kg		
Altura	430 mm		
Operario	Omar Blandon		
Experiencia	Experto		
N° Operarios	1		

Tabla 11. Resultados ejercicio práctico 1 del método 2 (Método AS-IS)

5.2.2 Ejercicio práctico 2 del método 2 (método AS-IS)

En la tabla 12 se muestran los resultados obtenidos durante la realización del mantenimiento al molde “Jarra leche” (Ver figura 78), el día 26 de Julio de 2012, llevada a cabo por el operario de categoría experto Jesús Maya. Luego de la finalización del proceso se obtuvo un tiempo de mantenimiento de 23 horas y 30 minutos.



(a)



(b)

Figura 78. Jarra lechera. (a) Molde y (b) Producto

Variables de entrada		variables de Salida	
Fecha	26/ 07/ 2012	Tiempo de mantenimiento	23.5 horas
Referencia	416951	Numero de ordenes rechazadas	0
Hora de inicio	08: 10 am	Costo total de mantenimiento	\$ 934.887
Molde	Jarra leche		
Peso	440 Kg		
Altura	400 mm		
Operario	Jesús Maya		
Experiencia	Experto		
N° Operarios	1		

Tabla 12. Resultados ejercicio práctico 2 del método 2 (Método AS- IS)

Análisis de resultado del método 2 (AS- IS)

Para la metodología AS- IS se pudo analizar:

1. Se redujeron los tiempos desperdiciados en desplazamientos para la búsqueda de herramientas, esto debido a que el operario logró tener las herramientas necesarias para el desarrollo del mantenimiento disponibles, cerca del lugar de trabajo y a su entera disposición.
2. El operario percibió una mejor manera de realizar el mantenimiento ya que el checklist le era útil como guía acerca de cómo proceder a realizarlo.
3. Se redujo el riesgo de que la empresa asumiera los costos por daño en el transporte ya que se utilizó una ficha de remisión y entrega a la hora de recibir el molde en el taller de mantenimiento.

- 4.** Se logró tener mayor seguridad de que se realizó un correcto proceso de mantenimiento ya que se usó un Checklist, y esto pudo facilitar el trabajo del supervisor ya que este baso su revisión en el Checklist.
- 5.** Al usar el Checklist el técnico pudo sustentar el cambio de repuestos en almacén y comprobó que estos si fueran los necesarios y a su vez facilitó el inventario del mismo.
- 6.** Al hacerse un embalaje del molde se reduce el riesgo de que este sufra y se asegura una buena práctica de mantenimiento. Así mismo con el respaldo de una ficha de salida, se asegura que el taller no deba asumir ningún costo por daño en el transporte del molde.
- 7.** Como se aplicó el método AS-IS para el mantenimiento del molde se logró mejorar los tiempos empleados durante el mantenimiento y se pudo asegurar un orden lógico durante este proceso, asegurando que sea el mismo para todos los operarios del área de mantenimiento.
- 8.** Como se hizo toma de datos durante el proceso se tiene como base para un mejor control del proceso, permitiendo identificar las fallas o anomalías encontradas durante la realización del mantenimiento, asegurando la calidad en la ejecución del mismo.
- 9.** Como se logró estandarizar un poco más el proceso de mantenimiento por medio de la utilización de un Checklist, se puede asegurar al cliente que todos los moldes que pasen por el taller de mantenimiento reciban la misma calidad en el proceso ya que todos los técnicos podrán seguir el mismo orden, aunque con esto no se puede garantizar que algunos técnicos se hagan indispensables para la empresa por la retención del conocimiento.
- 10.** La calidad se puede asegurar mediante el Checklist, ya que este asegura las buenas prácticas de un proceso de mantenimiento y también asegura que este no dependa del técnico.
- 11.** Se diligencia una ficha de entrega donde se hace oficial y se hace constar la entrega del molde a producción o al cliente.
- 12.** No se lleva registro fotográfico ni filmico.
- 13.** El empalme de un turno y otro, se hizo mejor porque existe un checklist que sirve de guía y explicación.

5.3 Mantenimiento de moldes con método TO-BE

El mantenimiento de moldes de inyección bajo la metodología de arquitectura de los sistemas integrados de información (ARIS), se compone de los cuatro niveles de ingeniería de procesos, la planificación y control de procesos, el control de flujo de trabajo y los sistemas de aplicación (Scheer & Nuttgens, 2000).

5.3.1 Ejercicio práctico 1 del método 3 (método TO- BE)

En la Tabla 13, se muestran los datos obtenidos en el proceso de mantenimiento aplicado al molde “Jarra ESTRA 2 litros” (ver Figura 79), llevado a cabo por el operario Carlos Torres de categoría experto el día 5 de Octubre de 2012.

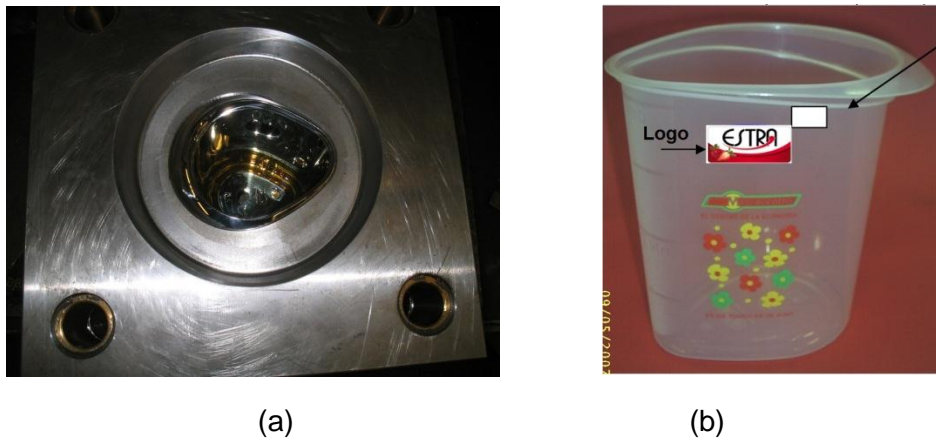


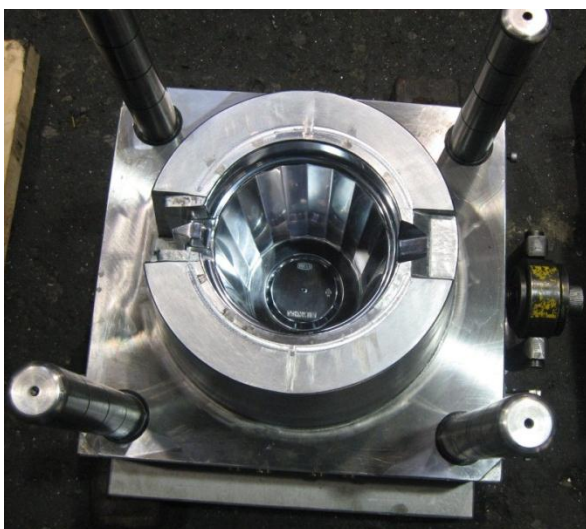
Figura 79. Jarra ESTRA 2 litros. (a) Molde y (b) Producto

Variables de entrada		Variables de Salida	
Fecha	05/ 10/ 2012	Tiempo de mantenimiento	17.83 horas
Referencia	295246	Numero de ordenes rechazadas	0
Hora de inicio	09: 15 am	Costo total de mantenimiento	\$ 922.220
Molde	Jarra ESTRA 2 lts,		
Peso	400 Kg		
Altura	350 mm		
Operario	Carlos Torres		
Experiencia	05/ 10/ 2012		
N° Operarios	1		

Tabla 13. Resultados ejercicio práctico 1 del método 3 (Método TO- BE)

5.3.2 Ejercicio práctico 2 del método 3 (método TO- BE)

El ejercicio práctico 2 del método 3 (ver Tabla 14), desarrollado por el operario Carlos Torres, muestra que este proceso se finalizó en 18 horas y 49 minutos, el mantenimiento fue desarrollado en el molde “Jarra ESTRA premier 2 litros” (ver Figura 80), en las instalaciones de industrias ESTRA el día 18 de Octubre de 2012.



(a)



(b)

Figura 80. Jarra ESTRA premier 2 litros. (a) Molde y (b) producto

Variables de entrada		Variables de Salida	
Fecha	18/ 10/ 2012	Tiempo de mantenimiento	18.82 horas
Referencia	294935	Numero de ordenes rechazadas	0
Hora de inicio	10: 15 am	Costo total de mantenimiento	\$ 924.404
Molde	Jarra ESTRA premier 2 lts		
Peso	440 Kg		
Altura	430 mm		
Operario	Carlos Torres		
Experiencia	Experto		
N° Operarios	1		

Tabla 14. Resultados ejercicio práctico 2 del método 3 (Método TO- BE)

Análisis de resultado del método 3 (TO- BE)

De acuerdo con los datos obtenidos luego de realizar el mantenimiento bajo la metodología TO- BE, se pudo concluir que:

1. La metodología de mantenimiento TO- BE permite tener un mayor control del proceso de mantenimiento de moldes ya que se define un responsable del proceso, a su vez establece una serie de actividades requeridas antes de que el molde pueda ser promovido al siguiente paso, minimizando la probabilidad de omisión de alguna actividad requerida en el proceso de mantenimiento.
2. La estandarización del proceso de mantenimiento permite que este proceso no sea dependiente de los operarios expertos en el tema, simplemente requerirá de un operario con ciertas aptitudes ya que cada paso del proceso tendrá su respectivo instructivo para la realización de dicho paso.
3. Se le da mayor responsabilidad al operario en cuanto a la toma de decisión acerca del proceso, dándole las pautas de decisión en cada uno de los formatos, disminuyendo así los controles innecesarios por parte del supervisor, a la vez que se optimizan estos controles en partes del proceso más relevantes.
4. Al tener previamente establecidos los parámetros de control del proceso de mantenimiento, a través de registros, formatos e instructivos permite la significativa reducción de tiempos en el proceso de mantenimiento. Esto debido a que el operario encargado del proceso ya tiene conocimiento de qué manera y cómo proceder a la realización del mantenimiento.
5. Es de resaltar que se sigue asegurando y mejorando la calidad del mantenimiento realizado en el molde a través de los registros, formatos e

instructivos, ya que garantizan la realización pertinente de todas las buenas prácticas que se deben aplicar en cada paso del mantenimiento.

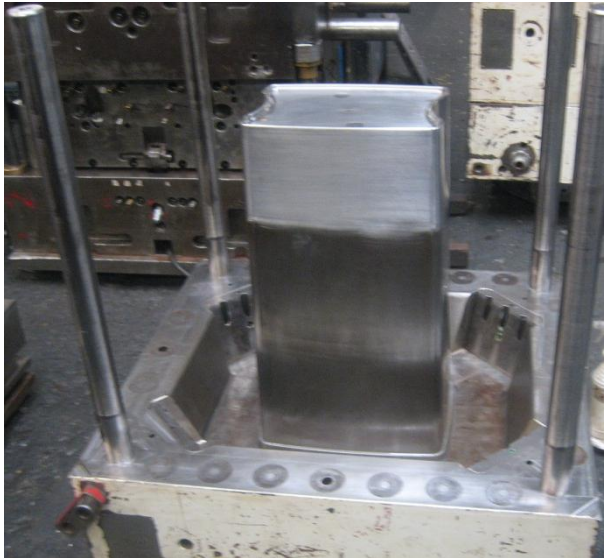
6. Gracias a que se lleva un registro fotográfico se le da una mejor argumentación al cliente acerca de qué operaciones de mantenimiento se realizaron en el molde (antes del mantenimiento y después del mantenimiento).
7. En el transcurso del proceso de mantenimiento de moldes la única persona que está enterada en tiempo real acerca de en qué parte del mantenimiento se encuentra el molde es el operario. Esto debido a que es él quien tiene contacto directo con el molde, al emplear esta metodología. En caso de que el director del área de mantenimiento desee saber acerca del estado en tiempo real del molde, se verá obligado a comunicarse con el operario, afectando directamente el tiempo del director de mantenimiento.

5.4 Mantenimiento de moldes bajo la metodología PLM

El mantenimiento de moldes de inyección, como un proceso más de la empresa, debe llevar unas acciones en un orden específico, este problema encuentra su solución basándose en la herramienta de gestión de ciclo de vida del producto PLM, ya que es un método que cumple con las necesidades del medio como el: registro de tiempos, requerimientos y responsables, entre otros. Esta herramienta permite llevar un control que minimiza la variabilidad del proceso de mantenimiento de moldes de inyección, logrando así una estandarización y una trazabilidad en el mantenimiento como tal.

5.4.1 Ejercicio práctico 1 del método 4 (método ARAS)

Este mantenimiento (ver Tabla 15), fue llevado a cabo en las instalaciones de Industrias ESTRA el día 03 de Marzo de 2013 por el operario experto Carlos Torres, el proceso se realizó en el molde "Papelera de oficina" (ver Figura 81), con un total de 10 horas y 33 minutos, bajo la metodología PLM ARAS.



(a)



(b)

Figura 81 Papelera de oficina. (a) Molde y (b) Producto

Variables de entrada		Variables de Salida	
Fecha	03/ 03/ 2013	Tiempo de mantenimiento	10.55 horas
Referencia	517462	Numero de ordenes rechazadas	0
Hora de inicio	08: 08 am	Costo total de mantenimiento	\$ 907.603
Molde	Molde papelera de oficina		
Peso	590 Kg		
Altura	880 mm		
Operario	Carlos Torres		
Experiencia	Experto		
N° Operarios	1		

Tabla 15. Resultados ejercicio práctico 1 del método 4 (Método PLM)

5.4.2 Ejercicio práctico 2 del método 4 (método ARAS)

El mantenimiento realizado al molde “Tapa sandwichera” (ver Figura 82), el día 12 de Marzo de 2013 por el operario Carlos Torres (ver Tabla 16), se ejecutó en 10 horas con 56 minutos.



(a)



(b)

Figura 82. Tapa sandwichera. (a) Molde y (b) Producto

Variables de entrada		Variables de Salida	
Fecha	12/ 03/ 2013	Tiempo de mantenimiento	10.93 horas
Referencia	46786	Numero de ordenes rechazadas	0
Hora de inicio	07: 56 am	Costo total de mantenimiento	\$ 907.718
Molde	Tapa Sandwichera		
Peso	230 Kg		
Altura	362 mm		
Operario	Carlos Torres		
Experiencia	Experto		
N° Operarios	1		

Tabla 16. Resultados ejercicio práctico 2 del método 4 (Método PLM)

Análisis de resultado del método 4 (ARAS PLM)

De acuerdo con los datos obtenidos luego de realizar el mantenimiento bajo la metodología ARAS PLM, se pudo observar que:

1. Esta metodología permitió definir con certeza “qué”, “quién”, “cómo” y “cuándo” se debía llevar a cabo cada una de las actividades que conforman el proceso de mantenimiento de moldes, dando así un enfoque coherente del proceso.
2. Teniendo en cuenta que para acceder al sistema ARAS Inovator™ es necesario ingresar a través de un navegador web, es un software fácil de usar y de costo accesible, permitiendo su usabilidad desde los operarios hasta el director de mantenimiento.
3. A su vez es una herramienta integradora de gestión que permite la administración, ejecución y control del proceso de mantenimiento de moldes, dando las herramientas necesarias a todas las personas implicadas en el proceso, para llevar el control necesario en tiempo real, asegurando un servicio de la más alta calidad.

4. El software PLM, permite la fácil y rápida obtención de información por parte de cualquier persona implicada en el proceso de mantenimiento de moldes, en el momento que la persona la requiera, evitando desperdiciar tiempo en trámites innecesarios.
5. PLM actúa como eje central de información para todas las personas implicadas en el proceso de mantenimiento de moldes, agilizando y facilitando tanto el desarrollo del proceso de mantenimiento como la comunicación entre las personas comprometidas con el proceso.
6. Es importante resaltar que al desarrollar el mantenimiento de moldes bajo esta metodología se reducen los tiempos de mantenimiento significativamente, esto debido a las herramientas y buenas prácticas utilizadas durante el mantenimiento.
7. Al implementar esta metodología es necesario estandarizar el proceso hasta el punto de que ningún operario es indispensable, siendo necesario para desarrollar este mantenimiento, un operario con un grado de aptitudes mínimas requeridas por el mismo proceso (instructivos, formatos y registros) dejando así el conocimiento en la empresa.

Capítulo 6. Análisis de Resultados

A partir de la información adquirida en estas gráficas, se conocen los hechos pertinentes para adoptar medidas estratégicas en el mantenimiento de moldes de inyección, ya que esta toma de datos servirá para analizar, monitorear e inspeccionar el proceso, lo cual no se realizaba en el mantenimiento de moldes.

De la gráfica mostrada en la Figura 83 se puede concluir:

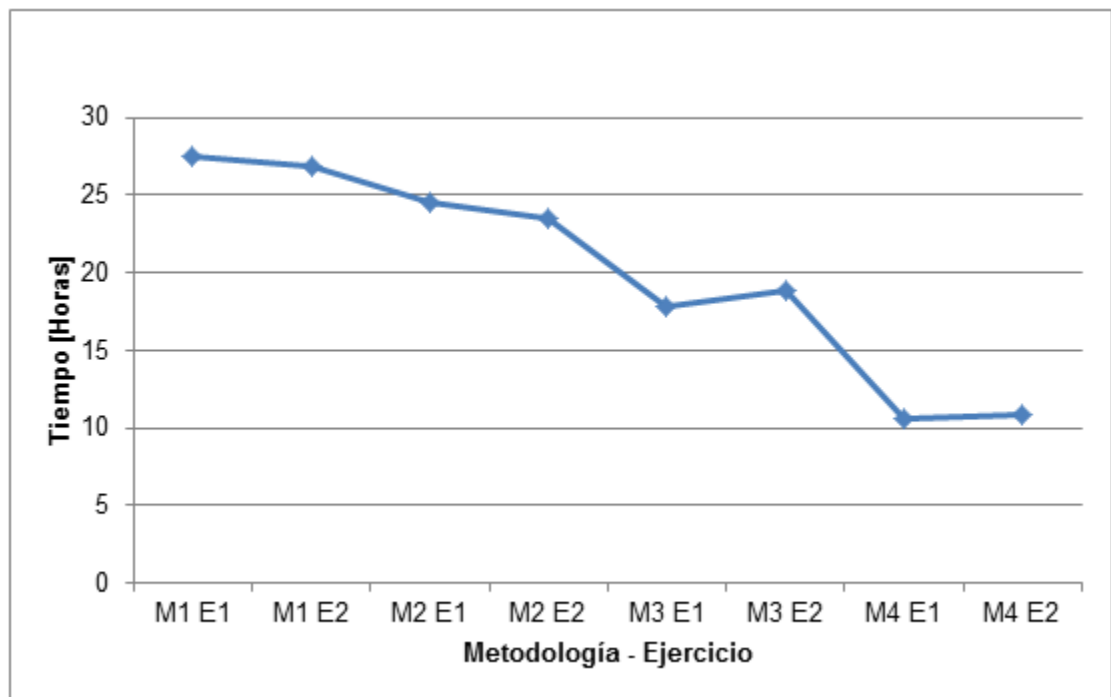


Figura 83. Grafico tiempo Vs metodología

1. A medida que se estandariza el proceso de mantenimiento con la implementación de las metodologías se puede apreciar como el tiempo disminuye significativamente, pasando de 27.55 horas de duración del mantenimiento a tan solo 10.93 horas, reduciendo el tiempo de mantenimiento en un 61%.
2. Es importante resaltar el impacto que genera en el tiempo del proceso la herramienta PLM, ya que si se compara la metodología número 3 (TO- BE), en la cual el proceso ya se encuentra considerablemente estandarizado aun sin

contar con una herramienta que permita de manera ágil y sencilla el trabajo colaborativo, las horas empleadas en llevar a cabo el mantenimiento siguen superando las 16 horas de trabajo. Al implementar el software PLM se reduce este tiempo considerablemente, obteniendo así un tiempo menor a 11 horas de trabajo, reduciendo este tiempo en un 39%.

- Al realizar el proceso de mantenimiento de moldes con la utilización de herramientas tales como formatos, registros e instructivos, se le proporcionó al operario encargado las pautas necesarias para proceder a realizar este mantenimiento, de tal manera que el operario tuviera pleno conocimiento de cuáles son las herramientas necesarias para llevar a cabo cada actividad. Esto llevó a cabo una reducción de tiempo al usar una metodología 3 (TO- BE), bajando en un 20% el tiempo empleado en la metodología 2 (AS-IS).

De la gráfica mostrada en la Figura 84 se puede concluir:

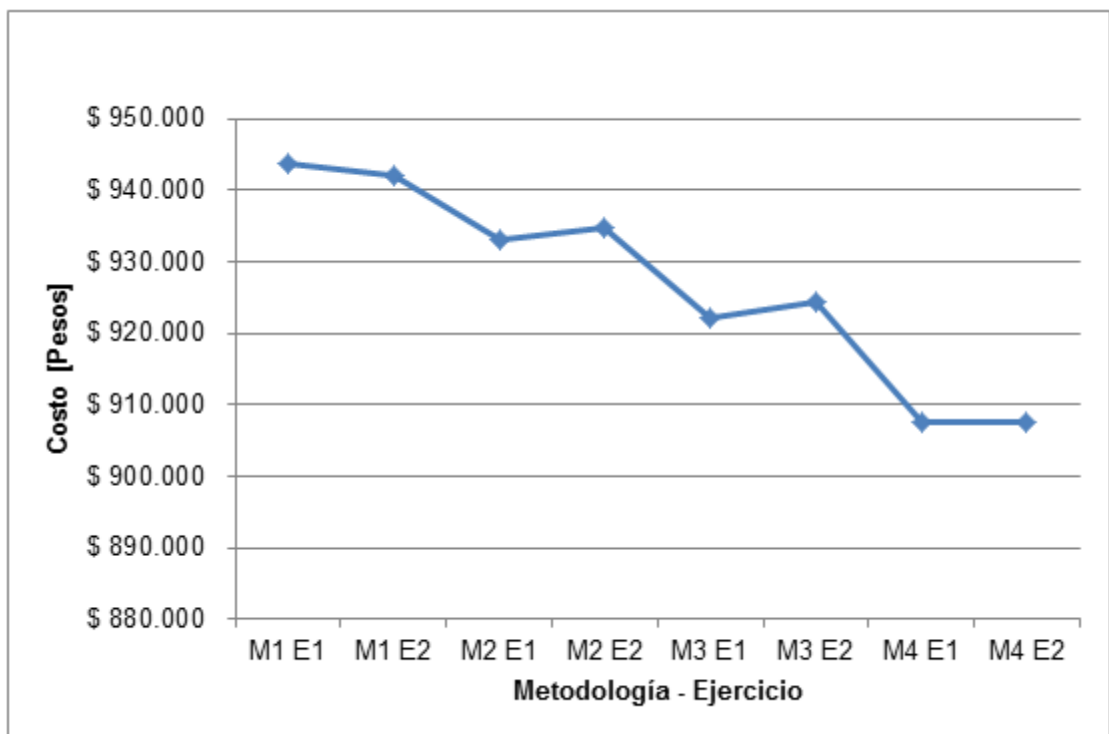


Figura 84. Grafica costo mantenimiento vs metodología

- El costo, como se observa en la gráfica, disminuye con la implementación de las metodologías. Al estar las metodologías relacionadas directamente con el tiempo, se puede precisar que a medida que las horas de mantenimiento disminuyen, reduce a su vez el costo de mantenimiento, al comparar la

metodología 4 (PLM) con la metodología 1 (sin método) se obtuvo una reducción del 3% en el costo, lo que implica una reducción de \$ 30.000 pesos aproximadamente por cada molde al cual se realice mantenimiento.

- De acuerdo con la gráfica 84, se puede apreciar que el mayor descenso en el costo de mantenimiento se presenta cuando la herramienta de PLM es implementada, representando así un descenso del 1,7% del costo total de mantenimiento de la metodología numero 3 (TO-BE).

De la Figura 85 se puede concluir:

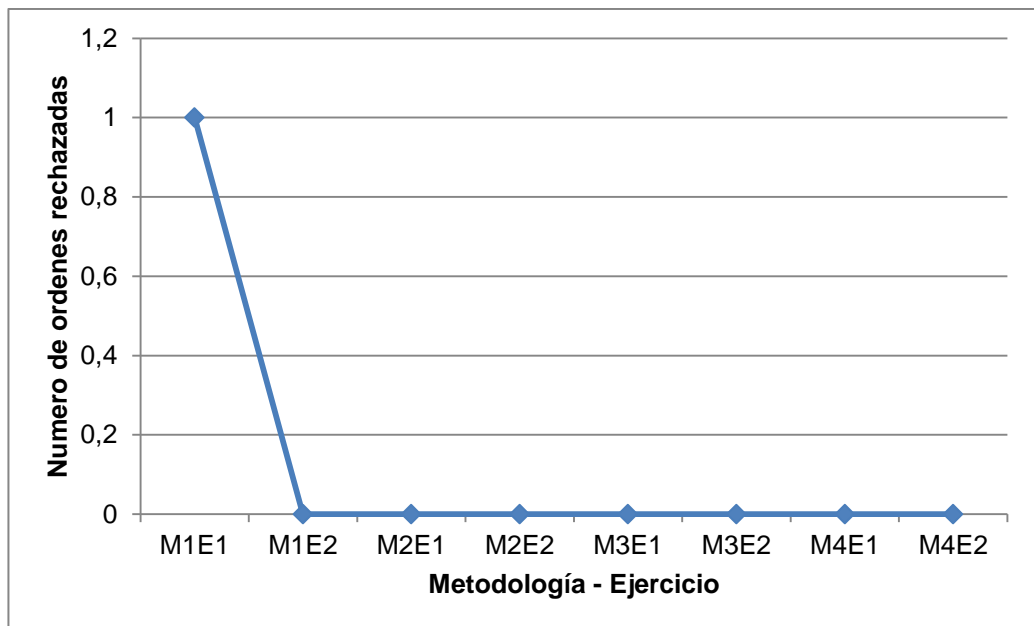


Figura 85. Grafico número de ordenes rechazadas vs metodología

- Es posible apreciar que al momento del proceso ser intervenido primeramente con una serie de pasos que generen un orden para la realización del mantenimiento, se reducen significativamente los moldes devueltos por parte de los clientes luego de realizarles el mantenimiento.
- Es fácil atribuir como causa de que este indicador sea tan bajo en las 4 metodologías practicadas, a la poca información que las empresas tienen acerca de este mantenimiento, siendo así el control de la calidad del mantenimiento del molde por parte del cliente casi nulo, dejando la decisión de devolución del molde en función del funcionamiento o no del molde a la hora de realizar el proceso de inyección.

Capítulo 7. Conclusiones

El proceso de mantenimiento de moldes de inyección es un campo muy amplio que, en Colombia y particularmente en Antioquia, se encuentra muy poco documentado. Con el fin de conseguir altos niveles de competitividad en los procesos de mantenimiento de moldes, que lleven a alcanzar una talla a nivel mundial, se deben desarrollar metodologías para ser más versátiles y eficientes. Debido a esto se puede mencionar aspectos relevantes en este trabajo que brinden algunas ventajas e información para el desarrollo de mantenimiento de moldes de inyección.

En el muestrario y seguimiento de las diferentes técnicas de mantenimiento de moldes de inyección se encontraron distintos métodos empíricos, modalidades y estilos de aplicación de la técnica de mantenimiento en el entorno de la industria nacional e Internacional. No se tiene un método estandarizado, estable y uniforme y, además, los encargados del manejo de este conocimiento en las empresas, lo hacen restringido, reservado y en algunas ocasiones oculto. Por lo tanto, la necesidad de establecer un proceso estandarizado para el mantenimiento de moldes de inyección de plástico, apoyado en herramientas de gestión de ciclo de vida del producto (PLM) se hace evidente.

Con los trabajos de campo realizados en la industria de mantenimiento de moldes de inyección de plástico, se logró analizar, estudiar y definir el conjunto de resultados e indicadores involucrados en el proceso de mantenimiento. Por consiguiente se plantearon cuatro métodos; 1. Empírico o mantenimiento no formal (sin método estructurado). 2. El Método AS-IS. 3. El método TO-BE. 4. Método con la aplicación de una herramienta tecnológica de PLM. En la aplicación de cada uno de los métodos se evidenció la mejora y el aprendizaje. Así mismo se evidenció el proceso de mantenimiento de moldes desde su estado inicial hasta su estado ideal. Todo con el propósito de reducir las fallas presentadas en los moldes para lograr óptimos resultados.

Dentro del proceso de investigación del presente trabajo, uno de los resultados más destacados fue la de reunir documentación e información de los procedimientos y experiencias de las diferentes formas de mantenimientos de moldes, como también la importancia de hacer habitual este mantenimiento. Toda esta información probada y

organizada le sirve a la industria del plástico como elementos históricos para futuras revisiones, cambios, reparaciones y reformas en el manteniendo de los moldes. Por eso la necesidad de utilizar la herramienta PLM, ya que esta permite controlar factores y variables como el tiempo, costo y, sobre todo, calidad para poder competir en la industria nacional e internacional.

De los resultados más significativos de la exploración, se encontró que con la aplicación en cada uno de los casos de los diferentes métodos con sus variables, dio como consecuencia que, ha medida que se estandariza el proceso de mantenimiento con la implementación de la herramienta PLM, se evidencia cómo el tiempo disminuye significativamente, pasando de 27.55 horas de duración del mantenimiento a tan solo 10.93 horas, reduciendo el tiempo de mantenimiento en un 61%. Esto subscribe a la industria, a mejorar los niveles de calidad de los productos manufacturados para enfrentar los nuevos retos del mercado.

La implementación del modelo PLM permitió definir con certeza el “qué”, “quién”, “cómo” y “cuándo” se debe llevar a cabo cada una de las actividades que conforman el proceso de mantenimiento de moldes y establece con claridad el tipo de información requerida a lo largo del mismo, de forma tal que su contenido asegure el correcto funcionamiento de los equipos de producción. También permite obtener de dichos equipos la mayor disponibilidad, e igualmente predecir las averías e incluso a llega a determinar las causas del problema y, por tanto, erradicarla. Esta herramienta permitió de igual forma el trabajo colaborativo, independientemente de la ubicación geográfica de los actores, contando así con la participación de todos los departamentos de la empresa, proveedores, distribuidores, entre otros que estén relacionados con la información asociada con el producto. Consiguientemente esto conlleva a un funcionamiento mejorado a largo plazo y el resultado generó, para la empresa, una mayor cantidad de piezas producidas, un menor número de paradas en la producción y un aumento en la vida útil del molde. Todo esto se representa en ganancias de tiempo y de dinero, representando así, una transición de un mantenimiento empírico a un mantenimiento formal.

A través de la implantación de la metodología PLM, se logró mejorar los niveles de calidad del proceso de mantenimiento de moldes, esto con la ayuda de la documentación del proceso, teniendo en cuenta los registros, formatos e instructivos ya que garantizaban la realización de cada actividad del mantenimiento a lo largo del proceso por parte del operario y facilitaba el control del mismo al supervisor.

Demostrando así que de las cuatro metodologías llevadas a cabo a lo largo del presente trabajo, es la estrategia óptima para la realización del mantenimiento de moldes de inyección.

Capítulo 8. Referencias

- [1] Muthu, S., Whitman, L., & Cheraghi, H. (1999). BUSINESS PROCESS REENGINEERING: A CONSOLIDATED. *The 4th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory Applications and Practice*. San Antonio .
- [2] Agudelo Tóbon, L. F., & Escobar Bolívar, J. (2010). *Gestión por procesos*. Medellín: ICONTEC.
- [3] Alemanni, M., Destefanis, F., & Vezzetti, E. (2010). Model-based definition design in the product lifecycle management scenario. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 52, 1-14.
- [4] Al-Najjar, B. (2010). Strategies for Maintenance Cost-effectiveness. En *E-maintenance* (págs. 297-344). Springer.
- [5] ARAS Corp. (2013). *Solutions | Overview*. Recuperado el 04 de 2013, de <http://www.aras.com/solutions/>
- [6] ARAS Corp. (2005). *Innovator Solutions*.
- [7] ARIS Community. (s.f.). *Glossary*. Recuperado el 04 de 2013, de ARIS Community: <http://www.ariscommunity.com/help/aris-express/36006>
- [8] Behrens, B.-A., & Lau, P. (2008). Key performance indicators for sheet metal forming processes. *Production Engineering Research and Development*, 2, 73-78.
- [9] Busch, H., Gardoni, M., & Tollenaere, M. (2007). Knowledge Management Aspects for Business Process Management: An Approach through the Information Management within and between Processes – Case Study at STMicroelectronics. *Advances in Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering II*, 325-339.
- [10] *Business Process Design As-Is and To-Be Checklists* . (s.f.). Recuperado el 04 de 2013, de National Archives: <http://www.archives.gov/records-mgmt/initiatives/bpd-checklist.pdf>
- [11] Castillo Garijo, J. A. (Abril de 2007). *Curso inyección de termoplásticos*. Recuperado el 2012, de www.emagister.com.
- [12] Chan, F., Lau, H., Ip, R., Chan, H., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1), 71-94.
- [13] Chiang, T.-A., & Trappey, A. (2007). Development of value chain collaborative model for product lifecycle management and its LCD industry adoption. *International Journal of Production Economics*, 109(2), 90-104.
- [14] Chung, C. I. (2000). *Extrusion of polymers*. New York: Hanser.
- [15] CIMdata Inc. (05 de 12 de 2012a). *Siemens PLM Technology to Help Tri-Ring Group Enhance Digital Design and Manufacturing*. Recuperado el 04 de 2013, de <http://www.cimdata.com/newsletter/2012/49/03/49.03.04.htm>
- [16] CIMdata Inc. (18 de 09 de 2012b). *Hydrocontrol SpA of Italy Implements Aras PLM Solution Suite*. Recuperado el 04 de 2013, de <http://www.cimdata.com/newsletter/2012/38/03/38.03.06.htm>
- [17] CIMdata inc. (25 de 04 de 2013). *DeSL Showcases PLM Solution to the UK Fashion Industry*. Recuperado el 04 de 2013, de <http://www.cimdata.com/newsletter/2013/17/04/17.04.05.htm>

- [18] Corretger Rauet, M. (2004). Indicadores de la eficiencia del mantenimiento cuadro de mando integral. *Ingenieria Reparacion Mantenimiento*(176).
- [19] Cos, J. P., & de Navascués, R. (1998). *Manual de logística integral*. Madrid: Diaz de Santos.
- [20] Cugini, U., Ramelli, A., Rizzi, C., & Ugolotti, M. (2006). Total Quality Management and Process Modeling for PLM in SME. En *Advances in Design* (págs. 339-350). Springer.
- [21] Curto Díaz, J. (2010). *Introducción al business intelligence*. Barcelona: Uoc.
- [22] Dassault Systems. (2013). *ENOVIA SmarTeam Offering*. Recuperado el 04 de 2013, de <http://www.3ds.com/products/enovia/products/enovia-v5/enovia-smarteam/offering/>
- [23] Davis, R., & Brabänder, E. (2007). *ARIS design plataforma getting started with BPM*. London: Springer.
- [24] de Bona, J. M. (1999). *Gestión del mantenimiento*. Madrid: Fundación Confemetal.
- [25] de Laurentiis Gianni, R. (10 de Octubre de 2003). *RHM grupo de comunicación*. Recuperado el Noviembre de 2012, de RHM grupo de comunicación: <http://www.rrhmagazine.com/articulos.asp?id=253>
- [26] Díaz Piraquive, F. N. (2008). Gestión de procesos BPM, TICs y crecimiento empresarial. *Universidad y empresa*, 7(15), 151-176.
- [27] Garayo Olarra, P. (1997). *Análisis e implementación de técnicas de fabricación rápida de moldes para inyección de materiales plásticos*. Valladolid.
- [28] Gómez de León, F. C. (1998). *Tecnología del mantenimiento industrial*. Murcia: Universidad de Murcia.
- [29] Higuera Aguilar, L. H. (1997). *Proyecto de grado: Método para implementar el mantenimiento preventivo en moldes para inyección de termoplásticos*. (U. P. Bolivariana, Ed.) Medellín.
- [30] Industrias ESTRA. (2010). *Manual de mantenimiento*. Medellín.
- [31] Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2002). *Manufacturing engineering and technology*. New Jersey: Prentice hall.
- [32] Kovács, G. L., & Paganelli, P. (2003). A planning and management infrastructure for large, complex, distributed projects--beyond ERP and SCM. *Computers in Industry*, 51(2), 165-183.
- [33] Kusíc, D., Tomaž, K., Marko Slabea, J., Svečko, R., & Grum, J. (2013). The impact of process parameters on test specimen deviations and their correlation with AE signals captured during the injection moulding cycle. *Polymer Testing*, 32(3), 583-593.
- [34] Liao, W., Wang, Y., & Pan, E. (2012). Single-machine-based predictive maintenance model considering intelligent machinery prognostics. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 63(4), 51-63.
- [35] Manzini, R., Regattieri, A., Pham, H., & Ferrari, E. (2010). *Maintenance for Industrial Systems*. Londres: Springer.
- [36] Marín, S. (2006). *Mantenimiento mecánico de máquinas*.
- [37] Márquez Sevillano, J. d. (s.f.). *Introducción a los moldes de inyección*.
- [38] Mejía Gutiérrez, R., Correa Vélez, S. A., Ruiz Arenas, S., Cálad Álvarez, A., & Mejía Zapata, W. (2010). *Implementación de herramientas PLM para el desarrollo de proyectos de ingeniería*. Medellín.
- [39] Ming-Shyan, H., & Ming-Kai, H. (2011). Modular design applied to beverage-container injection molds. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 53(4), 1-10.
- [40] Monteleone, M. A. (01 de 11 de 2010). *Business Analyst Articles: Business Analysis & Systems Analysis*. Recuperado el 04 de 2013, de Modern Analyst: <http://www.modernanalyst.com/Resources/Articles/tabid/115/articleType/Article>

- View/articleId/1562/Structuring-ASIS-and-TOBE-Process-Improvement-Discussions-using-the-Fishbone-Diagram.aspx
- [41] Muhammad, A., Esque, S., Aha, L., Mattila, J., Siuko, M., Vilenius, M., y otros. (Junio de 2009). Combined application of Product Lifecycle and Software Configuration Management systems for ITER remote handling. *Fusion Engineering and Design*, 84(7), 1367-1371.
- [42] Newbrough, E. (1979). *Administración de mantenimiento industrial*. Mexico D.F.: Diana.
- [43] Osswald, T. A., & Giménez, E. (2008). *Procesado de polímeros fundamentos*. Cúcuta: Guaduales.
- [44] Osswald, T. A., Turng, L. S., & Gramann, P. (2008). *Injection molding handbook*.
- [45] Pacheco Comer, A. A., & González Castolo, J. C. (2012). An empirical study in selecting Enterprise Resource Planning Systems: The relation between some of the variables involve on it. Size and Investment. *The 2012 Iberoamerican Conference on Electronics Engineering and Computer Science*, (págs. 292-303). Guadalajara.
- [46] Parida, A., & Kumar, U. (2011). Maintenance Productivity and Performance . *International Journal of Production Economics*, 295-302.
- [47] Parmenter, D. (2007). *Key performance indicators* . New Jersey.
- [48] Porras Aldana, D. A. (2010). *Proyecto de grado: Estructuración de los primeros 4 pasos del mantenimiento autónomo y de la gestión del grupo autónomo en el área de termoformado en una empresa de plásticos*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- [49] Pöstch, G., & Michaeli, W. (1995). *Injection Molding an Introduction*. Hanser.
- [50] PTC. (2013). *PTC Windchill PDMLink*. Recuperado el 04 de 2013, de PTC product y service advantage: <http://es.ptc.com/product/windchill/pdmlink>
- [51] Rees, H. (2002). *Mold Engineering*. Hanser.
- [52] Rey Sacristan, F. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. Fundación Confemetal.
- [53] Rodríguez Montes, J., Castro Martínez, L., & del Real Romero, J. C. (2006). *Procesos industriales para materiales no metálicos*. Madrid: Vision net.
- [54] Ruiz Arenas, S. (2012). *Proyecto de grado: Methodology for PLM implementations*. Medellín.
- [55] Sánchez Valdés, S., Rodríguez Fernández, O. S., & Yáñez Flores, I. G. (2005). *Moldeo por inyección de termoplásticos*.
- [56] Schawarz, O. (2002). *Ciencia de los plásticos*. Montevideo : Costa Nogal.
- [57] Scheer, A. W., & Nuttgens, M. (2000). ARIS architecture and reference models for business process management.
- [58] Seo, K. K., & Jun Ahn, B. (2006). A learning algorithm based estimation method for maintenance cost of product concepts. *Computers & Industrial Engineering*, 50, 66-75.
- [59] Siemens. (2013). *Funcionalidades del producto*. Recuperado el 04 de 2013, de Teamcenter: http://www.plm.automation.siemens.com/es_es/products/teamcenter/
- [60] Stringfellow, A., Nie, W., & Bowen, D. E. (2004). CRM: Profiting from understanding customer needs. *Business Horizons*, 47(5), 45-52.
- [61] Tirado Torres, A. (2006). *Proyecto de grado: Creación de un programa de mantenimiento preventivo en moldes Medellín*. Medellín: Universidad EAFIT-Departamento de ingeniería de producción.
- [62] Tzanakakis, K. (2013). *Maintenance Cost Modeling* (Vol. 2).

- [63] Uno Convenciones. (s.f.). *Programa de mantenimiento para moldes de inyección*. Recuperado el 04 de 2012, de Uno convenciones: <http://www.unoconvenciones.com/descargas/mtto.pdf>
- [64] Voisin, A., Levrat, E., Cocheteux, P., & Lung, B. (2008). Generic prognosis model for proactive maintenance decision support: application to pre-industrial e-maintenance test bed. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 177-193.

Anexos

Partes de un molde de inyección

De acuerdo con Ming-Shyan, un molde de inyección (ver Fiugra 86), consta de dos principales componentes, el molde hembra y el molde macho. El plástico fundido entra en la cavidad a través de un canal en el molde hembra. El bebedero dirige el plástico fundido que fluye a través de las corredoras y entrando a las *gates* y a la geometría de la cavidad para formar la parte deseada (Ming-Shyan & Ming-Kai, 2011).

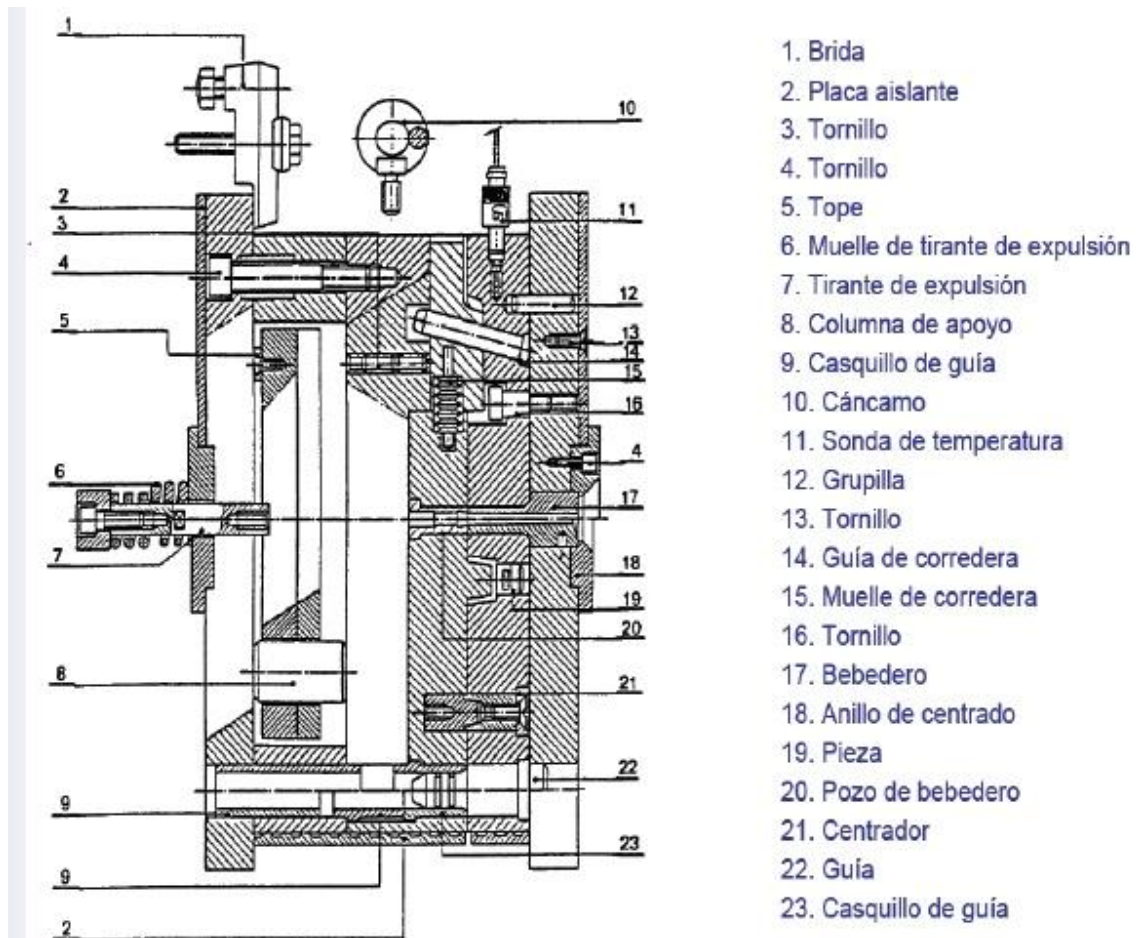


Figura 86. Vista lateral del molde. (Márquez Sevillano)

Brida: también conocida como *clamp*, sirve para fijar las placas sujetadoras a las platinas fija y móvil.

Placa aislante: normalmente se utiliza en moldes de inyectores y/o canales calientes para evitar las pérdidas de calor por contacto con las platinas de la máquina. También puede ser utilizada en los moldes de colada fría.

Tornillo: elemento de sujeción

Tope: también conocidos como tacón espaciador de la placa de expulsión. Sirve para evitar que las superficies de la placa sujetadora y la placa expulsora se peguen por efecto del vacío creado por dos superficies rectificadas. También sirven para evitar el choque directo de ambas placas cuando la placa expulsora regresa a su posición de inicio.

Muelle de tirante de expulsión: es un resorte que ayuda a la barra a regresar el sistema de expulsión. Las máquinas normalmente cuentan con un sistema expulsor que hace este trabajo, únicamente se usa como un seguro mecánico, para evitar que los botadores queden fuera del corazón cuando el molde cierre.

Tirante de expulsión: también conocido como barra expulsora. Se conecta al sistema de expulsión de la máquina y guía a las placas botadoras durante el proceso de acuerdo a lo programado en el control.

Columna de apoyo: también conocido como tacón de soporte. Este elemento sirve para reducir el claro que existe entre paralelas en la placa de soporte. Utilizando este tipo de soportes reducimos el espesor de dicha placa, ya que reducimos la deflexión al reducir la longitud en voladizo que soporta la fuerza de inyección.

Casquillo de guía: sirven para la alineación del lado móvil y el lado fijo del molde. Dependiendo del tipo de cargas y cantidad de ciclos esperados por el molde podemos encontrar casquillos embalados, casquillos de bronce o acero.

Cáncamo: es un anillo de metal que sirve para transportar el molde con una grúa viajera o con una pluma. Es importante considerar el peso del molde para la selección de este elemento. El fabricante deberá tener especificaciones claras de la capacidad máxima de carga.

Sonda de temperatura: también conocido como termopar. Es un elemento de control, retroalimenta constantemente al sistema de control de la máquina para hacer los ajustes pertinentes de temperatura.

Grupilla: mayormente conocido como perno dowel. Es un elemento de guiado entre el ensamble de placas.

Guía de corredera: también son conocidos como pernos inclinados o pernos y acciones (carros) laterales. Son utilizados en moldes con acciones laterales, la inclinación del perno permite que al cerrarse el molde los carros auxiliares cierren sincronizada mente, para así formar, generalmente, ventanas o huecos en las paredes laterales de la pieza inyectada

Muelle de la corredera: es utilizado para asegurarse que el carro auxiliar se moverá a su posición original una vez que el molde es abierto.

Bebedero: es el elemento del molde que recibirá el fundido de la boquilla de inyección y lo dirigirá hacia la cavidad del molde. Este elemento es de vital importancia, ya que una geometría inadecuada o un cálculo de diámetro de orificio mal efectuado pueden hacer que el molde no sea rentable

Anillo de centrado: conocido también como anillo de retención. Sirve para centrar el molde en la platina fija de la máquina. También sirve para sujetar el bebedero.

Pieza: producto inyectado.

Pozo de bebedero: también conocido como pozo frío. Tiene la función de alojar el frente frío del fundido y evitar problemas de apariencia como diferencia de brillo en la pieza. También es utilizada para crear un negativo en la colada y romperla desde la boquilla de inyección una vez que ha solidificado la pieza, esto permite que la colada se quede en el lado móvil de la pieza para ser removida fácilmente por el operador o por el robot.

Centrador: cuando el molde se encuentra en operación muchas fuerzas actúan sobre las placas y cavidades de los moldes, creando el efecto de desplazamiento entre placas. Para evitar esto se utilizan elementos centradores, que ayudan a recuperar la alineación en cada ciclo de inyección.

Guía: elemento de guiado entre placas.

Casquillo de guía: elemento de desgaste para el frecuente deslizamiento del perno guía.

Adicional a estos en un molde de inyección también se encuentran:

Placa expulsora: estas hacen parte de los moldes de tipo de expulsión por placas, vienen acompañadas de una placa auxiliar con la cual se soportan los casquillos de

expulsión, está siempre debe deslizarse sobre guías, este deslizamiento o carrera de expulsado debe tener topes de parada para evitar que las guías se salgan de la placa.

Placa expulsora de rama: se encuentra en los moldes de tres placas con sistema de desmoldé por arranque, esta placa debe ir sobre guías.

Placa porta machos: tiene como función principal soportar y fijar los machos, es necesario que tenga canales para permitir el atemperado de los machos.

Placa intermedia: sirve como un complemento para la sujeción de los machos, es esta la que tiene los canales de atemperado, esta aguanta la fuerza de inyección que proyecta el área de la cavidad debiendo garantizar la estabilidad del sistema.

Placas distanciadoras: bloques que forman un puente entre la placa intermedia y la placa de fijación del lado de expulsión.

Placa superior porta expulsores: tienen como función posicionar y fijar los expulsores.

Placa guía de mordazas: son platinas que permiten el desplazamiento de las articulaciones o mordazas durante el desmolde, las medidas de estas dependen del diseño de cada molde.

Bloque de ajuste de articulaciones: es la pieza clave para el ajuste en el cierre de las articulaciones.

Placas de ajuste: son pequeñas placas que sirven para ajustar el molde en partes donde no sea exacto el cierre.

Placas de empuje: conecta el sistema expulsor al molde de la máquina.

Casquillo guía: asegura la alineación y el centrado de las dos mitades del molde.

Sistema de guiado auxiliar: está compuesto de columnas y casquillos para guiar las placas deslizantes como las expulsoras o cualquier otro elemento móvil que necesite de mucha precisión en el desplazamiento de su trabajo.

Sistema de centraje: su función es posicionar los elementos como el macho y la cavidad en los moldes.

Columna guía de articulación: descompone el movimiento de la apertura de la máquina para adicionar articulaciones o resaltes que puedan tener los moldes.

Anillo de centrado lado inyección: su función principal es garantiza el centrado del molde en todo el proceso ya que es necesario que todo este alineado durante el montaje y el proceso como tal.

Anillo de centrado lado expulsión: su función es ayudar con el centrado del molde.

Manguitos de centrado: pasadores del bloque del porta molde para rigidizar la soldadura.

Casquillo de masoreta o bebedero: elemento que se une con la boquilla de la inyección de la máquina y su función es conducir la masa caliente hacia la parte interior del molde para su posterior llenado.

Casquillo de retención de mazarota: desprende la mazarota del bebedero durante la carrera de apertura del molde.

Inserto cavidad: el grabado de la pieza se fabrica en forma de injertos en el molde.

Inserto macho: se hace para facilitar el mecanizado para facilitar el recambio y ajuste en caso de fallas.

Pin o varilla expulsora: es aquella que expulsa la pieza inyectada

