



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE
Y PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS EN EL DEPARTAMENTO DE
MONTAJE DE MOLDES PARA LA EMPRESA MEGAPLAST, S.A.**

Joel Edgardo Avila Castellanos

Asesorado por el MA Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, mayo de 2010.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF
DIE Y PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS EN EL DEPARTAMENTO
DE MONTAJE DE MOLDES PARA LA EMPRESA MEGAPLAST, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOEL EDGARDO AVILA CASTELLANOS
ASESORADO POR EL MA ING. JAIME HUMBERTO BATTEN
ESQUIVEL
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2010.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|---|
| DECANO | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos |
| VOCAL I | Inga. Glenda Patricia García Soria |
| VOCAL II | Inga. Alba Maritza Guerrero Espínola de López |
| VOCAL III | Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón |
| VOCAL IV | Br. Luis Pedro Ortiz de León |
| VOCAL V | Br. José Alfredo Ortiz Herincx |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas |

TIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

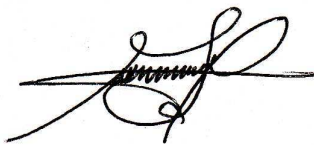
| | |
|------------|--|
| DECANO | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | MA Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel |
| EXAMINADOR | Inga. Sigrid Alitza Calderón de León |
| EXAMINADOR | Ing. César Ernesto Urquizú Rodas |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE
Y PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS EN EL DEPARTAMENTO DE
MONTAJE DE MOLDES PARA LA EMPRESA MEGAPLAST, S.A.,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 4 de marzo de 2009.



JOEL EDGARDO AVILA CASTELLANOS



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 09 de abril de 2010.
Ref.EPS.DOC.573.04.10.

Ingeniera
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Joel Edgardo Avila Castellanos**, Carné No. **200212326** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE Y PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS EN EL DEPARTAMENTO DE MONTAJE DE MOLDES PARA LA EMPRESA MEGAPLAST, S.A."**.

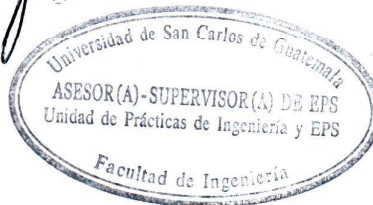
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 09 de abril de 2010.
Ref.EPS.D.283.04.10

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.


Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE Y PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS EN EL DEPARTAMENTO DE MONTAJE DE MOLDES PARA LA EMPRESA MEGAPLAST, S.A.”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Joel Edgardo Avila Castellanos** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra



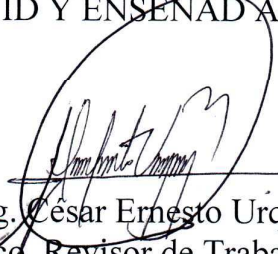
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE Y PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS EN EL DEPARTAMENTO DE MONTAJE DE MOLDES PARA LA EMPRESA MEGAPLAST, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Joel Edgardo Avila Castellanos**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑADA A TODOS



Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, abril de 2010.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación **titulado IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE Y PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS EN EL DEPARTAMENTO DE MONTAJE DE MOLDES PARA LA EMPRESA MEGAPLAST, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Joel Edgardo Avila Castellanos**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2010.

/mgp

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Posgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingenierías Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. Centros: de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Guatemala, Centro América



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE Y PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS EN EL DEPARTAMENTO DE MONTAJE DE MOLDES PARA LA EMPRESA MEGAPLAST, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Joel Edgardo Avila Castellanos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, mayo de 2010



AGRADECIMIENTOS A:

DIOS Por darme la oportunidad de finalizar este trabajo en la mejor etapa de mi vida, proporcionándome la sabiduría, fuerza y el entendimiento necesario.

MIS PADRES Joel Avila Bonilla
Maria Teresa Castellanos Pineda
Por darme la vida y educación todos estos años.

HERMANOS Hilmar Aroldo
Denis Orlando
Jairo Benjamin
Por apoyarme y brindarme su cariño.

ASESOR MA Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel, por su asesoría y colaboración en la realización de este trabajo de graduación.

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS Por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria.

AMIGOS Y COMPAÑEROS

ÍNDICE GENERAL

| | |
|------------------------------|-------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | IX |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | XV |
| GLOSARIO..... | XVII |
| RESUMEN..... | XXI |
| OBJETIVOS..... | XXIII |
| INTRODUCCIÓN..... | XXV |

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

| | |
|---------------------------------------|---|
| 1.1 Identificación de la empresa..... | 1 |
| 1.1.1 Reseña histórica..... | 1 |
| 1.1.2 Visión..... | 2 |
| 1.1.3 Misión..... | 2 |
| 1.1.4 Valores..... | 3 |
| 1.1.5 Estructura organizacional..... | 4 |
| 1.1.6 Ubicación..... | 6 |

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL (PASOS PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE)

| | |
|---|----|
| 2.1 Diagnóstico de situación actual..... | 9 |
| 2.1.1 Recolectar información del proceso de cambios de molde..... | 10 |
| 2.1.2 Información del personal de montaje de moldes..... | 13 |
| 2.1.3 Información del departamento de ventas y de producción..... | 20 |
| 2.1.4 Análisis del área de trabajo..... | 25 |
| 2.1.5 Análisis de la herramienta utilizada para cambio de moldes..... | 27 |
| 2.1.6 Tiempo utilizado para cambio de moldes en máquinas inyectoras para productos plásticos..... | 29 |
| 2.1.7 Herramientas de ingeniería..... | 34 |
| 2.1.7.1 Tormenta de ideas..... | 36 |
| 2.1.7.2 Diagrama de causa y efecto (Ishikawa)..... | 38 |
| 2.1.7.3 Diagrama de flujo..... | 42 |
| 2.1.8 Diseño de mapa de proceso..... | 54 |
| 2.1.9 Análisis de costos..... | 57 |
| 2.1.9.1 Costo de fabricación..... | 58 |
| 2.1.9.2 Materiales directos..... | 61 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 2.1.9.3 | Mano de obra directa..... | 62 |
| 2.1.9.4 | Costo indirecto..... | 63 |
| 2.2 | Propuesta de mejora..... | 65 |
| 2.2.1 | Estructura para implementar el sistema SMED..... | 65 |
| 2.2.1.1 | Recolectar información..... | 68 |
| 2.2.1.2 | Analizar la información recolectada..... | 71 |
| 2.2.1.3 | Establecer el tiempo estándar para cambio de moldes en máquinas inyectoras para productos plásticos..... | 74 |
| 2.2.1.4 | Elaboración de diagramas de operaciones, diagrama de flujo y diagrama de recorrido..... | 94 |
| 2.2.1.5 | Identificar las actividades internas y externas..... | 111 |
| 2.2.1.6 | Realizar un inventario de la herramienta..... | 112 |
| 2.2.2. | Convertir tareas internas en externas..... | 116 |
| 2.2.2.1 | Lista de actividades internas y externas..... | 117 |
| 2.2.2.2 | Cambiar actividades internas a externas..... | 119 |
| 2.2.2.3 | Reducir el tiempo improductivo..... | 120 |
| 2.2.2.4 | Metodología sistemática de cambio..... | 121 |
| 2.2.3 | Estudiar los métodos..... | 125 |
| 2.2.3.1 | Poner en práctica nuevas herramientas para realizar el trabajo de manera más simple..... | 126 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 2.2.3.2 | Identificar las piezas que se utilizan para acople, sujeción y centrado de moldes..... | 129 |
| 2.2.3.3 | Tener ordenados los accesorios necesarios para los cambios de molde en máquinas inyectoras para productos plásticos..... | 131 |
| 2.2.4 | Eliminación de ajustes..... | 132 |
| 2.2.4.1 | Utilizar memorias en las máquinas inyectoras..... | 134 |
| 2.2.4.2 | Tabla de temperaturas..... | 136 |
| 2.2.4.3 | Existencia de accesorios para cambios..... | 137 |
| 2.2.4.4 | Preparar lañas, tornillos y alzas..... | 138 |
| 2.2.4.5 | Inventario de las piezas necesarias para cambios.. | 139 |
| 2.2.4.6 | Utilizar elementos de sujeción rápida..... | 140 |
| 2.2.4.7 | Nuevas alternativas para conectar mangueras de agua..... | 142 |
| 2.2.5 | Control y registro..... | 143 |
| 2.2.5.1 | Programa semanal de cambio de moldes..... | 144 |
| 2.2.5.2 | Base de datos Excel de los cambio de moldes..... | 144 |
| 2.2.5.3 | Hojas de control mensual de paros de máquinas.. | 146 |
| 2.2.5.4 | Gráfica del tiempo muerto mensual..... | 147 |

| | |
|--|------------|
| 3. FASE DE INVESTIGACIÓN (PLANIFICACIÓN DE | 149 |
| CONTINGENCIAS EN EL DEPARTAMENTO DE MONTAJE | |
| DE MOLDES) | |
| 3.1 Plan de contingencia ante desastres..... | 149 |
| 3.1.1 Propósito del plan de evacuación y atención..... | 149 |
| 3.1.2 Fin principal del plan..... | 150 |
| 3.1.3 Objetivos del plan de evacuación y atención..... | 150 |
| 3.2 Descripción de funciones de los responsables y esquema | |
| de coordinación..... | 150 |
| 3.2.1 Funciones del responsable del plan..... | 151 |
| 3.2.2 Funciones del coordinador del plan..... | 151 |
| 3.2.3 Definición del puesto de mando..... | 152 |
| 3.2.4 Funciones del puesto de mando..... | 152 |
| 3.3 Activación del plan y alerta..... | 153 |
| 3.3.1 Sistema de alerta temprana..... | 153 |
| 3.3.2 Sistema de alerta..... | 153 |
| 3.3.3 Criterios de activación..... | 154 |
| 3.3.4 Interpretación de los niveles de alerta..... | 154 |
| 3.4 Pasos para la elaboración del sistema de evacuación..... | 155 |
| 3.4.1 Identificar los riesgos a los que se exponen | |
| las instalaciones..... | 156 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 3.4.2 | Riesgos dentro de las instalaciones..... | 156 |
| 3.4.3 | Identificación gráfica..... | 157 |
| 3.4.3.1 | Riesgos..... | 157 |
| 3.4.3.2 | Lugares seguros..... | 157 |
| 3.4.3.2 | Rutas de evacuación..... | 160 |
| 3.5 | Sub-comisiones de trabajo..... | 160 |
| 3.5.1 | Descripción..... | 160 |
| 3.5.2 | Propósito..... | 161 |
| 3.5.3 | Composición..... | 161 |
| 3.5.4 | Esquema organizacional del plan de evacuación y atención..... | 162 |
| 3.5.5 | Funciones generales de las sub-comisiones..... | 163 |
| 4. | FASE DE DOCENCIA (CAPACITAR AL PERSONAL SOBRE EL SMED Y PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS) | 169 |
| 4.1 | Planificar reuniones..... | 169 |
| 4.1.1 | Presentación..... | 170 |
| 4.1.2 | Avance del SMED y buscar nuevas ideas..... | 170 |
| 4.1.3 | Acciones correctivas..... | 170 |
| 4.2 | Programación de capacitaciones..... | 171 |
| 4.2.1 | El sistema SMED..... | 172 |
| 4.2.2 | Consecuencias del tiempo muerto..... | 173 |

| | | |
|-------|--|------------|
| 4.2.3 | Inspección para el plan de contingencia..... | 174 |
| 4.3 | Convertir el grupo de montaje en un equipo de trabajo..... | 188 |
| 4.3.1 | Formular objetivos..... | 189 |
| 4.3.2 | Creación de un ambiente solidario..... | 189 |
| 4.4 | Integración del equipo SMED-montaje..... | 189 |
| 4.4.1 | Responsabilidades del líder de equipo..... | 190 |
| 4.4.2 | Responsabilidades de los colaboradores..... | 191 |
| 4.4.3 | Asignación de responsabilidades..... | 192 |
| 4.5 | Medición de resultados..... | 192 |
| 4.5.1 | Examen teórico..... | 192 |
| 4.5.2 | Examen práctico..... | 193 |
| | CONCLUSIONES..... | 195 |
| | RECOMENDACIONES..... | 197 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 199 |
| | ANEXOS..... | 201 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Organigrama de la empresa | 4 |
| 2 | Ubicación de la empresa Megaplast, S.A. | 7 |
| 3 | Accionamiento eléctrico | 14 |
| 4 | Rieles y ruedas | 14 |
| 5 | Polipasto B2 | 15 |
| 6 | Polipasto B3 | 15 |
| 7 | Parte frontal carretilla | 16 |
| 8 | Parte trasera carretilla | 16 |
| 9 | Accesorios para cambio de moldes | 17 |
| 10 | Accesorios para cambio de moldes | 17 |
| 11 | Fabricación de botador | 18 |
| 12 | Cambios de molde realizados | 21 |
| 13 | Programa semanal para cambio de moldes | 24 |
| 14 | Bodega de moldes | 26 |
| 15 | Tormenta de ideas | 37 |
| 16 | Diagrama de causa y efecto (ishikawa) | 41 |
| 17 | Diagrama de flujo del proceso actual máquina A2 | 43 |
| 18 | Diagrama de flujo del proceso actual máquina A17 | 46 |

| | | |
|----|---|-----|
| 19 | Diagrama de flujo del proceso actual máquina C5 | 49 |
| 20 | Mapa de proceso (plano de las instalaciones) | 55 |
| 21 | Cronómetro digital para toma de tiempos | 69 |
| 22 | Diagrama de operaciones A2 | 95 |
| 23 | Diagrama de flujo del proceso A2 | 97 |
| 24 | Diagrama de flujo del proceso A17 | 100 |
| 25 | Diagrama de flujo del proceso C5 | 103 |
| 26 | Diagrama de recorrido máquina A2 | 106 |
| 27 | Diagrama de recorrido máquina A17 | 107 |
| 28 | Diagrama de recorrido máquina C5 | 108 |
| 29 | Tarimas para colocar moldes de inyección | 127 |
| 30 | Piezas de acople y sujeción de moldes | 130 |
| 31 | Alzas, tornillos, centradores y accesorios | 131 |
| 32 | Área de boquillas | 132 |
| 33 | Botador | 133 |
| 34 | Mantenimiento de moldes | 139 |
| 35 | Activación del electro-magneto al cambiar la dirección de los polos | 141 |
| 36 | Gráfica de tiempo muerto mensual | 148 |
| 37 | Bosquejo de lugares seguros | 159 |
| 38 | Organigrama del plan de contingencia | 162 |

| | | |
|----|---|-----|
| 39 | Tiempo de cambio de moldes | 173 |
| 40 | Área de cajas de cartón | 175 |
| 41 | Área de bolsas de basura | 176 |
| 42 | Escalera para subir materia prima | 177 |
| 43 | Rejilla en el piso | 182 |
| 44 | Piso en mal estado | 184 |
| 45 | Aceite en el piso | 185 |
| 46 | Salida de emergencia | 187 |
| 47 | Faltante de extintores | 188 |
| 48 | Examen práctico | 194 |
| 49 | Conexión de mangueras de agua | 194 |
| 50 | Guías de inspección para plan de contingencia | 201 |
| 51 | Rutas de evacuación | 205 |

TABLAS







| | | |
|-----|--|----|
| I | Accesorios para montar molde | 16 |
| II | Herramientas para modificar botadores | 19 |
| III | Participantes en reunión para cambio de moldes | 22 |
| IV | Herramienta que está en inventario | 27 |

| | | |
|-------|---|----|
| V | Clasificación de las máquinas inyectoras y tiempo de cambio actual | 30 |
| VI | Tiempo actual para cambio de moldes en máquinas A2 | 31 |
| VII | Tiempos de operaciones de cambio en máquinas Inyectoras A17 | 32 |
| VIII | Tiempos de operaciones de cambio en máquina C5 | 33 |
| IX | Hoja de registro | 35 |
| X | Costos de máquina apagada | 57 |
| XI | Precios de materias primas | 61 |
| XII | Costo directo | 62 |
| XIII | Costo indirecto | 63 |
| XIV | Costos indirectos individualizados | 64 |
| XV | Etapas del SMED | 65 |
| XVI | Consejos para cambios de actividades | 66 |
| XVII | Preguntas para eliminar operaciones | 67 |
| XVIII | Herramientas utilizadas para medir | 68 |
| XIX | Actividades comunes en un cambio de moldes | 70 |
| XX | Resumen de tiempos para cambio de moldes antes de aplicar el SMED | 72 |

| | | |
|--------|--|-----|
| XXI | Resumen de tiempos para cambio de moldes después de aplicar el SMED | 72 |
| XXII | Tiempo cronometrado del procedimiento para cambio de molde en la máquina inyectora A2 | 75 |
| XXIII | Tiempo cronometrado del procedimiento para cambio de molde en la máquina inyectora A17 | 76 |
| XXIV | Tiempo cronometrado del procedimiento para cambio de molde en la máquina inyectora C5 | 77 |
| XXV | Porcentaje de calificación de la actuación (CAV) | 85 |
| XXVI | Tiempo cronometrado | 87 |
| XXVII | Conversiones | 88 |
| XXVIII | Tiempo normal y estándar para cambio de molde en máquina inyectora A2 | 91 |
| XXIX | Tiempo normal y estándar para cambio de molde en máquina inyectora A17 | 92 |
| XXX | Tiempo estándar y normal para cambio de moldes en máquina inyectora C5 | 93 |
| XXXI | Lista de actividades internas y externas | 112 |
| XXXII | Herramienta a reponer | 113 |
| XXXIII | Herramienta sugerida para el departamento de montaje de moldes | 114 |

| | | |
|---------|--|-----|
| XXXIV | Actividades internas | 118 |
| XXXV | Actividades externas | 118 |
| XXXVI | Conversión de actividades internas a externas | 119 |
| XXXVII | Porcentaje de reducción del tiempo muerto para máquinas inyectoras | 120 |
| XXXVIII | Actividades de bajar el molde de inyección | 121 |
| XXXIX | Actividades después de bajar el molde | 123 |
| XL | Longitudes de los botadores | 133 |
| XLI | Temperaturas en máquina inyectora | 136 |
| XLII | Control de accesorios para cambio de moldes | 137 |
| XLIII | Accesorios para cambio de moldes | 139 |
| XLIV | Formato para tiempo de cambio | 143 |
| XLV | Base de datos | 145 |
| XLVI | Factores de paro en máquinas inyectoras | 146 |
| XLVII | Tiempo en horas de máquinas paradas debido a los factores indicados | 147 |
| XLVIII | Niveles de alerta | 155 |
| XLIX | Programa de capacitación | 206 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|---|------------------------------------|
| TC | Tiempo cronometrado |
| TN | Tiempo normal |
| TS | Tiempo estándar |
| CAV | Factor de calificación o actuación |
|  | Operación |
|  | Transporte |
|  | Inspección |
|  | Demora |
|  | Almacenaje |
|  | Actividad combinada |
| TP | Tiempo promedio |

GLOSARIO

| | |
|--------------------|--|
| Botador | Mecanismo cuya función es expulsar la pieza fuera de la cavidad del molde de inyección. |
| Centradores | Anillos metálicos de diferentes diámetros y espesores utilizados para centrar los moldes de inyección en la máquina inyectora. |
| Macho | Parte interna del molde que sirve para mantener el vaciado dentro de la pieza. |
| Hembra | Parte externa del molde que sirva para mantener la forma externa de la pieza. |
| Micros | Controles limitantes de carreras de cierre y apertura de moldes, envían y reciben señales por medio de pulsos eléctricos. |
| Molde | Cavidad con una forma concreta en la que se fuerza la entrada de material plástico. Después de enfriarse la pieza moldeada retiene la forma del molde. |

| | |
|----------------------------|--|
| Operación | Ocurre cuando un objeto está siendo modificado en sus características, se crea algo, se agrega algo o bien se está preparando para otra operación. |
| Racores | Piezas metálicas con dos roscas internas en sentido inverso, que sirven para unir tubos u otros perfiles cilíndricos. |
| Tiempo cronometrado | Tiempo que el operario está trabajando en la ejecución de la tarea encomendada y se mide con un reloj. |
| Tiempo estándar | Es el tiempo que necesita un trabajador calificado para ejecutar la tarea a medir, según un método definido |
| Tiempo normal | Es el tiempo que le toma a un empleado realizar las operaciones ya con la corrección de las diferencias motivadas por existir operarios con distintas habilidades en la ejecución de la misma tarea. |
| Tiempo muerto | Es el tiempo en que la máquina inyectora se encuentra apagada y no genera piezas terminadas. |

Tiempo de cambio

El tiempo transcurrido desde que se paró la máquina inyectora para cambiar el molde, hasta que se inicio la fabricación de los nuevos productos ya con el nuevo molde de inyección.

RESUMEN

Se presenta una breve descripción de la empresa Megaplast, S. A. dedicada a la fabricación de productos plásticos, dando a conocer su misión, visión y responsabilidades para con la sociedad guatemalteca.

En la fase técnico profesional se realiza un diagnóstico por medio de la recolección de información con la ayuda de las herramientas de ingeniería, como; tormenta de ideas, diagrama de causa y efecto, diagrama de flujo y mapa de proceso, para detectar el problema que ocasiona demasiado tiempo muerto en los cambios de moldes en máquinas inyectoras para productos plásticos. Se realiza un análisis de costos donde se muestra la cantidad de dinero que se pierde por tener una máquina parada.

Otro aspecto importante de la fase técnico profesional es que describe los pasos para la implementación del SMED, como propuesta de mejora dentro de la empresa, iniciando por la recolección de la información, el análisis de la misma y presentando soluciones que disminuyen considerablemente los problemas encontrados.

En la fase de investigación se presenta la planificación de contingencias para el departamento de montaje de moldes, dando la descripción de las funciones de los responsables y esquemas de coordinación, la activación del plan de alerta, pasos para la elaboración del sistema de evacuación y las funciones de las subcomisiones.

En la fase de docencia se capacita a los mecánicos del equipo de montaje de moldes con respecto a la técnica SMED y sobre sus beneficios de aplicación dentro de la empresa.

OBJETIVOS

General:

- Implementar el sistema single minute *exchange of die* y planificación de contingencias, en el departamento de montaje de moldes obteniendo así un incremento de la productividad.

Específicos:

1. Determinar los tiempos para preparación y cambios de molde en máquinas inyectoras para productos plásticos.
2. Reducir el tiempo muerto cuando sean necesarios los cambios de molde en máquinas inyectoras para productos plásticos.
3. Aumentar la productividad de la empresa mediante la simplificación de las actividades de cambios de molde en máquinas inyectoras para productos plásticos, obteniendo un mayor aprovechamiento de las horas hombre-máquina, y horas hombre.
4. Investigar los elementos que componen un plan de contingencia ante desastres.
5. A partir de coordinar diferentes actividades necesarias para el cambios de molde, mejorar el orden y limpieza en el área de trabajo.

INTRODUCCIÓN

En materia de productividad las empresas no se pueden dar el lujo de tener maquinaria improductiva, lo que significa que los cambios de molde, en el caso de máquinas inyectoras para productos plásticos, se tienen que realizar en el menor tiempo posible y al mismo tiempo la puesta en marcha tiene que tener el mínimo de retrasos. Es aquí donde las herramientas de la ingeniería de métodos ayudan a resolver ciertas deficiencias como, el establecimiento de un tiempo estándar para las operaciones, dejando así el camino abierto para la aplicación de nuevos métodos de montaje para molde como el *Single Exchange of Die* (Cambios de molde en menos de diez minutos). Lo que se pretende en el proyecto es aplicar este método y en base a ello disminuir considerablemente el tiempo para cambios de molde.

Un sistema SMED fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, posibilitando hacer lotes más pequeños de tamaño. Los procedimientos de cambios de molde se simplificaron usando los elementos más comunes o similares usados habitualmente. Con esto se pretende realizar menos operaciones desde que se inicia el proceso hasta que se finaliza y realizarlas de forma ordenada, se puede crear un procedimiento estándar cuando se conoce con anticipación las actividades que se realizarán, ello requiere del entrenamiento continuo del personal, la utilización de memoria para recordar los pasos de cada cambios de molde, y la construcción de un historial de actividades que puede ser utilizado como consulta en las primeras semanas de implementación del sistema. Se requiere que toda la herramienta a utilizar éste en el lugar correcto y en las condiciones óptimas, para evitar demoras.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 Identificación de la empresa

Se describe la evolución de la empresa, qué productos fabrica, cuál es la misión que posee, qué visión tiene. Se hablará de los valores que la han hecho crecer a lo largo de su trayectoria, la estructura organizacional y por último su ubicación. Todo esto con el fin de tener una panorámica amplia.

1.1.1 Reseña histórica

La empresa es uno de los representantes de plásticos de mayor prestigio en Guatemala, es reconocida actualmente en varios países centroamericanos y del caribe. Es líder a nivel guatemalteco en el procesamiento de plástico, al igual que por ser innovador en nuevos productos y diseños.

Inicia operaciones en Guatemala el 14 de noviembre de 1991. Empresarios llegan a Guatemala con el propósito de incursionar en la industria plástica, con el fin de contribuir al desarrollo y consecuentemente aportar su parte en la región Centroamericana. Empieza a producir y vende a nivel nacional tanto en la capital como en el interior de la república, en ese entonces el producto fue la silla Roma, Capri y las cestas para la recolección de vegetales, las cuales tuvieron muy buena aceptación en esa época. Actualmente estos artículos ya no se producen porque se tuvieron que innovar debido a las exigencias de los clientes, sin embargo la silla sigue siendo el producto líder.

Algo muy peculiar de los productos es que las sillas por lo general llevan nombres italianos y las cestas nombres guatemaltecos, como símbolo de la unión de ambas culturas.

La experiencia de los empresarios en diversos procesos de la industria plástica como extrusión de películas para empaques flexibles, termo formado, moldeo por inyección, junto con su equipo de trabajo hizo que subiera rápidamente el volumen de ventas generando un incremento de operaciones en el mercado. Conforme fue pasando el tiempo fue extendiendo su cobertura hasta traspasar las fronteras nacionales.

La empresa actualmente tiene una participación en el mercado guatemalteco con sus productos, y participa en las siguientes categorías:

- Industrial.
- Agrícola.

1.1.2 Visión

“Ser el mayor proveedor de artículos de plástico con estándares de calidad para la industria, el comercio y el hogar de toda la región Centro Americana y del Caribe, mediante la innovación de procesos y un excelente servicio a nuestros clientes”

1.1.3 Misión

“Ser una marca reconocida mundialmente de productos plásticos de calidad”

1.1.4 Valores

Es el conjunto de cualidades que presenta la empresa a los empleados para brindar un clima de trabajo agradable, contribuyendo al bienestar físico y social de cada miembro.

Integridad

Es el compromiso para obrar con honradez, rectitud y ética. Se busca permanentemente la posesión de todos los valores, la demostración constante de actitudes positivas, se aspira a la eficacia, a la calidad y a la perfección.

Responsabilidad

Todos los colaboradores, comprenden y asumen las consecuencias de sus decisiones y acciones, en el marco de sus respectivas funciones y atribuciones.

Respeto

Se considera, estima y reconoce el valor de las personas, guardando el debido respeto a los derechos de todas ellas tanto a quienes prestan sus servicios como a clientes que acuden a la empresa.

Confiabilidad

Es asegurarse de suministrar información veraz, controlar bien los procesos, honrar los compromisos, tener discreción y manejar los bienes ajenos con mucha prudencia.

Equidad

En la empresa todos los colaboradores tienen los mismos derechos y obligaciones sin discriminación alguna.

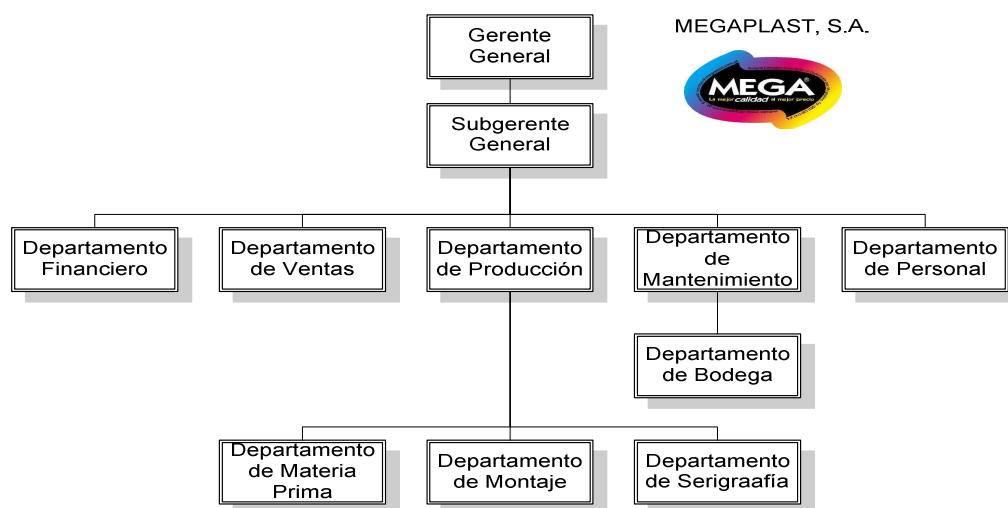
Responsabilidad social

Es el compromiso hacia todos los guatemaltecos por mantener un medio ambiente sano.

1.1.5 Estructura organizacional

La empresa está dividida en departamentos, los cuales tienen funciones específicas a su cargo. Se tiene una estructura vertical y en el organigrama se muestran las líneas de comunicación, autoridad y responsabilidad, entre los diferentes departamentos.

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: administración.

Departamento administrativo financiero

Realiza todas las actividades financieras y administrativas de la empresa. Está formado por las áreas de Contabilidad, Créditos y Administración.

Departamento de ventas

Organiza y planifica las ventas. El departamento se divide en ventas locales y ventas del exterior.

Departamento de mantenimiento

Es responsable de la reparación y mantenimiento de la maquinaria.

Departamento de montaje

Encargado de velar que en cada máquina se monten los moldes adecuados, así como también trabajar estrechamente con el operario para el mejor funcionamiento de la maquinaria, para obtener el producto deseado.

Departamento de producción

Realiza la fabricación de los productos, así como también es responsable de la calidad, presentación y empaque de los mismos.

Departamento de personal

Obtiene, desarrolla y conserva el número adecuado de trabajadores de la empresa. Su objetivo es suministrar a la empresa una fuerza laboral efectiva.

Departamento de serigrafía

Coloca los diferentes logotipos de nuestros clientes en los diversos productos que se fabrican.

Departamento de materia prima

Lleva un control adecuado para mantener siempre las existencias necesarias para la fabricación de los productos.

Departamento de bodega

Encargado de distribuir a todos los clientes los productos de manera cordial, rápida y satisfactoria.

1.1.4 Ubicación

La empresa está ubicada en el municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala, a la altura del kilómetro 16.5, ruta al pacífico. Cuenta con una extensión aproximada de 16,500 m² que incluye la planta de producción, bodega general de producto terminado, bodega de materia prima y pigmentación, así como las oficinas administrativas y el parqueo para visitantes. La figura 2 muestra la ubicación de la empresa desde una vista aérea, es fácil de localizar porque se encuentra sobre la carretera.

Figura 2. Ubicación de la empresa Megaplast. S.A.



Fuente: google earth.

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

2.1 Diagnóstico de situación actual

Este apartado se enfoca al proceso de cambio de moldes en máquinas inyectoras para productos plásticos. Al no contar con un manual de procedimientos para el cambio de moldes, es necesario hacer uso de la observación y anotar todo para describir lo que sucede.

En la estructura organizacional presentada en el apartado 1.1.5 (página 4), se indica que la empresa tiene varios departamentos. Los que influyen directamente en el cambio de moldes son: ventas, producción y montaje. Con el flujo de información y las relaciones existentes en estos tres departamentos se describirá el proceso actual.

Descripción del proceso de cambio de moldes

Se realiza una división en dos etapas, llamando a una de ellas administrativa y a la otra técnica.

Etapas administrativas

Está relacionada directamente con los trámites anteriores al cambio de los moldes en las máquinas inyectoras. Por ejemplo, cuando máquina se va a detener para realizar el cambio, se prevé la cantidad de piezas a producir, los colores de los materiales, entre otros.

En primer trámite, se realiza durante una reunión los días martes de cada semana a las 11:00 AM, aquí participan varios departamentos de la empresa, siendo el que más interesa al proyecto; el de producción. Se realiza la programación de cambios de moldes para una semana, indicando la fecha de cambio, qué producto se tiene en la máquina inyectora, cuál será el producto a fabricar y qué color de material se utilizará.

El segundo trámite, una persona es responsable de trasladar la programación de cambios al jefe de mecánicos del grupo de montaje, indicando en que máquinas inyectoras se realizará el cambio.

Etapas técnicas

Se nombra cambio de moldes al proceso que incluye todas las actividades realizadas para cambiar de un molde X a un molde Y, finalizando con la producción de un bien que cumple con las condiciones de conformidad deseadas.

En ésta se clasifica todo el trabajo realizado por los mecánicos del equipo de montaje de moldes y, por lo general, son identificadas en operaciones.

2.1.1 Recolectar información del proceso de cambios de molde

Esto se realiza por medio de la observación del proceso de cambio de moldes y las operaciones que se encuentran son las siguientes:

- Reunir a los mecánicos en la bodega de moldes, función realizada por el jefe de grupo.
- Informar a los mecánicos cuál es la máquina donde se realiza el cambio.
- Llevar las herramientas al lugar de trabajo (máquina inyectora designada), dentro de una carretilla metálica que contiene gavetas y una mordaza.
- Al estar funcionando la máquina donde se realiza el cambio, hay que esperar hasta obtener la cantidad a producir.
- Cumpliendo la cantidad a producir se procede a pasar a la siguiente actividad.
- Desalojar el área para realizar el cambio.
- Apagar la máquina inyectora.
- Desconectar circuitos eléctricos para no sufrir accidentes.
- Desconectar mangueras de alimentación de agua (sistema de enfriamiento del molde).
- Limpiar suciedad del molde.
- Aplicar grasa protectora al molde.
- Quitar botador (pieza que sirve como mecanismo de expulsión para el producto terminado).
- Cerrar las mordazas de la máquina inyectora, con el fin de sujetar el molde a bajar.
- Quitar alzas y lañas.

- Traer el equipo para bajar el molde (montacargas o bien polipasto eléctrico).
- Sujetar molde con cadenas al equipo (montacargas o polipasto gigante) para bajarlo.
- Abrir las mordazas de la máquina inyectora para bajar el molde.
- Bajar molde con el equipo, sobre una tarima de madera.
- Llevar el molde a la bodega de moldes, con el equipo utilizado (montacargas o polipasto gigante)
- Medir desplazamiento de mordazas con cinta métrica y ajustar carrera.
- Traer molde a subir desde la bodega de moldes hasta la máquina inyectora.
- Colocar botador (mecanismo de expulsión para el producto terminado).
- Colocar anillo centrador en el molde a subir.
- Sujetar molde a subir en el equipo utilizando (montacargas o polipasto gigante).
- Subir molde con el equipo (montacargas o polipasto gigante) utilizado.
- Centrar nuevo molde en máquina inyectora (en el caso de moldes cuadrados es necesario nivelarlos)
- Cerrar mordaza.
- Preparar lañas y alzas para el molde subido.
- Colocar y apretar mordazas en el mole subido.
- Abrir el molde subido.

- Limpiar grasa protectora del molde subido.
- Conectar mangueras para alimentación de agua en molde subido.
- Revisar fugas de agua.
- Revisar programación de la máquina inyectora.
- Empezar pruebas de inyección (termina hasta obtener la primera unidad conforme).

Con la información proveniente de observar el proceso de cambio de moldes en máquinas inyectoras se elabora el diagrama de flujo actual y su finalidad es encontrar los puntos críticos, dicho diagrama está incluido en el apartado 2.1.7.3 (página 43).

2.1.2 Información del personal de montaje de moldes

Se realizan preguntas directas a los empleados del departamento de montaje, con el fin de comprender más la función de cada equipo utilizado, describir la constitución de los mismos, así como las ventajas y algunos puntos críticos durante el uso.

Descripción del equipo utilizado

Incluye toda aquella herramienta indispensable para realizar el cambio de moldes.

Polipasto gigante

Está construido de vigas con sección en I, unido en ciertas partes con soldadura eléctrica, tiene uniones con tornillos de 1plg de diámetro, se mueve de un lugar a otro sobre rieles, la altura aproximada de la estructura es de 10 metros, y el accionamiento es eléctrico.

Figura 3. Accionamiento eléctrico Figura 4. Rueda y rieles



Fuente: propia.



Fuente: propia.

Actividades realizadas con el polipasto gigante

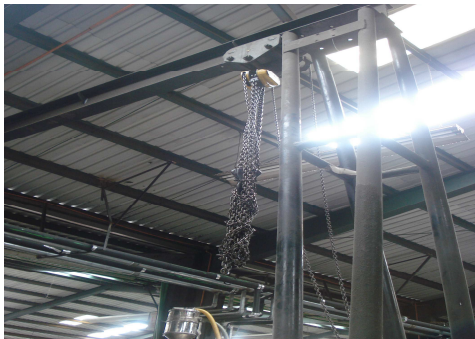
- Desalojar área por donde pasará el polipasto eléctrico, se refiere a que no debe haber ningún obstáculo o material sobre los rieles.
- Empujar polipasto eléctrico, se utiliza el monta-carga para realizar esta operación.
- Jalar el polipasto eléctrico, se usa una cadena y el monta-carga para realizar esta operación.

- En algunos casos es necesario mover el polipasto eléctrico con el molde en suspensión. Esta actividad es muy complicada, se realiza despacio ya que cualquier movimiento brusco puede generar un accidente.

Polipasto manual

Constituido por barras de acero, anclado al piso por medio de pernos, el mecanismo de accionamiento para levantar pesos es por cadena y se observa en las figuras siguientes.

Figura 5. Polipasto B2



Fuente: propia.

Figura 6. Polipasto B3



Fuente: propia.

Carretilla para transporte de moldes

Tiene aproximadamente 2.5 metros de largo y está construida de acero (vigas de sección 10 cm x 15 cm), con ruedas de 20 cm de diámetro.

Figura 7. Parte frontal carretilla



Fuente: propia.

Figura 8. Parte trasera carretilla



Fuente: propia.

La carretilla es robusta y resistente a grandes pesos, es utilizada para trasladar los moldes más pesados desde la máquina a la bodega de moldes o viceversa.

Accesorios necesarios

La finalidad de estos es anclar el molde a la máquina inyectora, así como permitir que el molde esté en las condiciones óptimas de funcionamiento una vez terminado el cambio. En la tabla I, se muestra la lista de accesorios utilizados con mayor frecuencia.

Tabla I. Accesorios para montar molde

| |
|---------------------|
| Tornillos |
| Lañas |
| Alzas |
| Boquillas |
| Anillos centradores |
| Botadores |

Fuente: propia.

Figura 9. Accesorios para cambio de moldes



Fuente: propia.

En la figuras 9 y 10, se muestran los accesorios que se utilizan para anclar los moldes a la máquina inyectora.

Figura 10. Accesorios para cambio de moldes



Fuente: propia.

La detección de los puntos críticos es el resultado de observar los elementos con que se cuenta en la bodega del departamento de montaje de moldes (tabla I, página 16 de este documento). Al realizar los cambios de moldes existen accesorios como los anillos centradores que no encajan correctamente y tienen que ser acomodados por medio de golpes con un martillo.

Puntos críticos

- Los accesorios que se tienen en bodega no son suficientes, en ocasiones o bien que se necesite un botador de un tamaño específico y no se cuente con él en el momento de realizar el cambio de moldes.
- Se tienen que fabricar lo más rápido posible los accesorios faltantes.

En la figura 11, el jefe de mecánicos, está adaptando la longitud de un botador pues no existía uno de la medida necesaria. Para ello utiliza la herramienta que se menciona en la tabla II.

Figura 11. Fabricación de botador



Fuente: propia.

Metodología para fabricar botador

- Medir las dimensiones del botador según sea la necesidad.
- Cortar las piezas a la medida, con la sierra de arco.
- Colocar la pieza cortada en la prensa (mordaza manual).
- Utilizar los alicates para sujetar la pieza y no sufrir quemaduras.
- Soldar los elementos de rosca para el botador, con la soldadora eléctrica y electrodos.

En la tabla II, se tiene la herramienta que se usa con frecuencia al modificar un botador en las máquinas inyectoras para productos plásticos.

Tabla II. Herramienta para modificar botadores

| |
|-------------------------|
| Soldadura eléctrica |
| Sierra de arco |
| Martillo |
| Electrodos |
| Cinta métrica |
| Alicates |
| Prensa (mordaza manual) |

Fuente: propia.

Soldadura eléctrica: utilizada para unir piezas de metales ferrosos.

Sierra de arco: para cortar piezas metálicas que en su mayoría son barras de acero.

Martillo: para quitar escorias de soldadura.

Cinta métrica: utilizada para comprobar la longitud deseada del botador fabricado o modificado según sea el caso.

Alicate: utilizado para sujetar las piezas cuando aún se encuentra caliente después de la soldadura.

Prensa (mordaza manual): sirve para sujetar el botador que se desea modificar o bien soldar.

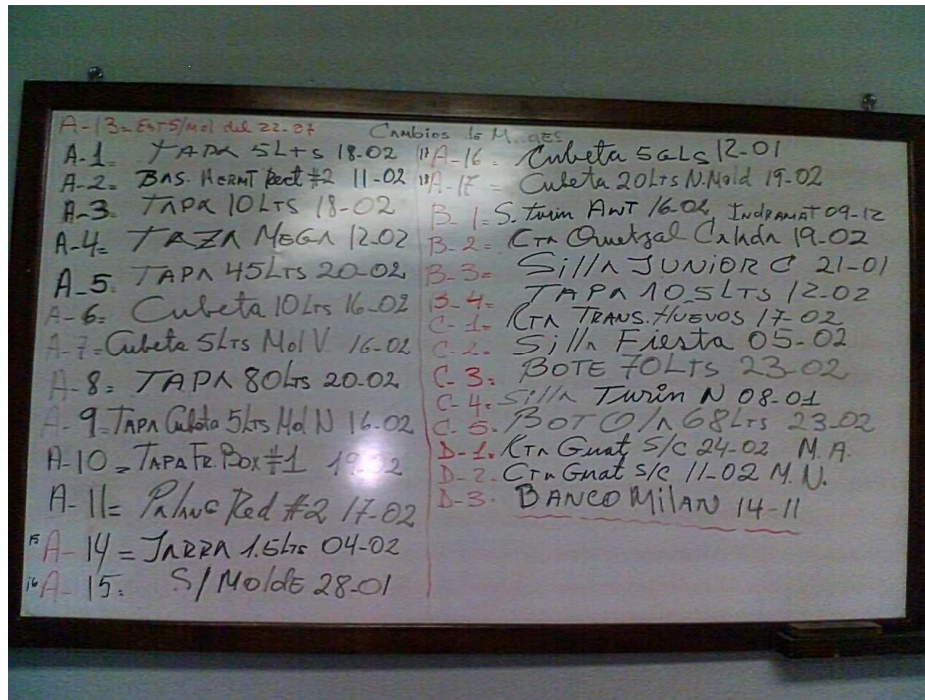
2.1.3 Información del departamento de ventas y producción

Reunión del departamento de ventas

De forma generalizada los productos son fabricados en base a los pedidos que el departamento de ventas propone, realizándose una reunión el primer día de cada semana, pero si existe un cliente especial se le da prioridad.

En el departamento de ventas existe un pizarrón donde se informa que molde está actualmente en las máquinas inyectoras con la finalidad de no quedar mal con los clientes.

Figura 12. Cambios de molde realizados



Fuente: propia.

La figura 12 es una fotografía tomada en el departamento de ventas, aquí se muestra qué molde existe en cada máquina inyectora para agilizar los trámites de ventas con los clientes cuando entra un pedido.

Puntos críticos

- Al darle prioridad a los clientes especiales se interrumpe la planeación establecida en la reunión.
- No se puede dar un tiempo exacto del cambio de moldes, debido a causas asignables al azar durante dicho cambio.

Reunión para cambio de moldes

Se realiza cada semana, aquí es donde se genera la programación para cambio de moldes a efectuarse durante la semana. Se verifican los colores a producir, la cantidad de piezas, y en que máquina inyectora se realizarán los cambios. Los departamentos que intervienen se presentan en la tabla III.

Tabla III. Participantes en reunión para cambio de moldes

| |
|--------------------------------|
| Recursos Humanos |
| Serigrafía |
| Despacho de producto terminado |
| Producción |
| Mantenimiento |
| Compras |

Fuente: propia.

Los aspectos a cumplir por cada departamento mostrado en la tabla III, se dan a continuación:

Recursos humanos: es encargado de contar con el personal adecuado y capacitado para cumplir con la carga de trabajo que se le sea asignado.

Serigrafía: realiza las impresiones en los productos que así lo requieran en el menor tiempo y con alta calidad.

Despacho de producto terminado: coordina las rutas para entrega de producto terminado en el menor tiempo y al más bajo costo.

Producción: mantiene un equilibrio entre la mano de obra, los insumos y el tiempo requerido para fabricar los productos plásticos.

Mantenimiento: mantener la maquinaria en perfectas condiciones para evitar retrasos en la producción debido a reparaciones de la misma.

Compras: tiene en existencia todos los repuestos necesarios para el buen funcionamiento de la maquinaria y prever, cuando sea necesario, la compra de más repuestos para evitar demoras.

Al concluir la reunión para cambio de moldes se obtiene el programa semanal de producción que incluye: número de registro para documentación, fecha de elaboración, máquinas de inyección clasificadas en función de la presión de sus mordazas (toneladas), clasificación de máquinas por código, molde actual, molde a subir, fecha de cambio, total a producir, código de colores a producir y una posible fecha posterior para nuevo cambio. En la figura 13, se muestra una copia del programa semanal de para cambio de moldes.

Figura 13. Programa semanal para cambio de moldes

| FIN DE SEMANA | | CAP. TON. | CODIGO | MOLDE | PROXIMO CAMBIO | FECHA CAMBIO | TOTAL A PRODUCIR | CODIGOS DE COLORES A PRODUCIR | PROXIMO CAMBIO | FECHA CAMBIO |
|---------------|--|-----------|--------|---------------------------|------------------------|--------------|------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------|
| | | 95T | A-1 | MINI-SILLA BAMBINO | SIGUE | | | | TAPA HERMETICO RECT. No. 1 | |
| | | 135 T | A-2 | TAPA 5 LITROS | SIGUE | | | | TAPA HERMETICO RED. No. 3 | |
| | | 190 T | A-3 | COLADOR ROSITA | SIGUE | | | | | |
| | | 350 T | A-4 | CUBETA 5 LITROS | SIGUE | | | | | |
| | | 400 T | A-5 | TAPA CERRADA 5 GALONES | TAPA 55 LITROS | | 13/NOV. | | TAPA 80 LITROS | |
| | | 360 T | A-6 | CUBETA 10 LITROS | SIGUE | | | | | |
| | | 250 T | A-7 | BAÑO DEDITOS | SIGUE | | | | | |
| | | 350 T | A-8 | BAÑO No. 28 | SIGUE | | | | | |
| | | 150 T | A-9 | BASE HERMETICO RED. No. 2 | SIGUE | | | | | |
| | | 150 T | A-10 | VASO OLA | SIGUE | | | | | AL 15/NOV. |
| | | 165 T | A-11 | PALANGANA REDONDA No. 1 | TAPONES MESA TURIN | | 13/NOV. | | | |
| | | 150 T | A-13 | | ESTACIONADA | | | | | |
| | | 200 T | A-14 | JARRA LACTHOSA | SIGUE | | | | TAPA PICHEL 4 LITROS | 15/NOV. |
| | | 400 T | A-15 | MACETERO FLORAL | SIGUE | | | | | |
| | | 550 T | A-16 | BAÑO No. 43 | SIGUE | | | | | |
| | | 550 T | A-17 | BAÑO No. 50 | SIGUE | | | | | |
| | | 1000 T | B-1 | SILLA RESPALDO VENECIA | RESPALDO TURIN ANTIGUA | 12/NOV. | | | | |
| | | 650 T | B-2 | PATAS TURIN | SIGUE | | | | | |
| | | 610 T | B-3 | GAVETA JUMBO | MARCO JUMBO | | 13/NOV. | | | |
| | | 650 T | B-4 | BAÑO No. 56 | SIGUE | | | | | |
| | | 800 T | C-1 | CESTA TECPAN | BAÑERA | | 14/NOV. | | | |
| | | 820 T | C-2 | BOTE 55 LITROS | CESTA MARIA CALADA | | 13/NOV. | | | |
| | | 1000 T | C-3 | BOTE 105 LITROS | SIGUE | | | | CESTA TRANSPORTE DE HUEVOS | |
| | | 1000 T | C-4 | CESTA TIKAL CERRADA | SILLA NAPOLI | 12/NOV. | | | | |
| | | 1000 T | C-5 | BOTE 80 LITROS | TABLERO TURIN | 12/NOV. | | | | AL 20/NOV. |
| | | 550 T | D-1 | BANCO MILAN | SIGUE | | | | | |
| | | 610 T | D-2 | C. GUATEMALA S/C | CESTA QUETZAL CALADA | 12/NOV. | | MESA JUNIOR | SILLA JUNIOR (PATO) | |
| | | 550 T | D-3 | BAÑO RANCHERO | SIGUE | | | | | |

BASE HERMETICO REDONDO 3 / TAPA FRIGO 2-A

PROGRAMACION DE LA PRODUCCION

Fuente: Empresa Megaplast, S.A.

2.1.4 Análisis del área de trabajo

Se refiere a un espacio físico, incluyendo todos aquellos lugares a los que tienen acceso los mecánicos del equipo de montaje de moldes.

Bodega del equipo de montaje

Está constituida por estantes, una mesa de trabajo en el centro, una mordaza en la mesa de trabajo, tiene una bodega interna. Su función principal es mantener un stock mínimo de accesorios y herramientas para el cambio de moldes.

Puntos críticos

- Cualquier persona tiene acceso a la bodega, y a utilizar piezas en ocasiones que son necesarias para el cambio. Ésto retrasa la cantidad a producir.
- Se cuenta con herramienta actual (ver tabla IV, página 27) y la cantidad de accesorios existentes necesarios para la realización de los cambios de molde no es suficiente ocasionalmente.

Bodega de moldes

La superficie de este lugar se encuentra deteriorada, tiene estantes para colocar los moldes y dejarlos ordenados, maximizando el espacio físico. Es el lugar donde se almacenan todos los moldes que posee la empresa, se encuentra ubicada al fondo del área de producción. En la figura 14, página 26, se puede apreciar mejor la bodega de moldes.

La finalidad es tener los moldes ordenados para ser utilizados en el momento que la empresa los necesite.

Figura 14. Bodega de moldes



Fuente: propia.

Los moldes de menor peso son almacenados en dos estantes para maximizar el espacio y los moldes de mayor peso se colocan directamente en el piso, sólo es necesario colocar trozos de madera debajo para no lastimar las entradas de los racores de agua.

Cuando es necesario bajar un molde de la estantería y éste se encuentra situado en la parte trasera, es necesario bajar primero los que se encuentran delante y el proceso puede ocasionar una demora. Los moldes se bajan con la ayuda del monta-carga.

Puntos críticos

- El piso de tránsito tiene demasiados agujeros y es difícil movilizarse con la carretilla de moldes por allí.
- Los moldes no están bien acomodados, debido a que se realizan cambios de lugar para despejar el paso de los monta cargas.

2.1.5 Análisis de la herramienta utilizada para cambio de moldes

Este consiste más bien en una inspección de la cantidad de herramienta que existe para realizar los cambios de moldes en las máquinas inyectoras, así como la revisión de la misma para detectar qué herramienta está en mal estado.

En el departamento de montaje de moldes se cuenta con una cantidad de herramientas básicas para realizar el trabajo dentro de las cuales se puede mencionar: llaves *allen*, llaves de cola, arcos de sierra, alicates, etc.

La herramienta mostrada en la tabla IV es utilizada para realizar el cambio de moldes en las máquinas inyectoras para plásticos, es importante que en todo momento esté limpia y en buen estado para no interrumpir las operaciones durante el proceso de cambio de moldes.

Tabla IV. Herramienta con que se cuenta

| Cantidad | Descripción |
|----------|--|
| 1 | Nivel: se usa para dar referencia a objetos con forma definida, por lo regular objetos planos. Nota: se encuentra en perfectas condiciones. |
| 1 | Vise grip: para sujetar piezas que necesitan bastante agarre. Nota: esta deteriorado y no sujeta con fuerza máxima. |

| | |
|---|---|
| 1 | <p>Juego de llaves cola y corona de 7 mm a 27 mm: utilizadas para apretar y aflojar tuercas y tornillos.</p> <p>Nota: los extremos de las llaves no tienen las mismas medidas debido al desgaste por deterioro.</p> |
| 1 | <p>Juego de llaves allen en pulgadas: utilizadas con mayor frecuencia en el mantenimiento de moldes.</p> <p>Nota: están torcidas y sus medidas deterioradas por desgaste.</p> |
| 1 | <p>Juego de llaves allen en milímetros: su mayor aplicación se da en el cambio de los micros.</p> <p>Nota: están deterioradas.</p> |
| 1 | <p>Masa de albañil de 1.5 libras: es utilizado con mayor frecuencia para colocar los anillos centradores.</p> <p>Nota: el brazo de la maza es muy corto.</p> |
| 1 | <p>Arco de sierra: utilizada para realizar pequeños cortes con piezas que estén sujetas en un banco o en trabajos de mantenimiento industrial.</p> <p>Nota: está en buenas condiciones.</p> |
| 1 | <p>Maza de goma: es un martillo de plástico que daña los materiales menos que los metálicos.</p> <p>Nota: no está uniforme, se encuentra deteriorada.</p> |
| 1 | <p>Llave estilson # 1: permite apretar o soltar las tuercas con gran apriete.</p> |
| 1 | <p>Juego de desarmadores (10 unidades): utilizados para conectar resistencias eléctricas y micros.</p> <p>Nota: se tienen en serie plana y Phillips pero están deformes sus dimensiones.</p> |
| 1 | <p>Alicate eléctrico: herramienta con forro aislante para evitar descargas eléctricas.</p> <p>Nota: condiciones aceptables para utilización.</p> |
| 1 | <p>Corta alambre eléctrico: herramienta para cortar cables de diferentes</p> |

| | |
|---|--|
| | <p>diámetros.</p> <p>Nota: los diámetros se encuentran alterados, no tiene filo.</p> |
| 1 | <p>Pinza eléctrica: herramienta para tener acceso a lugares profundos y tiene forro aislante para evitar descargas eléctricas.</p> <p>Nota: está en buenas condiciones de uso.</p> |
| 4 | <p>Pinzas para sacar seguros: para seguros redondos internos y externos.</p> <p>Nota: están en perfectas condiciones</p> |
| 1 | <p>Protector de ojos: utilizado cuando se trabaja y hay partículas suspendidas.</p> <p>Nota: El vidrio esta empañado y rayado, es difícil ver en estas condiciones.</p> |

Fuente: propia.

2.1.6 Tiempo utilizado para cambio de moldes en máquinas inyectoras para productos plásticos

Es el tiempo necesario para cambiar un molde en máquinas inyectoras para productos plásticos y está comprendido por el período transcurrido desde que se apaga la máquina para cambiar de un molde X a un molde Y.

La clasificación de las máquinas se realiza en función de la capacidad para soportar moldes, es así como se aprecia en la tabla V.

Tabla V. Clasificación de las máquinas inyectoras y tiempo de cambio actual

| MÁQUINA | TAMAÑO | TIEMPO DE CAMBIO |
|----------------|---------------|-------------------------|
| A2 | Pequeño | 2 horas o más |
| A17 | Mediano | 3 horas o más |
| C5 | Grande | 4 horas o más |

Fuete: propia.

Los puntos críticos se encuentran al observar la cantidad de operaciones realizadas para el cambio de moldes en las máquinas inyectoras, también son el resultado de analizar el orden en que los mecánicos del grupo de montaje realizan las operaciones.

Puntos críticos

- Existe una variación en la cantidad de operaciones que realizan los mecánicos del departamento de montaje.
- No se cuenta con un orden específico para realizar las operaciones.

El tiempo en minutos que se recopila es función de la cantidad de operaciones y según la máquina en estudio es el siguiente:

Tabla VI. Tiempo actual para cambio de moldes en máquina A2

| No. | Elementos | Ciclos (tiempo en minutos) | | | | |
|-----|---|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | TP |
| 1 | Apagar la máquina inyectora | 8.25 | 8.89 | 6.25 | 8.55 | 7.99 |
| 2 | Despejar el área de trabajo | 5.25 | 4.25 | 6.25 | 6.02 | 5.44 |
| 3 | Llevar la herramienta al área de trabajo | 4.02 | 3.25 | 5.25 | 4.25 | 4.19 |
| 4 | Abrir mordazas de máquina inyectora | 1.93 | 1.95 | 1.92 | 1.96 | 1.94 |
| 5 | Quitar mangueras de agua | 10.25 | 9.65 | 8.55 | 6.75 | 8.80 |
| 6 | Cerrar mordazas de máquina inyectora | 1.9 | 1.95 | 1.92 | 1.93 | 1.93 |
| 7 | Quitar alzas y lañas | 10.25 | 11.25 | 10.56 | 11.21 | 10.82 |
| 8 | Sujetar molde de inyección a bajar en monta-carga | 8.25 | 8.3 | 8.65 | 8.9 | 8.53 |
| 9 | Abrir mordazas de máquina inyectora | 0.14 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.14 |
| 10 | Bajar molde de inyección actual | 3.25 | 4.25 | 3.25 | 4.25 | 3.75 |
| 11 | Llevar molde actual de inyección a bodega de moldes | 5.25 | 5.26 | 5.02 | 4.98 | 5.13 |
| 12 | Traer nuevo molde al área de trabajo | 5.24 | 4.96 | 5.24 | 5.02 | 5.12 |
| 13 | Subir nuevo molde en máquina inyectora | 0.35 | 0.32 | 0.33 | 0.3 | 0.33 |
| 14 | Nivelar molde de inyección | 2.25 | 2.36 | 2.6 | 2.52 | 2.43 |
| 15 | Cerrar mordazas de máquina inyectora | 0.45 | 0.4 | 0.44 | 0.42 | 0.43 |
| 16 | Colocar alzas y lañas en nuevo molde | 4.25 | 4.22 | 4.25 | 4.26 | 4.25 |
| 17 | Apretar alzas y lañas en nuevo molde | 12.25 | 12.4 | 12.35 | 12.65 | 12.42 |
| 18 | Abrir mordazas de máquina inyectora | 1.25 | 1.2 | 1.23 | 1.2 | 1.22 |
| 19 | Colocar botador | 5.25 | 5.36 | 5.36 | 5.38 | 5.34 |
| 20 | Conectar mangueras de agua | 11.25 | 12.5 | 12.02 | 11.25 | 11.72 |
| 21 | Colocar cintas | 1.06 | 1.08 | 1.09 | 1.1 | 1.08 |
| 22 | Pruebas de inyección | 10.25 | 10.36 | 10.15 | 10.65 | 10.35 |
| | Tiempo Total | 112.59 | 114.31 | 112.82 | 113.68 | 113.34 |

Fuente: propia.

Tabla VII. Tiempo de operaciones de cambio en máquina A17

| No. | Elementos | Ciclos (tiempo en minutos) | | | | | |
|-----|---|----------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | TP |
| 1 | Apagar la máquina inyectora | 4.25 | 4.33 | 4.24 | 3.95 | 4.56 | 4.27 |
| 2 | Desalojar el área de trabajo | 10.85 | 10.65 | 10.86 | 10.24 | 10.95 | 10.71 |
| 3 | Traer la herramienta al área de trabajo | 6.55 | 6.85 | 6.4 | 5.99 | 6.01 | 6.36 |
| 4 | Abrir molde de inyección | 1.05 | 1.09 | 1.04 | 1.03 | 1.05 | 1.05 |
| 5 | Quitar mangueras de agua | 12.25 | 12.36 | 12.85 | 11.98 | 12.66 | 12.42 |
| 6 | Cerrar molde de inyección | 1.04 | 1.06 | 1.05 | 1.08 | 1.09 | 1.06 |
| 7 | Quitar botador | 8.25 | 8.66 | 8.35 | 8.99 | 10 | 8.85 |
| 8 | Sujetar molde de inyección a bajar en monta-carga | 2.15 | 2.66 | 1.99 | 3 | 1.02 | 2.16 |
| 9 | Abrir mordazas de máquina inyectora | 0.35 | 0.4 | 0.33 | 0.32 | 0.33 | 0.35 |
| 10 | Bajar molde de inyección actual | 4.25 | 4.65 | 4.22 | 4.01 | 4.88 | 4.40 |
| 11 | Colocar molde de inyección actual en tarima | 4.25 | 4.65 | 4.32 | 4.21 | 4.01 | 4.29 |
| 12 | Llevar molde de inyección actual a bodega | 10.25 | 10.32 | 10.25 | 9.65 | 10.98 | 10.29 |
| 13 | Traer molde de inyección a subir de bodega | 10.45 | 10.85 | 11.65 | 12.32 | 11.01 | 11.26 |
| 14 | Subir molde de inyección | 3.25 | 3.45 | 3.66 | 3.88 | 3.95 | 3.64 |
| 15 | Nivelar molde de inyección | 0.45 | 0.4 | 0.43 | 0.42 | 0.44 | 0.43 |
| 16 | Cerrar mordazas de máquina inyectora | 0.71 | 0.66 | 0.68 | 0.71 | 0.68 | 0.69 |
| 17 | Soltar molde del monta-carga | 0.15 | 0.14 | 0.16 | 0.13 | 0.14 | 0.14 |
| 18 | Retirar monta-carga de máquina inyectora | 2.25 | 2.66 | 2.44 | 2.85 | 3.05 | 2.65 |
| 19 | Apretar alzas y lañas | 18.25 | 18.65 | 18.32 | 18.45 | 18.62 | 18.46 |
| 20 | Colocar botador | 10.25 | 10.11 | 10.65 | 10.32 | 10.25 | 10.32 |
| 21 | Conectar mangueras de agua | 19.22 | 19.45 | 16.65 | 18.65 | 19.25 | 18.64 |
| 22 | Colocar cintas en mangueras de agua | 3.26 | 3.44 | 3.85 | 3.66 | 3.85 | 3.61 |
| 23 | Pruebas de inyección | 8.45 | 8.42 | 8.32 | 8.65 | 8.45 | 8.46 |
| | Tiempo Total | 142.2 | 145.91 | 142.71 | 144.49 | 147.2 | 144.50 |

Fuente: propia.

La información presentada en las tablas VI, VII y VIII, muestra el tiempo actual que se utiliza para diferentes operaciones. El equipo de montaje al no tener un orden específico para realizar las operaciones y no contar con un procedimiento establecido realiza cada una en total desorden.

El tiempo total de cambio de moldes, depende del número de operaciones, así como del tamaño de la máquina inyectora que se trabaje, lo cual se encuentra escrito en la tabla V, página 30.

Tabla VIII. Tiempo de operaciones de cambio en máquina C5

| No. | Elementos | Ciclos (tiempo en minutos) | | | | |
|-----|--|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | TP |
| 1 | Llevar la herramienta al lugar de trabajo | 10.00 | 11.25 | 10.25 | 15.26 | 11.69 |
| 2 | Esperar la cantidad a producir | 10.25 | 10.25 | 10.15 | 10.36 | 10.25 |
| 3 | Desalojar el área de trabajo | 10.56 | 10.15 | 11.26 | 11.27 | 10.81 |
| 4 | Apagar la máquina inyectora | 3.25 | 4.25 | 3.26 | 5.02 | 3.95 |
| 5 | Desconectar los circuitos eléctricos | 7.50 | 7.85 | 8.95 | 6.55 | 7.71 |
| 6 | Desconectar mangueras de alimentación de agua | 21.22 | 22.24 | 19.25 | 22.34 | 21.26 |
| 7 | Limpiar molde de inyección | 8.25 | 8.35 | 7.55 | 6.25 | 7.60 |
| 8 | Aplicar grasa protectora | 5.25 | 6.22 | 4.65 | 4.35 | 5.12 |
| 9 | Quitar grasa protectora | 4.95 | 4.85 | 4.96 | 4.85 | 4.90 |
| 10 | Quitar botador | 5.25 | 5.36 | 6.25 | 6.33 | 5.80 |
| 11 | Cerrar mordazas de máquina inyectora | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 0.71 | 0.67 |
| 12 | Quitar alzas y lañas | 16.25 | 16.35 | 16.45 | 16.25 | 16.33 |
| 13 | Traer equipo para bajar molde de inyección | 5.25 | 5.36 | 5.24 | 5.24 | 5.27 |
| 14 | Sujetar molde con cadenas | 4.55 | 4.52 | 4.96 | 4.86 | 4.72 |
| 15 | Abrir mordazas de máquina inyectora | 0.72 | 0.70 | 0.69 | 0.70 | 0.70 |
| 16 | Bajar molde de inyección | 2.15 | 2.25 | 2.20 | 2.18 | 2.20 |
| 17 | Llevar molde de inyección a bodega de moldes | 6.36 | 6.44 | 6.22 | 6.24 | 6.32 |
| 18 | Medir desplazamientos de mordazas en máquina inyectora | 1.38 | 1.45 | 1.55 | 1.44 | 1.46 |
| 19 | Traer molde de inyección a bodega de moldes | 6.24 | 6.26 | 6.44 | 6.35 | 6.32 |
| 20 | Colocar botador | 6.25 | 6.35 | 6.85 | 6.25 | 6.43 |
| 21 | Colocar anillo centrador | 6.55 | 6.36 | 6.85 | 6.95 | 6.68 |
| 22 | Sujetar molde de inyección | 4.25 | 4.29 | 4.85 | 4.95 | 4.59 |
| 23 | Subir molde de inyección | 3.15 | 3.14 | 3.21 | 3.16 | 3.17 |
| 24 | Centrar molde de inyección en máquina inyectora | 4.25 | 4.95 | 5.25 | 6.35 | 5.20 |
| 25 | Cerrar mordaza | 0.70 | 0.69 | 0.71 | 0.72 | 0.71 |
| 26 | Preparar alzas y lañas | 8.25 | 8.56 | 8.25 | 8.36 | 8.36 |
| 27 | Apretar alzas y lañas | 22.25 | 19.35 | 19.15 | 19.99 | 20.19 |
| 28 | Abrir molde subido | 0.70 | 0.69 | 0.70 | 0.71 | 0.70 |
| 29 | Quitar grasa protectora | 5.25 | 5.36 | 5.25 | 5.22 | 5.27 |
| 30 | Conectar mangueras para alimentación de agua | 18.25 | 19.25 | 18.36 | 17.25 | 18.28 |
| 31 | Revisar fugas de agua | 4.25 | 4.20 | 4.23 | 4.35 | 4.26 |
| 32 | Revisar programación en máquina inyectora | 10.25 | 10.36 | 10.45 | 10.85 | 10.48 |
| 33 | Pruebas de inyección | 15.25 | 16.25 | 16.25 | 14.25 | 15.50 |
| | Tiempo total de las operaciones | 239.68 | 244.55 | 241.24 | 245.91 | 242.34 |

Fuente: propia.

2.1.7 Herramientas de ingeniería

En este apartado se utilizan diferentes métodos para describir y analizar el proceso de cambios de moldes con la finalidad de encontrar una solución a los problemas que se tienen actualmente.

Lo primero a utilizar es la tormenta de ideas. Ésta consiste en un trabajo grupal donde se generan ideas en un ambiente relajado, teniendo como regla principal aplazar el juicio y recibir todas las sugerencias. En este tipo de herramienta sobresale la imaginación, inventiva y creatividad de los participantes.

En segundo lugar utilizar el diagrama de causa y efecto. Se tiene que identificar correctamente el problema a resolver, clasificar las categorías principales que dan origen al problema, identificar las causas del problema y analizar con discusiones el diagrama generado.


Como tercera ayuda utilizar el diagrama de flujo. Tiene como finalidad describir el proceso de cambio de moldes dando una secuencia de los pasos que intervienen en el mismo, utilizando diferente simbología, en este se muestran las operaciones y los tiempos de cada una de ellas.

Por último hacer uso del mapa de proceso. Sirve para describir e identificar todos los elementos dispersos del proceso de cambio de moldes y ordenarlos con la finalidad de su mejor comprensión.

Para recolectar la información se utiliza la hoja de registro, en la cual se reúne la información de acuerdo a las diferentes categorías (causas), mediante la anotación y registro de sus frecuencias de datos. Una vez que se ha establecido el fenómeno que se quiere e identificadas las categorías que lo caracterizan, se registran éstas en una hoja indicando la frecuencia de observación.

En la tabla IX, se muestra un ejemplo de hoja de registro utilizado para determinar cuales son las ideas más relevantes para el análisis.

Tabla IX. Hoja de registro

| HOJA DE REGISTRO PARA CAUSAS DEL TIEMPO MUERTO EN MÁQUINAS INYECTORAS | | |
|---|------------------------------------|----------------------------|
|  | | |
| Causas | Tiempo perdido (aproximado) | Ponderación (0 a10) |
| La materia prima no llega luego | 10 minutos | 1 |
| Materia prima húmeda | 6 minutos | 2 |
| Área de trabajo sucia y desordenada | 6 minutos | 2 |
| No están marcadas las salidas y entradas de agua | 25 minutos | 10 |
| Falta de organización | 18 minutos | 7 |

Fuente: Propia.

2.1.7.1 Tormenta de ideas

También llamada lluvia de ideas, en ésta los grupos generan tantas ideas como sea posible en un período muy breve de tiempo aprovechando el entusiasmo y la creatividad del grupo.

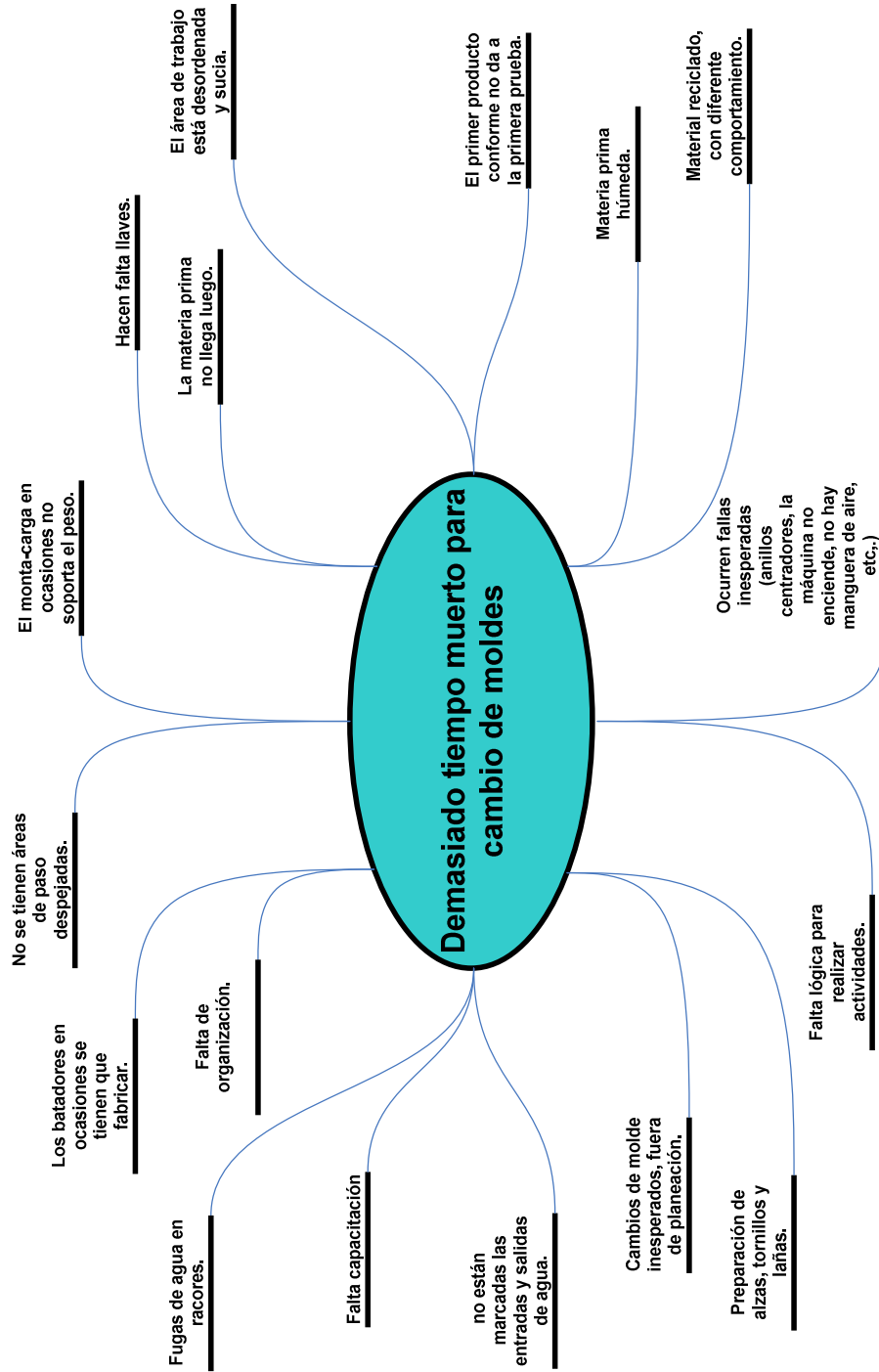
Utilizada para la toma de decisiones, y obtener el enfoque directo sobre los componentes que intervienen en el problema o situación a resolver.

Es útil cuando se necesita generar ideas sobre el problema a resolver, pero es conveniente tomar en cuenta las siguientes reglas:

- No analizar las ideas durante la lluvia de ideas.
- No se permite criticar la idea de otra persona.
- Se aceptan todas las ideas.
- Aprovechar las ideas de otras personas para basarse en ellas.
- La cantidad de ideas es importante.

A través de la discusión generada, llegar a un consenso para la decisión que se debe tomar en la programación de las ideas.

Figura 15. Tormenta de ideas



Fuente: propia.

2.1.7.2 Diagrama de causa y efecto

Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, se utiliza para identificar las causas de un problema específico. La naturaleza del diagrama permite que grupos numerosos organicen grandes cantidades de información sobre un problema y determinar exactamente las posibles causas. Este diagrama se tiene que utilizar cuando se pueda contestar una o las preguntas siguientes:

- ¿Es necesario identificar las causas principales de un problema?
- ¿Existen ideas y opiniones sobre las causas de un problema?

Las personas tienen que conocer perfectamente el proceso, luego de ello se tiene que definir bien el problema, así las personas involucradas tendrán una idea acertada de qué factores pueden influir en el diagrama. Al estar bien definido, el diagrama de causa y efecto sirve como vínculo para ayudar a los equipos a tener una concepción común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones requeridas a cualquier nivel de detalle.

Metodología de causas primarias y secundarias

En el proceso de cambio de moldes, en máquinas inyectoras para productos plásticos, se encuentra que las causas primarias tienen relación con el tiempo utilizado para el cambio. Después de ello se analizan para ver que causas secundarias generan, colocando los puntos críticos. La información obtenida es la siguiente:

Mano de obra: para el buen funcionamiento de las organizaciones se tiene que contar con el personal adecuado y capacitado en los aspectos que requiera el puesto.

Punto crítico: falta de capacitación, cansancio físico y falta de lógica para realizar las actividades.

Maquinaria y equipo: es necesario tener ésta en buenas condiciones de funcionamiento, ordenada y limpia.

Punto crítico: falta de maquinaria, fallas inesperadas y monta cargas que no soporta el peso total.

Medio ambiente: refiriéndose al entorno físico donde se lleva a cabo el proceso de cambio de moldes, tiene que estar en óptimas condiciones los pisos y áreas de paso.

Punto crítico: áreas de trabajo sucias y desordenadas, áreas de paso no despejadas.

Materia prima: relacionado con la materia utilizada para la fabricación de los productos plásticos, al iniciar las pruebas de inyección esta tiene que estar en el lugar adecuado y con buenas condiciones de calidad.

Punto crítico: la materia prima no está a tiempo en el lugar correcto, materiales reciclados no se comportan bien al ser procesados y existe humedad en el material.

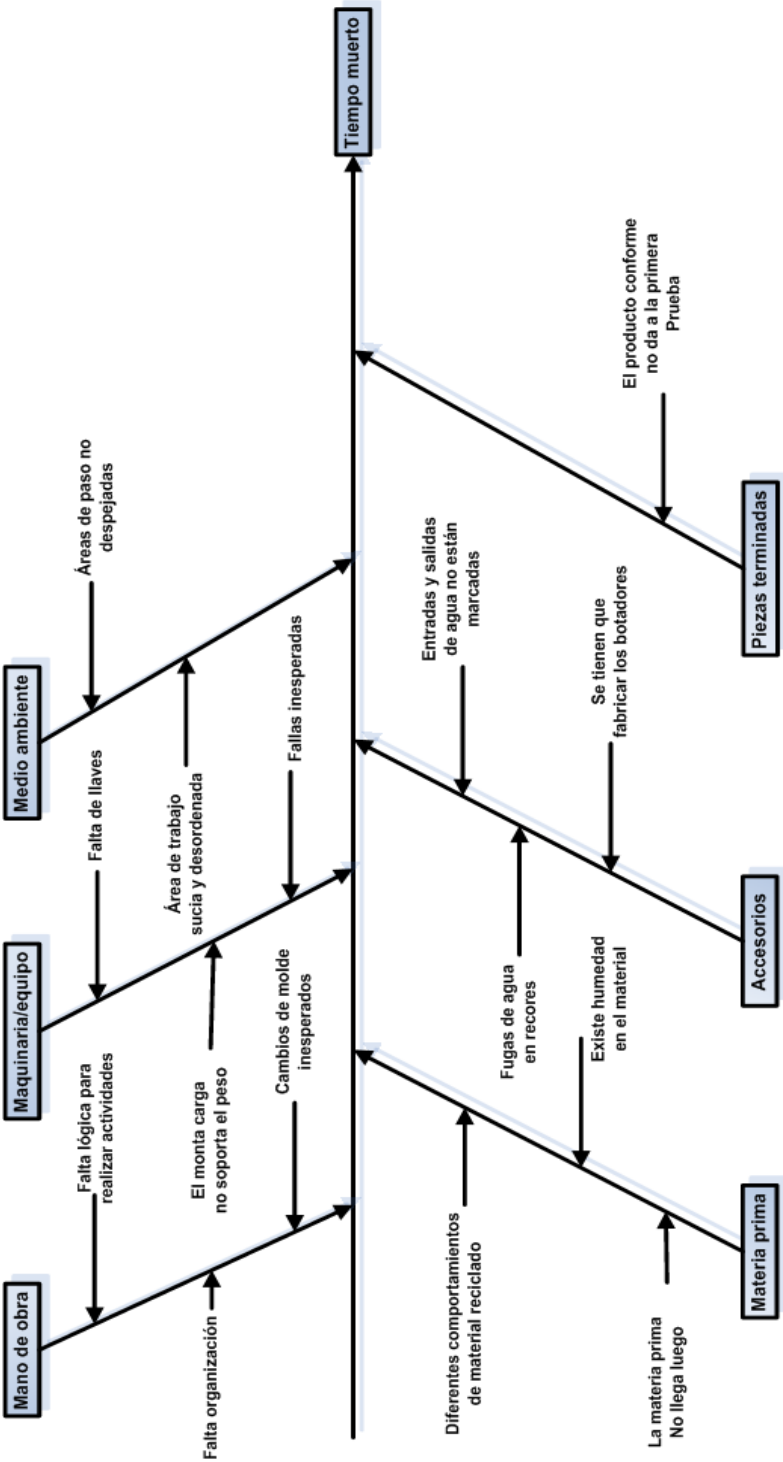
Accesorios: todos los implementos necesarios para sujetar el molde como; alzas, tornillos, botadores y anillos centradores. Así como los acoples del tipo hembra y macho para las mangueras de enfriamiento tienen que estar en perfectas condiciones.

Punto crítico: se tienen que fabricar los botadores, existen fugas de agua en acoples hembra y machos, las entradas de agua no están identificadas.

Piezas terminadas: relacionado con las piezas obtenidas en las condiciones adecuadas de calidad.

Punto crítico: las piezas terminadas no salen con las características de calidad deseadas en el primer intento.

Figura 16. Diagrama de causa y efecto (Ishikawa)



Fuente: propia.

2.1.7.3 Diagrama de flujo

Utilizar los símbolos gráficos del diagrama para dar a conocer la situación actual del proceso de cambio de moldes, mostrando sus distintos pasos y la interacción entre ellos.

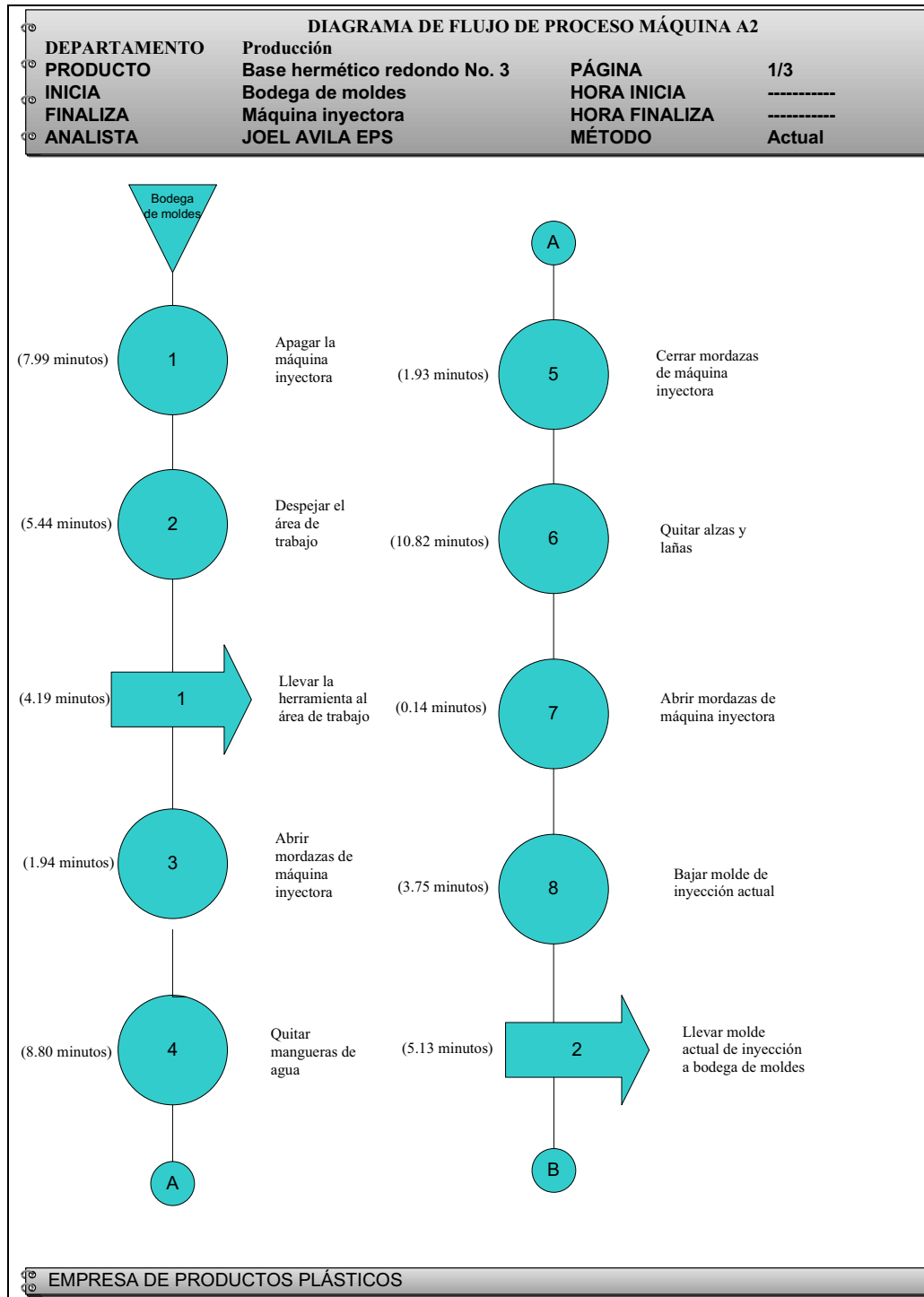
Las operaciones del cambio de moldes en las máquinas inyectoras para productos plásticos, se realizan sin un orden específico y algunas de ellas se pueden realizar de forma sistemática.

En las figuras 17, 18 y 19, se muestra los diagramas del proceso actual y en la página 112 hay un resumen que muestra una confrontación de las operaciones actuales y las mejoradas indicando que sucede.

Ventajas del diagrama de flujo

- Favorece la comprensión del proceso mostrándolo como un dibujo ya que el cerebro humano lo reconoce más fácilmente.
- Permite identificar problemas y la oportunidad de mejora del proceso, se encuentra los pasos redundantes, los conflictos de autoridad, las responsabilidades, los cuellos de botella y los puntos de decisión.

Figura 17. Diagrama de flujo de proceso actual máquina A2



| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO MÁQUINA A2 | | | |
|---|------------------------------|---------------|--------|
| DEPARTAMENTO | Producción | PÁGINA | 2/3 |
| PRODUCTO | Base hermético redondo No. 3 | HORA INICIA | ----- |
| INICIA | Bodega de moldes | HORA FINALIZA | ----- |
| FINALIZA | Máquina inyectora | MÉTODO | Actual |
| ANALISTA | JOEL AVILA EPS | | |

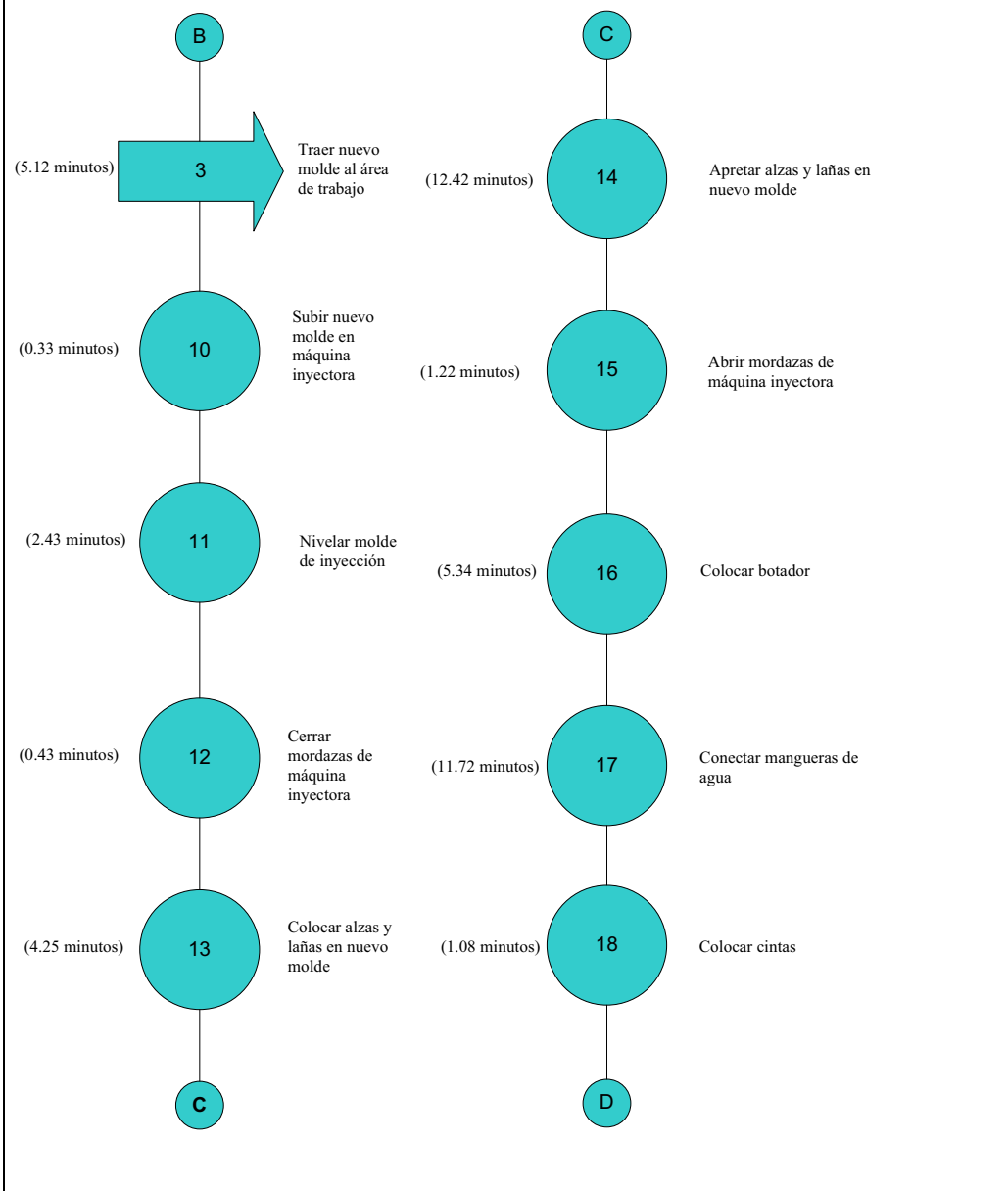
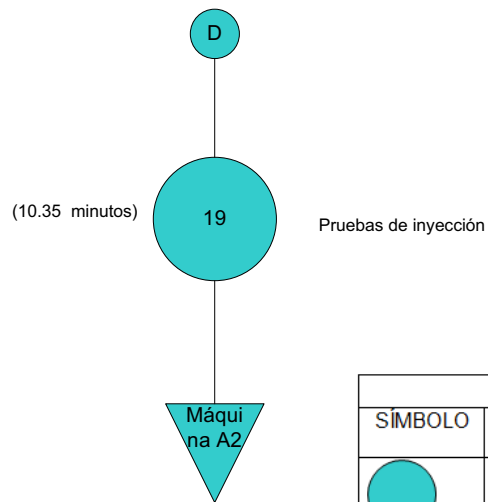





DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO MÁQUINA A2

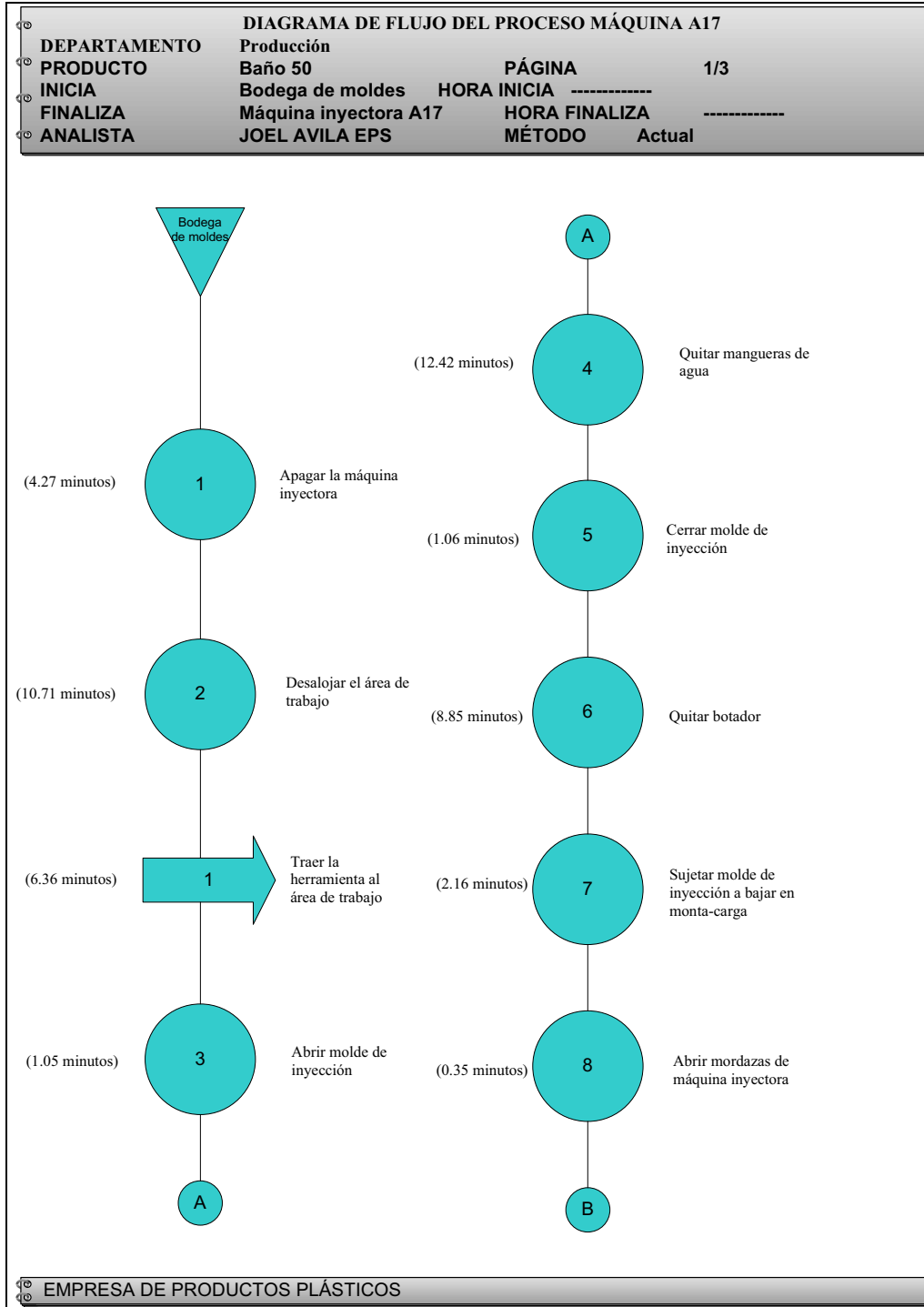
| | | | |
|--------------|------------------------------|---------------|--------|
| DEPARTAMENTO | Producción | PÁGINA | 3/3 |
| PRODUCTO | Base hermético redondo No. 3 | HORA INICIA | ----- |
| INICIA | Bodega de moldes | HORA FINALIZA | ----- |
| FINALIZA | Máquina inyectora | MÉTODO | Actual |
| ANALISTA | JOEL AVILA EPS | | |

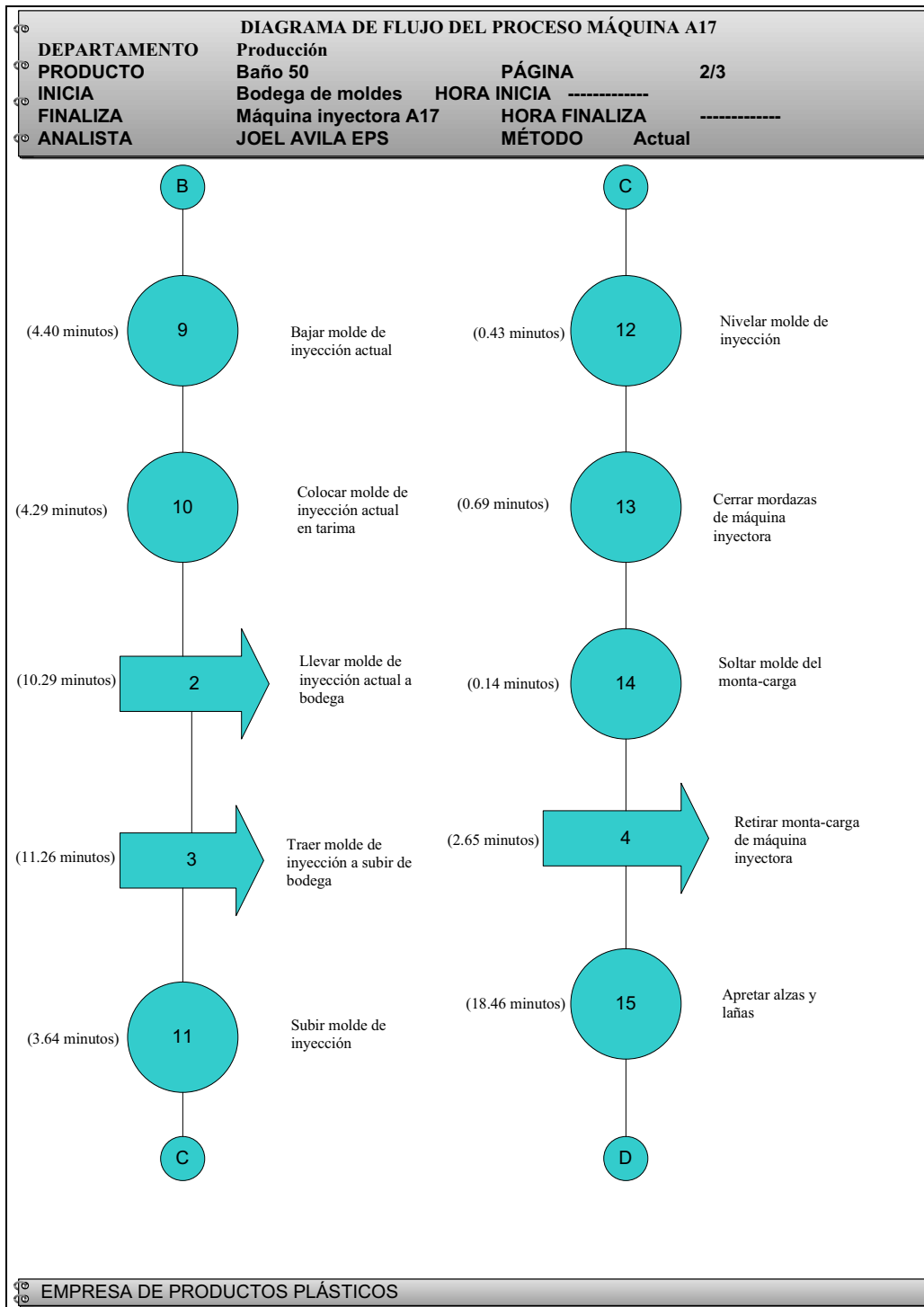


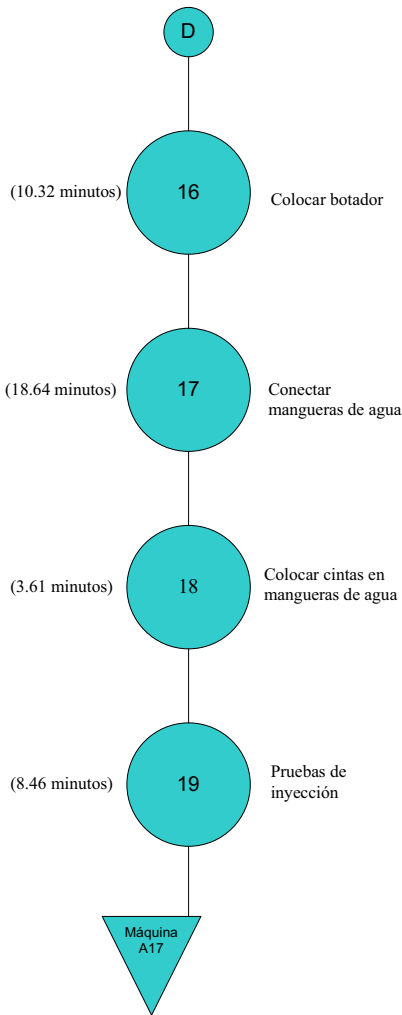
| RESUMEN | | | |
|---|------------|----------|------------------|
| SÍMBOLO | NOMBRE | CANTIDAD | TIEMPO (minutos) |
|  | OPERACIÓN | 19 | 98.90 |
|  | TRANSPORTE | 3 | 14.44 |
|  | ALMACENAJE | 2 | |
| TIEMPO TOTAL | | | 113.34 |

Fuente: propia.

Figura 18. Diagrama de flujo del proceso actual máquina A17



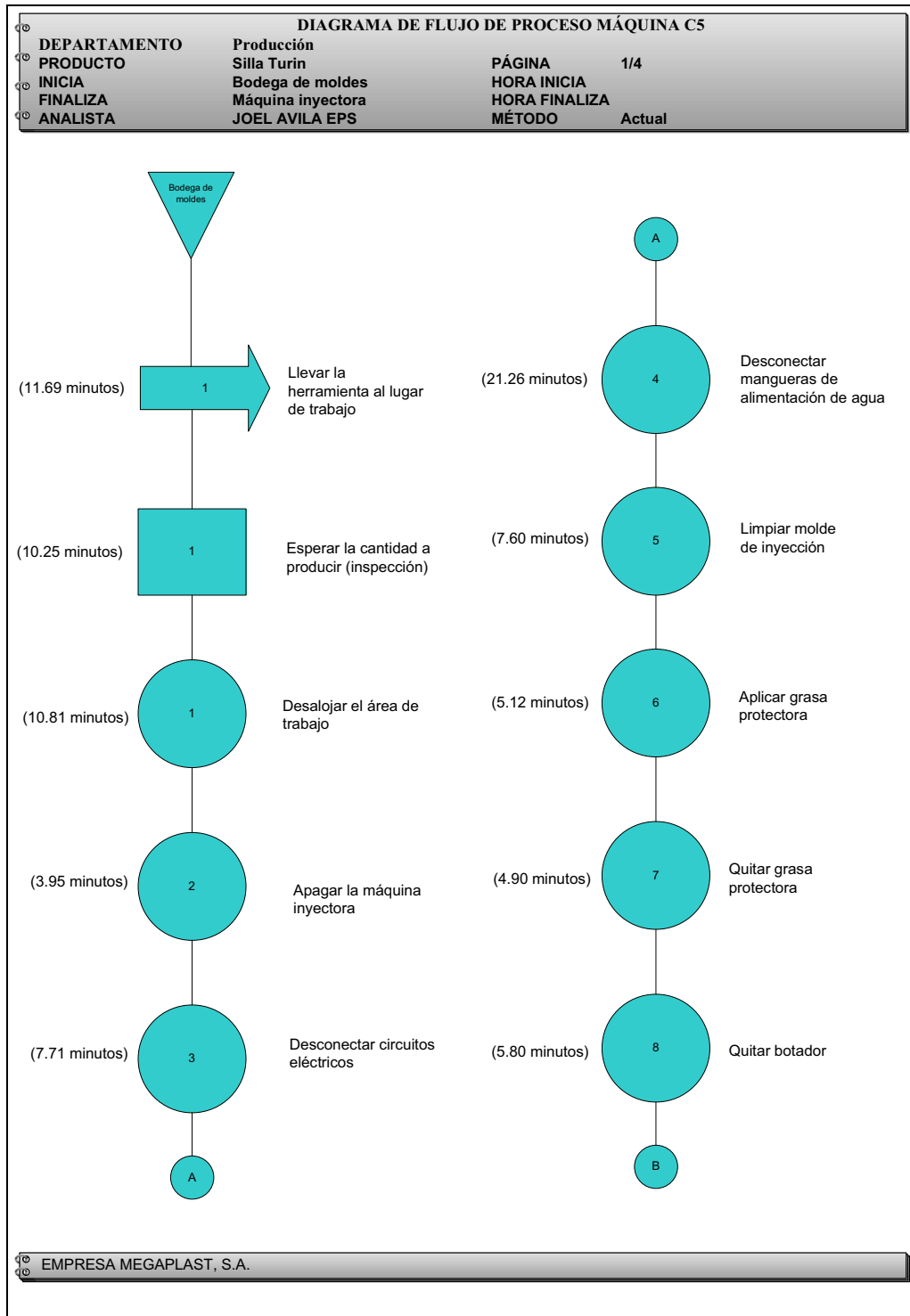


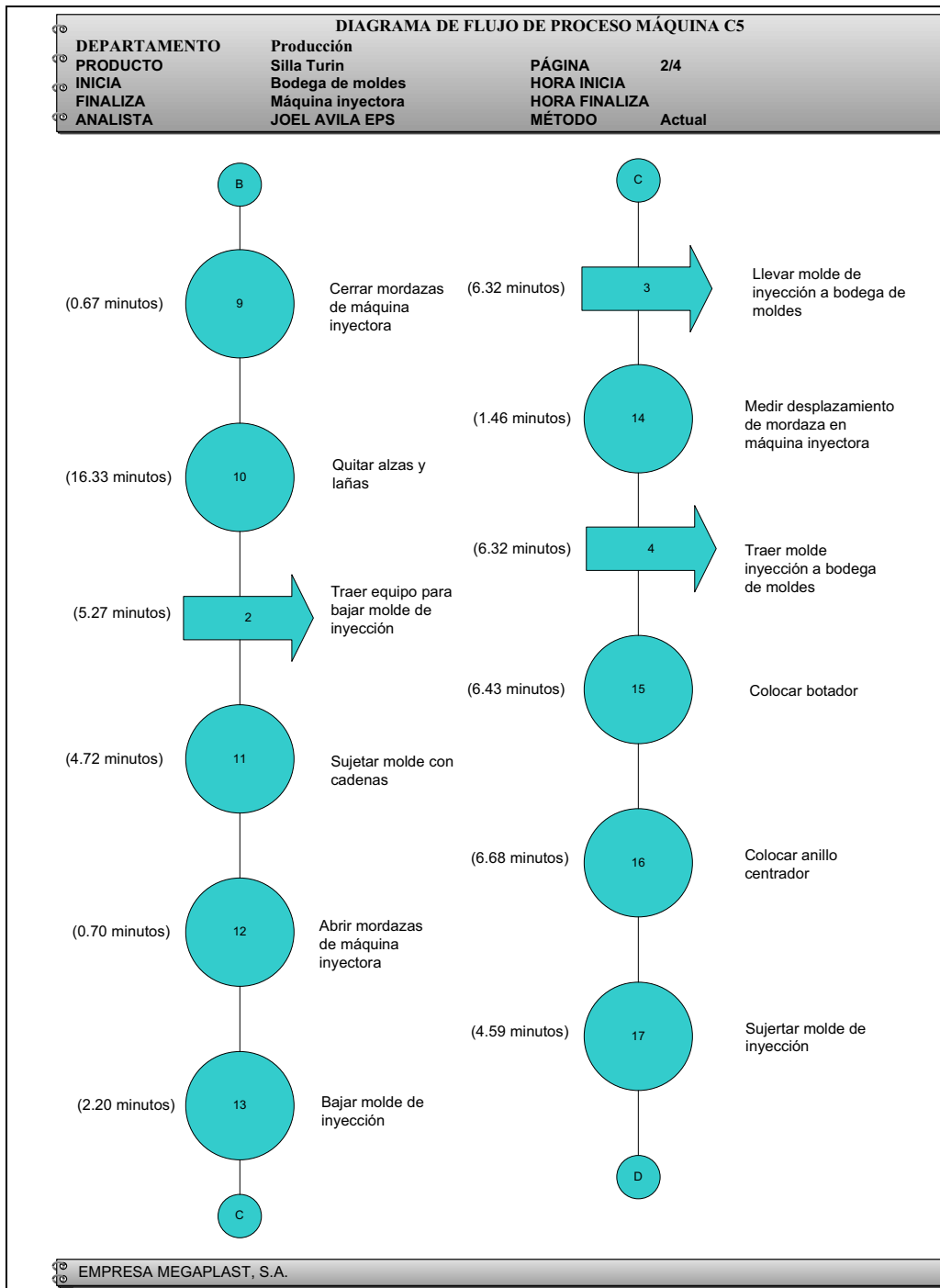


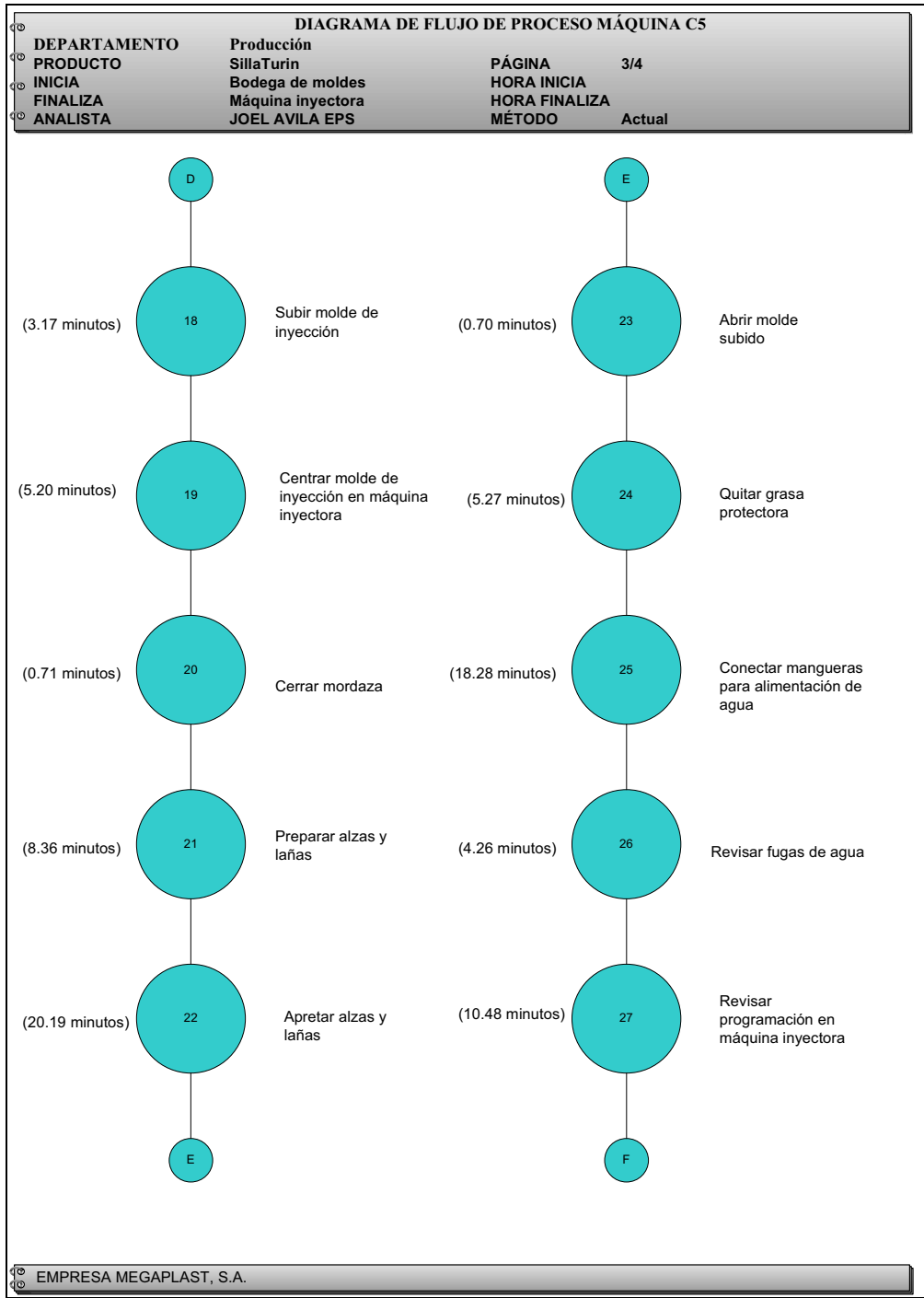
| RESUMEN | | | |
|---------------------|------------|----------|------------------|
| SÍMBOLO | NOMBRE | CANTIDAD | TIEMPO (minutos) |
| ● | OPERACIÓN | 19 | 113.94 |
| → | TRANSPORTE | 3 | 30.56 |
| ▼ | ALMACENAJE | 2 | |
| TIEMPO TOTAL | | | 144.50 |

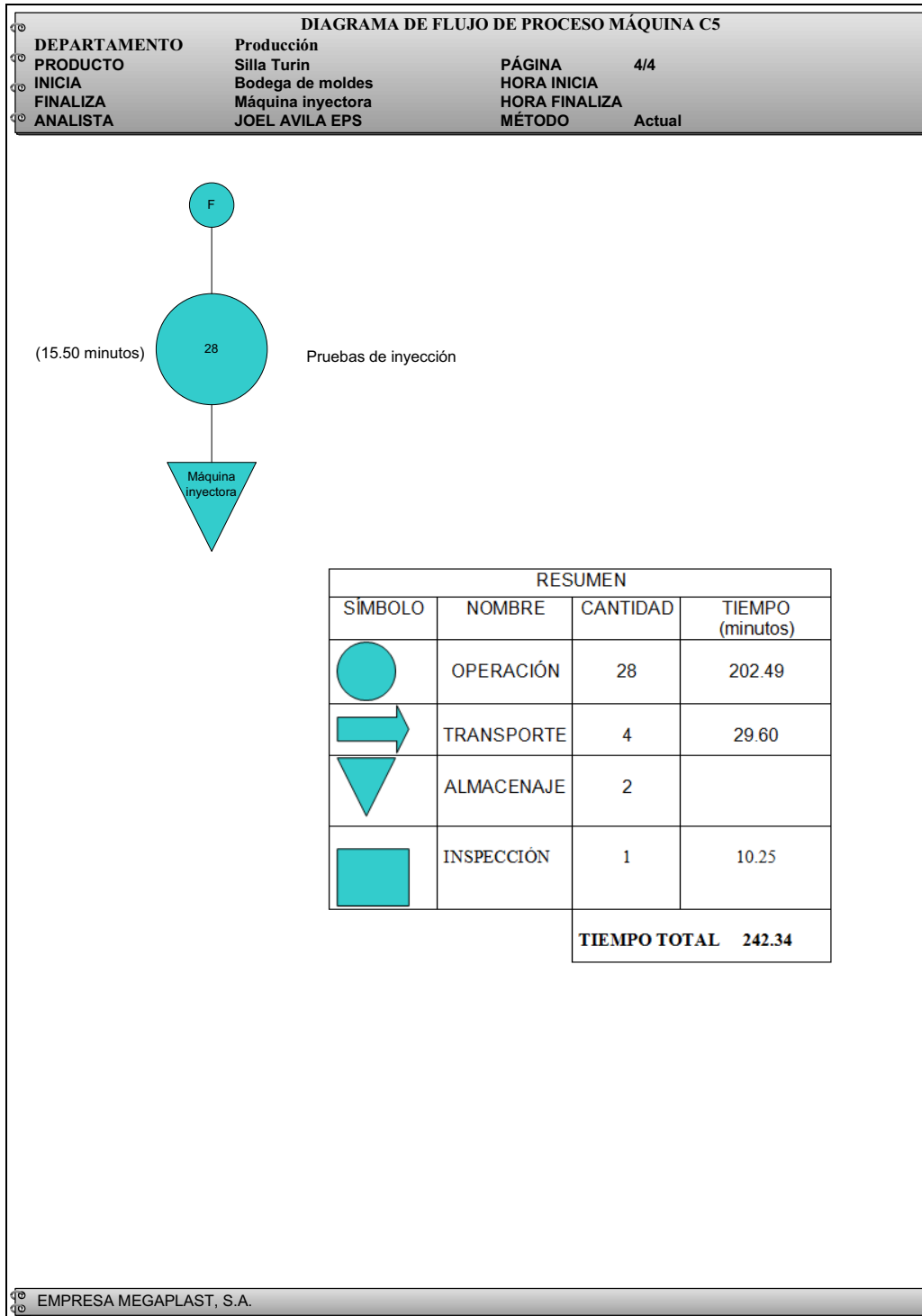
Fuente: propia.

Figura 19. Diagrama de flujo del proceso actual máquina C5









Fuente: propia.

Interpretación del tiempo utilizado para los cambios de moldes

Debido a que los cambios de moldes en las máquinas inyectoras no ocurrían con regularidad, es decir se realizaban en base a los pedidos de los clientes, fue difícil conseguir más de cuatro ciclos para obtener el tiempo promedio dedicado a cada operación. El tiempo obtenido para los cambios de molde en las máquinas son el resultado de observar el proceso actual antes de aplicar el SMED, más adelante en el apartado 2.2.1.2 se realiza un análisis que muestra la reducción del tiempo de cambio, en la página 71.

Máquina A2

En el diagrama de la figura 17 y página 43 se tienen los tiempos promedios dedicados a las operaciones de cambio para el proceso actual. El tiempo total de cambio de molde para la máquina A2 es de 113.34 minutos con el molde de base hermético redondo No. 3.

Máquina A17

En el diagrama de la figura 18 y página 46 se tienen los tiempos promedios dedicados a las operaciones de cambio para el proceso actual. El tiempo total de cambio de molde para la máquina A17 es de 144.50 minutos con el molde de baño 50.

Máquina C5

En el diagrama de la figura 19 y página 49 se tienen los tiempos promedios dedicados a las operaciones de cambio para el proceso actual. El tiempo total de cambio de molde para la máquina C5 es de 242.34 minutos con el molde de silla turin.

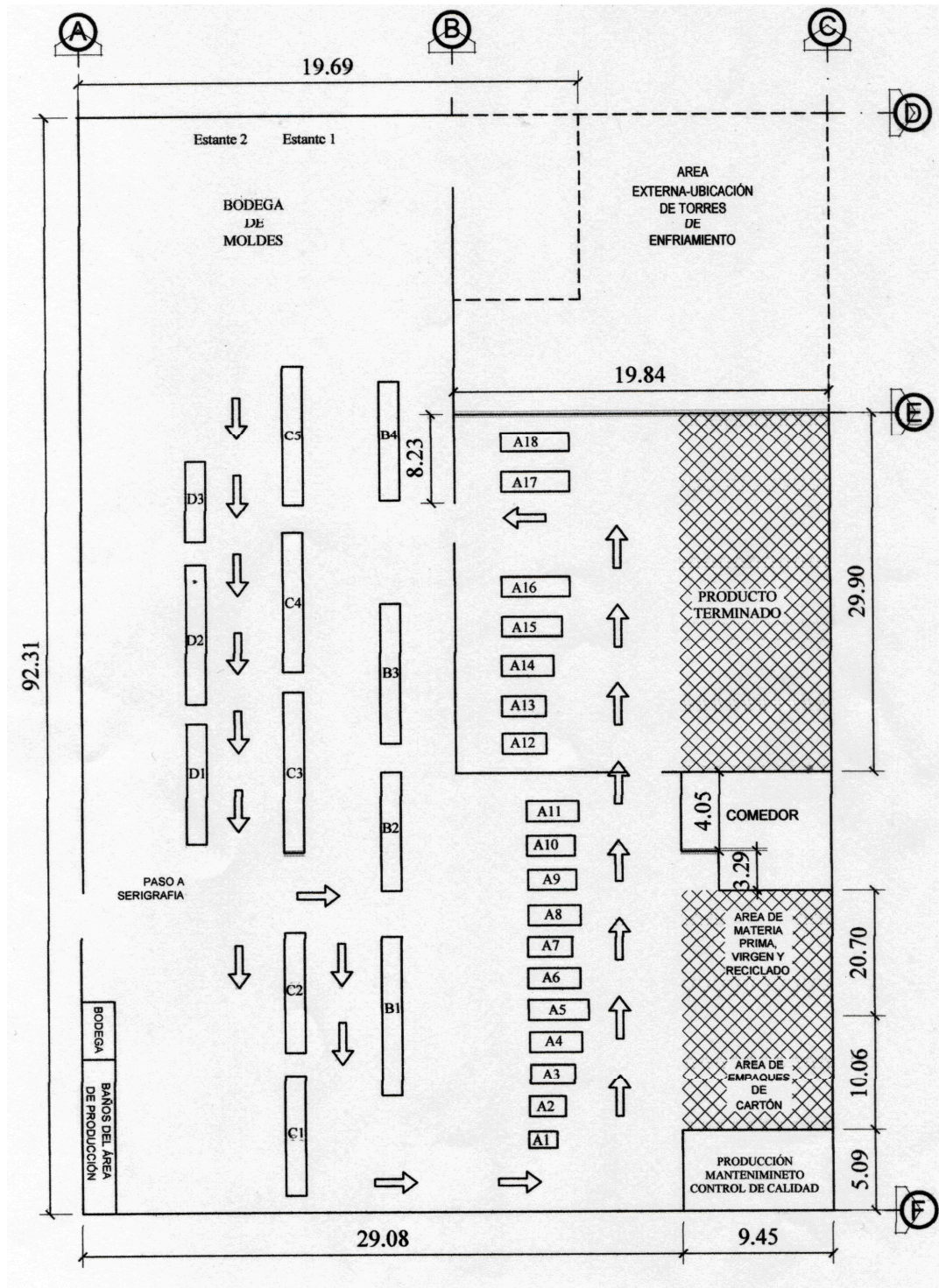
2.1.8 Diseño de mapa de proceso

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye, además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido. Con fines analíticos como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en cinco clasificaciones. Éstas se conocen bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes.

En el mapa de proceso figura 20, página 55 se indica con flechas por donde pueden pasar los moldes en su recorrido desde la bodega de moldes hasta la máquina inyectora que se esté trabajando en ese momento. Uno de los puntos importantes del mapa de proceso es que se pueden observar las distancias recorridas, y aquí son mostradas según las dimensiones de la planta en metros.

El tiempo utilizado para llevar un molde desde la bodega de moldes hasta la máquina A17 tiene un máximo de 11 minutos según se observa en la tabla VII y página 32, esto implica que el tiempo para llegar a las demás máquinas tiene que ser menor a este.

Figura 20. Mapa de proceso (plano de las instalaciones)



Fuente: propia.

Análisis de puntos críticos detectados en el mapa de proceso

Cuando se realiza un cambio de molde en la empresa, existen tres variedades según la clasificación de los moldes; pequeños, medianos y grandes. Cada uno de ellos puede colocarse en diferentes máquinas las cuales están distribuidas según se indica en el mapa de proceso figura 20, página 55. Los aspectos más importantes se describen a continuación:

Producción, mantenimiento y control de calidad: en esta área se recoge la orden de cambio para iniciar las actividades del proceso, se pierde aproximadamente 15 minutos mientras la orden es entregada al jefe de mecánicos.

Área de paso: es el lugar por donde transitan los monta-cargas para llevar el molde desde la bodega de moldes hasta la máquina inyectora designada. Uno de los principales problemas es el piso porque se encuentra deteriorado debido a golpes recibidos con piezas de maquinaria muy pesada, provocando que las ruedas de la carretilla de moldes se atasquen.

Bodega de montaje de moldes: en ella están los moldes ordenados para su utilización, desde aquí se llevan los moles hasta la máquina inyectora en cuestión. La desventaja es que en ocasiones los moldes están mal ordenados y el área de paso disminuye provocando pérdida de tiempo.

2.1.9 Análisis de costos

El costo es el sacrificio, o esfuerzo económico que se debe realizar para lograr un objetivo. Los objetivos son aquellos de tipo operativos, como por ejemplo; pagar los sueldos al personal de producción, comprar materiales, fabricar un producto, entre otros.

Los costos fueron proporcionados directamente por el sub-gerente general de la empresa, donde se tiene el costo originado por máquina apagada durante un día y es clasificado dependiendo del tamaño de la misma.

El costo de oportunidad que se genera por tener una máquina inyectora apagada, sin producir durante un día es el siguiente:

Tabla X. Costos de máquina apagada

| Costos de oportunidad en máquinas inyectoras | |
|---|--|
| Máquinas pequeñas | 540 dólares/día = 4024.51 quetzales/día |
| Máquinas medianas | 945 dólares/día = 7005.63 quetzales/día |
| Máquinas grandes | 1022 dólares/día = 7616.76 quetzales/día |

Fuente: Información gerencia Megaplast, S.A.

La información mostrada en la tabla X, conlleva a los siguientes aspectos:

- Por cada máquina que se encuentra apagada durante un día la empresa pierde un costo de oportunidad equivalente a la clasificación mostrada.
- Hay una disminución en la productividad de la empresa.

2.1.9.1 Costo de fabricación

Está determinado por los elementos de materia prima y la mano de obra principalmente, por lo tanto se realiza un análisis con el objetivo de cuantificar lo que se pierde por hora al tener una máquina apagada, el beneficio obtenido por kilogramo de materia prima procesado y, establecer un objetivo para el tiempo estándar.

Por razones de seguridad en la empresa Megaplast, S. A., se tomará en cuenta únicamente el costo total/hora para las máquinas inyectoras en estudio y tipo de cambio a la fecha es de Q7.4528 por un dólar.

Se clasifican las máquinas inyectoras en rangos de acuerdo a su capacidad, con la finalidad de estimar el costo que implica cada una al estar apagada.

Rangos de clasificación de máquinas inyectoras

Capacidad en toneladas

Mínimo: 95 toneladas

Máximo: 1000 tonelada

Pequeñas

A1, A2, A3, A4, A5,

A6, A7, A8, A9, A10

A11, A14

Medianas

A15, A16, A17

B2, B3, B4

D1, D2, D3

Grandes

C1, C2, C3, C4, C5

COSTOS DE MÁQUINAS APAGADAS (NO FUNCIONANDO)

Máquinas grandes \$1022/día

$(\$1022/\text{día})(1\text{ día}/24\text{h})=(\$42.5833/\text{h})(Q7.4528/1\$)=\mathbf{Q\ 317.36/h}$

Máquinas medianas \$945/día

$(\$945/\text{día})(1\text{ día}/24\text{h})=(\$39.375/\text{h})(Q7.4528/1\$)=\mathbf{Q\ 293.45/h}$

Máquinas pequeñas \$540/día

$(\$540/\text{día})(1\text{ día}/24\text{h})=(\$22.5/\text{h})(Q7.4528/1\$)=\mathbf{Q\ 167.69 /h}$

Relaciones de capacidad de producción

750,000 kg/mes

La capacidad de producción significa que son procesados 750,00 kilogramos de materia prima al mes.

Relaciones del precio y costos asociados

Precio de compra polietileno = PC

1kilogramo = Q8.25

Precio de venta producto terminado = PV

1kilogramo = Q17.00

Costo indirecto = CI

1kilogramo = Q5.20

Costos directos = CD

Utilidad por cada kilogramo de materia prima

Margen de ganancia = (PV-PC-CD)-CI, al hacer la sustitución de los valores se obtiene lo siguiente:

$$\text{Margen de ganancia} = (Q17.00-Q8.25-Q2.75)-(Q5.20)$$

$$=Q 6.00-Q5.20$$

$$=Q0.80/\text{kilogramo}$$

El valor encontrado anteriormente es la ganancia neta que tiene la empresa por cada kilogramo de producto terminado. Entonces la ganancia mensual se calcula con la capacidad de producción.

$$\begin{aligned}
 \text{Ganancia neta mensual} &= (\text{capacidad de producción})(\text{ganancia por kilogramo}) \\
 &= (750,000 \text{ kilogramos/mes})(Q8.00/\text{kilogramo}) \\
 &= \mathbf{Q\ 600,000.00/ \text{ mes}}
 \end{aligned}$$

2.1.9.2 Materiales directos

Todos aquellos identificables en la fabricación del producto terminado y en este caso se mencionan principalmente la materia prima a ser transformada, que son resinas derivadas del petróleo.

En la tabla XI, se muestran los precios de estos productos por kilogramo y estos varían constantemente en función del precio del petróleo pues son derivados directos.

Tabla XI. Precios de materias primas

| Kilogramo de material | Precio de compra en Quetzales |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Polipropileno (PP) | Q 8.25 |
| Cloruro de polivinilo (PVC) | Q 9.65 |
| Polietileno (PE) | Q 7.55 |
| Poliestileno (PS) | Q 8.85 |
| Reciclado | Q 5.85 |

Fuente: información gerencia Megaplast., S.A.

Por ejemplo si se trabaja durante un mes con el material polipropileno (PP), y la capacidad de producción es de 750,000 kilogramos/mes, entonces se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{Materiales directos} &= (\text{Costo del polipropileno})(\text{Capacidad de producción}) \\
 &= (\text{Q}8.25/\text{kilogramo})(750,000\text{kilogramos/mes}) \\
 &= \mathbf{Q\ 6,187,500.00/ mes}
 \end{aligned}$$

2.1.9.3 Mano de obra directa

Está constituida por el salario pagado a los empleados que trabajan en la cadena de producción o que transforman las materias directas en productos terminados, constituye la mano de obra directa. En la tabla XII, se indica el costo directo, el cual fue proporcionado directamente por el subgerente general de la empresa.

Tabla XII. Costo directo

| | |
|-------------------------------------|------------------|
| Costos directos/kilogramo procesado | Q 2.75/kilogramo |
|-------------------------------------|------------------|

Fuente: información gerencia Megaplast, S.A.

La capacidad de producción de la empresa es de 750,000kilogramos procesados por mes, entonces se puede obtener de forma cuantitativa el valor de la mano de obra.

$$\begin{aligned}
 \text{Mano de obra directa} &= (\text{Costos directos/kilogramos procesados})(\text{Capacidad de producción}) \\
 &= (\text{Q } 2.75/\text{kilogramo})(750,000\text{kilogramos/mes}) \\
 &= \mathbf{Q\ 2,062,500.00/mes}
 \end{aligned}$$

2.1.9.4 Costo indirecto

Los costos indirectos de fabricación como lo indica su nombre son todos aquellos costos que no se relacionan directamente con la manufactura, pero contribuyen y forman parte de los costos de producción: mano de obra indirecta y materiales indirectos, aire acondicionado , luz y energía para la fábrica, arrendamiento del edificio de fábrica, depreciación del edificio y de equipo de fábrica, mantenimiento del edificio y equipo de fábrica, seguro, prestaciones sociales, incentivos, tiempo ocioso son ejemplos de costos indirectos de fabricación.

El costo indirecto total por kilogramo procesado fue proporcionado por el subgerente general de la empresa, mostrándose en la tabla XIII.

Tabla XIII. Costo indirecto

| | |
|-------------------------------------|------------------|
| Costo indirecto/kilogramo procesado | Q 5.20/kilogramo |
|-------------------------------------|------------------|

Fuente: información gerencia Megaplast, S.A

Para cuantificar el costo indirecto se multiplica por la capacidad de producción que es de 750,000kilogramo/mes, y se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned}\text{Costo Indirecto} &= (\text{Costos indirecto/kg procesado})(\text{Capacidad de producción}) \\ &= (\text{Q}5.20/\text{kilogramo})(750,000\text{kilogramo/mes}) \\ &= \mathbf{Q3,900,000.00/mes}\end{aligned}$$

El valor de cada uno de los rubros pertenecientes al costo indirecto se presenta en la tabla XIV.

Tabla XIV. Costos indirectos individualizados

En esta tabla se muestran los valores de cada uno de los costos indirectos, se observa que existen cantidades que corresponden a dos rubros, lo que significa que se pagan juntos y tienen un solo valor cuantitativo, también se observa que no se pagan incentivos a los empleados por medio de costo indirecto. La casilla de factor, indica cual es el factor más importante según el valor numérico más alto y los porcentajes corresponden a la cantidad que interviene en un kilogramo de producto procesado al mes.

| Rubro | Costo | Factor | % |
|---|-----------------------|--------|-------------|
| Mano de obra indirecta | Q 897,000.00 | 2 | 23% |
| Materiales indirectos | Q 117,000.00 | 6 | 3% |
| Aire acondicionado | | 1 | 43% |
| Luz y energía para la fábrica | Q 1,677,000.00 | | |
| Arrendamiento de edificio de fabrica | Q 468,000.00 | 3 | 12% |
| Depreciación del edificio | | 4 | 10% |
| Depreciación del equipo de fabrica | Q 390,000.00 | | |
| Mantenimiento de edificio y equipo de fábrica | Q 312,000.00 | 5 | 8% |
| Seguro | | | |
| Prestaciones sociales | Q 19,500.00 | 7 | 0.5% |
| Incentivos | x | | |
| Tiempo ocioso | Q 19,500.00 | 8 | 0.5% |
| Total | Q 3,900,000.00 | | 100% |

Fuente: Administración Megaplast, S.A.

2.2 Propuesta de mejora

El fin de ésta es implementar diferentes ideas para reducir considerablemente el tiempo para cambio de moldes en las máquinas, logrando así una reducción del tiempo muerto.

2.2.1 Estructura para implementar el sistema SMED

El sistema SMED se aplica en base a tres etapas conceptuales, ver tabla XV.

Tabla XV. Etapas del SMED

| | |
|--------------------------|---|
| Etapla preliminar | Estudio de la operación de cambio. |
| Primera etapa | Separar actividades internas y externas. |
| Segunda etapa | Convertir actividades internas en externas |
| Tercera etapa | Eliminar ajustes por medio de la perfección de las actividades. |

Fuente: propia.

Etapla preliminar

Lo que no se conoce no se puede mejorar, por eso en esta etapa se realiza un análisis detallado del proceso inicial de cambio de moldes.

Primera etapa

El tiempo se reduce eliminando de la preparación interna todas las tareas que puedan ser desempeñadas mientras el equipo está en funcionamiento, este es el primer paso en las mejoras.

Segunda etapa

Para convertir las actividades internas en externas se puede utilizar los siguientes consejos:

Tabla XVI. Consejos para cambio de actividades

¿Qué preparaciones se pueden hacer por adelantado?

¿Qué herramientas hay que tener a la mano?

¿Qué tipo o partes son necesarias para el cambio de molde?

Fuente: propia.

Tercera etapa

Perfeccionar las operaciones de cambio que implican la interacción de los mecánicos del equipo de montaje de moldes.

Aunque se recomienda ser sistemático, esta etapa suele ser llevada a cabo con la segunda, existe una cantidad de preguntas antes de eliminar cualquier operación del proceso de cambio y dentro de éstas se encuentran las mostradas en la tabla XVII.

Tabla XVII. Preguntas para eliminar operaciones

¿Es necesaria la operación?

¿Puede eliminarse?

¿Puede cambiarse el orden de las tareas?

¿Puede hacerse en forma simultánea?

¿Es adecuado el número de personas que realizan el cambio?

¿Cuál es la carga de trabajo de las personas que intervienen en el cambio de molde?

Fuente: propia.

2.2.1.1 Recolectar información

Observar el proceso de cambio de moldes durante dos semanas, con la finalidad de anotar todas las operaciones que realiza el grupo de mecánicos para el cambio de moldes en las máquinas inyectoras para productos plásticos. Al mismo tiempo mostrar cuales son las operaciones que se medirán en esta propuesta.

Se utiliza la herramienta indicada en la tabla XVIII, para recolectar la información del cambio de moldes en máquinas inyectoras para productos plásticos.

Tabla XVIII. Herramientas utilizadas para medir

| Herramienta | Aplicación |
|----------------------|--|
| LAPICERO | Para apuntar las operaciones y el tiempo invertido en cada operación. |
| CUADERNO | Tener un registro que no se pierda y que sirva para futuras consultas. |
| CRONÓMETRO (DIGITAL) | Para medir el tiempo continuo y el tiempo individual utilizado para realizar las operaciones de preparación y cambio de moldes en máquinas inyectoras para productos plásticos |

Fuente: propia.

Un ejemplo de las actividades que se identifican se tiene en la tabla XIX, página 70.

Se utiliza un cronómetro digital para realizar la medición del tiempo que se dedica a cada actividad y al final se obtiene el tiempo total de cambio. En la figura 21, se muestra el cronómetro utilizado en este proceso.

Figura 21. Cronómetro digital para toma de tiempos



Fuente: propia.

Metodología para tomar el tiempo de cambio

Utilizar el orden para toma de tiempos establecido en las tablas VI, VII y VIII, páginas 31, 32 y 33, donde se pueden tener las siguientes operaciones para el tiempo total de cambio y tomar el tiempo individual de cada una.

Tabla XIX. Actividades comunes en un cambio de moldes

Las actividades mostradas en esta tabla son las que ocurren con más regularidad al realizar el cambio de moldes en las máquinas inyectoras

| |
|---|
| Apagar la máquina inyectora |
| Abrir molde de inyección |
| Quitar mangueras de agua |
| Cerrar molde de inyección |
| Quitar botador |
| Sujetar molde de inyección a bajar en monta-carga |
| Quitar alzas y lañas |
| Abrir mordazas de máquina inyectora |
| Bajar molde de inyección actual |
| Colocar molde de inyección actual en tarima |
| Sujetar molde de inyección a subir en monta-carga |
| Subir molde de inyección |
| Nivelar molde de inyección |
| Cerrar mordazas de maquina inyectora |
| Soltar molde del monta carga |
| Retirar monta-carga de máquina inyectora |
| Apretar alzas y lañas |
| Conectar mangueras de agua |
| Colocar cintas en mangueras de agua |
| Pruebas de inyección |

Fuente: propia.

2.2.1.2 Analizar la información recolectada

Se verifica qué actividades son las que consumen mayor tiempo en el proceso de cambio de moldes y es ahí donde se tiene el cuello de botella, lo que significa investigar qué está pasando, porque el tiempo es demasiado alto en esas operaciones.

En las tablas VI, VII y VIII, páginas 31, 32 y 33, se puede observar que anteriormente el tiempo utilizado para cambio de moldes en máquinas inyectoras era relativamente grande porque no se tenía un orden específico y algunas operaciones se realizan ya con la máquina apagada incrementando el tiempo muerto.

En las tablas XXII, XXIII, XXIV, páginas 75, 76 y 77, se observa que el tiempo para cambio de moldes ha disminuido considerablemente debido a que se realizan las operaciones en orden diferente.

Al comparar el tiempo utilizado para el cambio de molde en las máquinas inyectoras antes de utilizar el SMED y después de la implementación del mismo se obtiene el porcentaje de reducción que es equivalente al tiempo muerto que se estaba desperdiciando.

Para ello se tiene un resumen del tiempo total de cambio en las tablas XX, XXI, página 72.

Tabla XX. Resumen de tiempo para cambio de moldes antes de aplicar el SMED

| Máquina | No. de tabla | Tiempo total de cambio (minutos) |
|----------------|---------------------|---|
| A2 | VI, página 31 | 113.34 |
| A17 | VII, página 32 | 144.50 |
| C5 | VIII, página 33 | 242.34 |

Fuente: propia.

Tabla XXI. Resumen de tiempos para cambio de moldes después de aplicar el SMED

| Máquina | No. de tabla | Tiempo total de cambio (minutos) |
|----------------|---------------------|---|
| A2 | XXII, página 75 | 61.48 |
| A17 | XXIII, página 76 | 90.55 |
| C5 | XXIV, página 77 | 130.96 |

Fuente: propia.

A continuación se calcula y muestra los porcentajes de reducción del tiempo para cambio de molde en las máquinas inyectoras bajo estudio.

Máquina A2

113.34 minutos (tiempo antes de aplicar SMED) -----100%

61.48 minutos (tiempo después de aplicar SMED) ----- x

$$X = (61.48 \times 100\%) / (113.34) = 54.24$$

X=54%, entonces

Reducción = 100%-54% = 46% del tiempo total de cambio

Tiempo muerto eliminado = 113.33 – 61.48 = 51.86 minutos

Máquina A17

144.50 minutos (tiempo antes de aplicar SMED) -----100%

90.55 minutos (tiempo después de aplicar SMED) ----- x

$$X = (90.55 \times 100\%) / (144.50) = 62.66$$

X=63%, entonces

Reducción = 100%-63% = 37% del tiempo total de cambio

Tiempo muerto eliminado = 144.50 – 90.55 = 53.95 minutos

Máquina C5

242.34 minutos (tiempo antes de aplicar SMED) -----100%

130.96 minutos (tiempo después de aplicar SMED) ----- x

$$X = (130.96 \times 100\%) / (242.34) = 54.03$$

X=54%, entonces

Reducción = 100%-54% = 46% del tiempo total de cambio

Tiempo muerto eliminado = 242.34 – 130.96 = 111.38 minutos

2.2.1.3 Establecer el tiempo estándar para cambio de moldes en máquinas inyectoras para productos plásticos

Se lleva un control del tiempo utilizado para al cambio de moldes en máquinas inyectoras para productos plásticos en la empresa. Con el fin de obtener un tiempo estándar de realización del cambio.

Al utilizar el SMED y ver los resultados obtenidos en las máquinas A2, A17 y C5, página 73. Se ha fijado como objetivo que los cambios de moldes se realicen en el siguiente tiempo máximo:

| | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| Cambio máquina pequeña | 60 minutos (1:00 horas) |
| Cambio máquina mediana | 90 minutos (1:30 horas) |
| Cambio máquina grande | 120 minutos (2:00 horas) |

En este apartado se encuentran las tablas del tiempo cronometrado para el procedimiento de cambio de moldes en máquinas inyectoras para productos plásticos, los tiempos mostrados son de las máquinas en estudio. También se indicará las formulas a utilizar para calcular el tiempo estándar y el tiempo normal incluyendo los porcentajes de actuación que dependen de la habilidad de los mecánicos.

Al final los tiempos estándar y normal se presentarán en tablas resúmenes.

Tabla XXII. Tiempo cronometrado del procedimiento para cambio de moldes en la máquina inyectora A2

| No. | Elementos | Ciclos (min.) | | | | TP |
|---------------------|--|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | |
| 1 | Traer el molde de inyección a la máquina inyectora | 4.06 | 4.08 | 3.96 | 3.91 | 4.00 |
| 2 | Traer las herramientas a la máquina inyectora | 3.05 | 3.10 | 2.95 | 2.98 | 3.02 |
| 3 | Apagar la máquina inyectora | 2.01 | 2.04 | 2.00 | 1.95 | 2.00 |
| 4 | Abrir molde de inyección | 1.93 | 1.95 | 1.92 | 1.96 | 1.94 |
| 5 | Quitar mangueras de agua | 5.25 | 5.23 | 5.30 | 5.88 | 5.42 |
| 6 | Cerrar molde de inyección | 1.90 | 1.95 | 1.92 | 1.93 | 1.93 |
| 7 | Sujetar molde de inyección a bajar en monta-carga | 0.12 | 0.10 | 0.11 | 0.14 | 0.12 |
| 8 | Quitar alzas y lañas | 10.15 | 10.22 | 10.25 | 9.80 | 10.11 |
| 9 | Abrir mordazas de máquina inyectora | 0.14 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.14 |
| 10 | Bajar molde de inyección actual | 1.03 | 1.08 | 1.15 | 1.12 | 1.10 |
| 11 | Colocar molde de inyección actual en tarima | 1.25 | 1.22 | 1.26 | 1.19 | 1.23 |
| 12 | Sujetar molde de inyección a subir en monta-carga | 0.35 | 0.32 | 0.33 | 0.30 | 0.33 |
| 13 | Subir molde de inyección | 1.92 | 1.88 | 1.86 | 1.65 | 1.83 |
| 14 | Nivelar molde de inyección | 0.45 | 0.40 | 0.44 | 0.42 | 0.43 |
| 15 | Cerrar mordazas de máquina inyectora | 0.70 | 0.65 | 0.67 | 0.71 | 0.68 |
| 16 | Soltar molde del monta carga | 0.12 | 0.14 | 0.11 | 0.13 | 0.13 |
| 17 | Retirar monta-carga de máquina inyectora | 1.25 | 1.20 | 1.23 | 1.20 | 1.22 |
| 18 | Apretar alzas y lañas | 10.99 | 10.88 | 10.85 | 10.90 | 10.91 |
| 19 | Conectar mangueras de agua | 8.25 | 8.30 | 8.26 | 8.35 | 8.29 |
| 20 | Colocar cintas en mangueras de agua | 1.06 | 1.08 | 1.09 | 1.10 | 1.08 |
| 21 | Pruebas de inyección | 5.26 | 5.30 | 5.88 | 5.99 | 5.61 |
| Tiempo Total | | 61.24 | 61.27 | 61.68 | 61.74 | 61.48 |

Fuente: propia.

Tabla XXIII. Tiempo cronometrado del procedimiento para cambio de moldes en la máquina inyectora A17

| No. | Elementos | Ciclos (min.) | | | | | TP |
|---------------------|--|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | |
| 1 | Traer el molde de inyección a la máquina inyectora | 5.25 | 5.26 | 5.28 | 5.90 | 5.4 | 5.42 |
| 2 | Traer las herramientas a la máquina inyectora | 2.99 | 2.95 | 2.96 | 2.98 | 2.95 | 2.97 |
| 3 | Apagar la máquina inyectora | 2.01 | 2.04 | 2.00 | 1.95 | 1.96 | 1.99 |
| 4 | Abrir molde de inyección | 1.05 | 1.08 | 1.04 | 1.02 | 1.06 | 1.05 |
| 5 | Quitar mangueras de agua | 6.01 | 6.02 | 6.07 | 6.08 | 6.04 | 6.04 |
| 6 | Cerrar molde de inyección | 1.05 | 1.02 | 1.06 | 1.05 | 1.02 | 1.04 |
| 7 | Quitar botador | 4.25 | 4.28 | 4.95 | 3.96 | 4.27 | 4.34 |
| 8 | Sujetar molde de inyección a bajar en monta-carga | 0.18 | 0.20 | 0.17 | 0.14 | 0.21 | 0.18 |
| 9 | Quitar alzas y lañas | 8.25 | 8.28 | 8.95 | 7.25 | 7.85 | 8.12 |
| 10 | Abrir mordazas de máquina inyectora | 0.35 | 0.40 | 0.37 | 0.36 | 0.41 | 0.38 |
| 11 | Bajar molde de inyección actual | 1.03 | 1.08 | 1.15 | 1.12 | 1.12 | 1.10 |
| 12 | Colocar molde de inyección actual en tarima | 1.25 | 1.22 | 1.26 | 1.19 | 1.04 | 1.19 |
| 13 | Sujetar molde de inyección a subir en monta-carga | 0.35 | 0.32 | 0.33 | 0.30 | 0.35 | 0.33 |
| 14 | Subir molde de inyección | 1.92 | 1.88 | 1.86 | 1.65 | 1.55 | 1.77 |
| 15 | Nivelar molde de inyección | 0.45 | 0.40 | 0.44 | 0.42 | 0.39 | 0.42 |
| 16 | Cerrar mordazas de maquina inyectora | 0.70 | 0.65 | 0.67 | 0.71 | 0.55 | 0.66 |
| 17 | Soltar molde del monta carga | 0.12 | 0.14 | 0.11 | 0.13 | 0.7 | 0.24 |
| 18 | Retirar monta-carga de máquina inyectora | 1.25 | 1.20 | 1.23 | 1.20 | 1.12 | 1.20 |
| 19 | Apretar alzas y lañas | 12.55 | 12.80 | 12.91 | 12.27 | 12.03 | 12.51 |
| 20 | Colocar botador | 7.06 | 7.08 | 7.09 | 7.21 | 7.85 | 7.26 |
| 21 | Conectar mangueras de agua | 13.25 | 13.27 | 13.65 | 13.88 | 13.95 | 13.60 |
| 22 | Colocar cintas en mangueras de agua | 2.55 | 2.96 | 2.85 | 2.87 | 2.98 | 2.84 |
| 23 | Programar máquina inyectora | 10.25 | 10.36 | 10.15 | 10.26 | 10.35 | 10.27 |
| 24 | Pruebas de inyección | 5.26 | 5.30 | 5.88 | 5.99 | 5.62 | 5.61 |
| Tiempo Total | | 89.38 | 90.19 | 92.43 | 89.89 | 90.77 | 90.55 |

Fuente: propia.

Tabla XXIV. Tiempo cronometrado del procedimiento para cambio de moldes en la máquina inyectora C5

| No. | Elementos | Ciclos (min.) | | | | | TP |
|-----|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | |
| 1 | Traer el molde de inyección a la máquina inyectora (parte A y B) | 7.08 | 7.10 | 7.15 | 7.25 | 7.03 | 7.12 |
| 2 | Traer las herramientas a la máquina inyectora | 3.25 | 3.26 | 3.40 | 3.28 | 3.24 | 3.29 |
| 3 | Apagar la máquina inyectora | 2.35 | 2.40 | 2.36 | 2.38 | 2.43 | 2.38 |
| 4 | Abrir molde de inyección | 2.08 | 2.10 | 2.06 | 2.04 | 2.09 | 2.07 |
| 5 | Quitar mangueras de agua | 7.02 | 7.04 | 7.03 | 7.01 | 6.99 | 7.02 |
| 6 | Sujetar molde de inyección (parte A) al puente eléctrico | 1.25 | 1.28 | 1.25 | 1.22 | 1.36 | 1.27 |
| 7 | Quitar alzas y lañas (molde parte A) | 10.22 | 10.21 | 10.19 | 10.22 | 10.24 | 10.22 |
| 8 | Bajar molde de inyección (parte A) | 1.99 | 1.94 | 1.92 | 1.95 | 1.98 | 1.96 |
| 9 | Colocar molde de inyección (parte A) en tarima | 2.04 | 2.08 | 2.10 | 1.99 | 2.25 | 2.09 |
| 10 | Sujetar molde de inyección (parte B) al puente eléctrico | 3.82 | 3.83 | 3.70 | 3.90 | 3.96 | 3.84 |
| 11 | Quitar alzas y lañas (molde parte B) | 15.25 | 15.26 | 15.35 | 15.26 | 15.40 | 15.30 |
| 12 | Bajar molde de inyección (parte B) | 1.93 | 1.95 | 1.98 | 1.88 | 1.65 | 1.88 |
| 13 | Colocar molde de inyección (parte B) en tarima | 1.99 | 1.95 | 1.93 | 1.96 | 1.90 | 1.95 |
| 14 | Sujetar molde a subir al puente eléctrico (parte A) | 1.21 | 1.20 | 1.19 | 1.21 | 1.22 | 1.21 |
| 15 | Subir molde (parte A) | 3.25 | 3.28 | 3.29 | 3.22 | 3.20 | 3.25 |
| 16 | Nivelar molde en máquina inyectora (parte A) | 2.06 | 2.08 | 2.01 | 1.99 | 1.88 | 2.00 |
| 17 | Apretar Alzas y lañas en molde (parte A) | 15.05 | 15.08 | 15.09 | 16.21 | 14.22 | 15.13 |
| 18 | Sujetar molde de inyección (parte B) al puente eléctrico | 2.08 | 2.10 | 2.22 | 2.03 | 2.04 | 2.09 |
| 19 | Subir molde (parte B) | 3.21 | 3.22 | 3.19 | 3.17 | 3.25 | 3.21 |
| 20 | Nivelar molde en máquina inyectora (parte B) | 2.02 | 2.04 | 2.05 | 2.03 | 2.06 | 2.04 |
| 21 | Apretar Alzas y lañas en molde (parte B) | 17.25 | 17.85 | 17.99 | 16.85 | 16.32 | 17.25 |
| 22 | Conectar mangueras de agua | 15.22 | 15.25 | 15.23 | 15.24 | 15.26 | 15.24 |
| 23 | Colocar cintas en mangueras de agua | 4.02 | 4.08 | 4.09 | 4.06 | 4.03 | 4.06 |
| 24 | Pruebas de inyección | 5.06 | 5.07 | 5.08 | 5.10 | 5.15 | 5.09 |
| | Tiempo total | 130.70 | 131.65 | 131.85 | 131.45 | 129.15 | 130.96 |

Fuente: propia.

Operaciones identificadas en el estudio de tiempos

División de elementos

Está basada en la idea de analizar los procesos en elementos por separado, ya que con esto se logra determinar las causas de las demoras evitables. Este método describe paso a paso las operaciones útiles dentro del procedimiento de cambio de moldes, mismas que servirán para recolectar los tiempos de operación del inicio y final de la actividad definidos previamente.

Un elemento es una división lógica de una operación, que es clara y se puede medir, puede también definirse como uno o más conocimientos regularmente combinados en la misma secuencia, para conseguir un resultado específico. Actualmente el método utilizado es un procedimiento totalmente manual sobre el cual se hará el estudio de tiempos.

Previo al estudio de tiempos para el montaje y desmontaje de estos moldes, fue necesario cronometrar el tiempo total de cambio.

Tiempo total de cambio = tiempo transcurrido desde que se deja de producir un producto X hasta que se empieza a producir un producto Y.

Las operaciones indicadas en los diagramas se describen a continuación. Algunas operaciones se efectúan dos o tres veces durante el procedimiento de cambio, por lo tanto se describen una sola vez.

Traer molde a la máquina inyectora: operación de transporte que consiste en trasladar el molde desde el taller hacia la máquina en la que se llevará a cabo el montaje, para lo cual se utiliza un montacargas y puente con rieles en ocasiones. Algunos de los moldes se encuentran en estanterías y se requiere el uso de montacargas para bajarlos.

Sujetar molde con cadenas: operación que se realiza cuando el molde aun está sobre la tarima o en el piso, para ello es necesario utilizar una cadena que pueda ser introducida dentro de las argollas y una vez que esté seguro se levanta con el montacargas o polipasto.

Quitar mangueras de agua: operación que se realiza con la ayuda de llaves de cola, consistiendo en aflojar los conectores de agua ubicados en los moldes de inyección.

Traer puente: operación en la que se empuja el puente gigante con la ayuda del monta-carga.

Colocar cadenas: operación en la que se sujeta las cadenas, ya sea al molde, al polipasto eléctrico, o bien a las paletas del montacargas.

Bajar molde: operación en la que se baja el molde de la máquina inyectora, puede ser efectuada con el monta-carga, el polipasto manual o el puente eléctrico.

Subir molde: operación en la que se sube el molde a la máquina inyectora y puede ser efectuada con el monta-carga, el polipasto manual o el puente eléctrico.

Quitar alzas y lañas: operación en la que se quitan las alzas y lañas con la ayuda de una llave de copa y un maneral, en ocasiones es necesario utilizar un tubo como palanca.

Apretar alzas y lañas: operación que se lleva a cabo con la ayuda de una llave de copa y una extensión o brazo.

Llevar molde a bodega: operación de transporte que consiste en trasladar el molde desde la máquina inyectora hasta la bodega de moldes. Algunos de los moldes se encuentran en estanterías y se requiere el uso de montacargas para subirlos. Si el molde es grande se utiliza una carretilla para transportarlo.

Nivelar molde: operación en la cual se utiliza un nivel para colocar el molde en una determinada posición horizontal.

Colocar alzas y lañas: operación en la cual simplemente se utilizan las manos y se aprieta hasta lo máximo posible.

Conectar mangueras de agua: operación en la cual se unen los conectores hembras y machos para el sistema de enfriamiento de los moldes de inyección, se tiene que tomar en cuenta cuales son entradas y salidas de agua.

Limpiar molde: operación en la que se quita la grasa y residuos que puedan oxidar el molde al guardarlo por un período de tiempo.

Pruebas de inyección: operación que consiste en tener la máquina funcionando y verificar que se obtenga la primera pieza conforme del producto requerido.

Traer las herramientas a la máquina inyectora: operación en la cual un mecánico del equipo de montaje de moldes trae una carretilla con las llaves y accesorios necesarios para el montaje del molde a subir.

Fórmulas y cálculos del estudio de tiempos

Fórmulas

Las fórmulas que se utilizarán para obtener los tiempos cronometrados, normal y estándar son las descritas a continuación.

El tiempo promedio de cada elemento del procedimiento de cambio de molde, se obtiene mediante la siguiente fórmula.

$$T_p = \sum x_i / n$$

Donde:

T_p = tiempo promedio en minutos

$\sum x_i$ = sumatoria de todos los ciclos

n = número de lecturas realizadas

El tiempo normal para cada elemento del procedimiento de cambio de molde, se obtiene mediante la siguiente fórmula.

$$T_N = T_C * \%CAV$$

T_N = tiempo normal de la operación

T_C = tiempo cronometrado = tiempo promedio

$\%CAV$ = porcentaje de calificación de la actuación del mecánico

El tiempo estándar para cada elemento del procedimiento de cambio de moldes, se obtiene mediante la siguiente fórmula.

$$TS = TN + (TN * \%tolerancias)$$

Donde:

TS = tiempo estándar

%tolerancias = asignado en base a la experiencia laboral

El porcentaje de calificación de la actuación del mecánico (%CAV), que se aplica en la fórmula para calcular el tiempo normal de la operación, varía en el rango de 85 a 120%, según la siguiente tabla:

El principio básico de la calificación de la actuación de un operario es el saber ajustar el tiempo medio para cada elemento aceptable efectuado durante el estudio, al tiempo que hubiera requerido un operario normal para ejecutar el mismo trabajo. Para hacer una buena labor de calificación de actuación de tiempos debe despojarse de todo prejuicio y apreciación personal, y de cualquier otro factor variable, y solamente tomar en consideración la cantidad de trabajo que haría el trabajador normal.

Uno de los sistemas de calificación más antiguos y de los utilizados más ampliamente, es el desarrollado por la *Westinghouse Electric Corporation*.

La habilidad se define como "pericia en seguir un método dado" y se puede explicar más relacionándola con la calidad artesanal, revelada por la apropiada coordinación de la mente y las manos. La habilidad o destreza de un operario se determina por su experiencia y sus aptitudes inherentes, como coordinación natural y ritmo de trabajo. La práctica tenderá a desarrollar su habilidad, pero no podrá compensar por completo las deficiencias en aptitud natural. Toda la práctica del mundo no podrá nunca llegar a hacer de todo un gran número de atletas, lanzadores "estrellas" de beisbol de liga mayor. La habilidad o destreza de una persona en una actividad determinada aumenta con el tiempo, ya que una mayor familiaridad con el trabajo trae consigo mayor velocidad, regularidad en el moverse y ausencia de titubeos y movimientos falsos.

Una disminución en la habilidad generalmente es resultado de una alteración en las facultades debida a factores físicos o psicológicos, como reducción en agudeza visual, falla de reflejos y pérdida de fuerza o coordinación muscular. De esto se deduce fácilmente que la habilidad de una persona puede variar de un trabajo a otro, y aun de operación a operación en una labor determinada.

Según el sistema *Westinghouse* de calificación o nivelación, existen seis grados o clases de habilidad asignables a operarios y que representan una evaluación de pericia aceptable. Tales grados son: deficiente, aceptable, regular, buena, excelente y extrema (u óptima). El observador debe evaluar y asignar una de estas seis categorías a la habilidad o destreza manifestada por un operario.

Se utiliza una tabla fabricada en la empresa para calificar a los empleados conforme su actuación en las operaciones durante el montaje de los moldes de eyección. El área sombreado es la elección utilizada para los cálculos.

Tabla XXV. Porcentaje de calificación de la actuación (CAV)

| RANGO | DESCRIPCIÓN |
|--------------|---|
| <85% | El mecánico se considera sin experiencia, se pone nervioso al momento del cambio de moldes. |
| 85 a 89% | En este caso el mecánico ejecuta cierta cantidad de trabajo innecesario en cada ciclo, no existe certeza en los movimientos, carece de ritmo y coordinación al manejar las herramientas. |
| 90 a 94% | El mecánico carece de completa coordinación entre sus manos y su mente, en ocasiones tiende a buscar objetos y se demuestra indeciso, se considera con experiencia pero poco calificado, no siempre utiliza las herramientas apropiadas para la tarea. Esta calificación se asigna comúnmente a situaciones de actividad no repetitiva. |
| 95 a 99% | Existe ritmo, pero a veces es interrumpido por algún titubeo o distracción. Acepta sugerencias para mejorar pero no aporta ninguna, las calificaciones de este nivel son asignadas en situaciones de actividad moderadamente repetitivas. |
| 100% | En este caso los movimientos ejecutados son consistentes y regulares, ambas manos están coordinadas y es raro que una mano tenga que esperar a la otra. |
| 101 a 105% | Los empleados de este nivel se consideran como expertos, inteligentes, preparados para la actividad, capaces de seguir instrucciones al pie de la letra y transmiten sus conocimientos de la tarea a otros. |

| | |
|------------|---|
| 106 a 110% | Es muy raro que exista titubeo o vacilación, los movimientos son certeros y exactos, son personas que poseen buena habilidad para razonamiento, tienen aptitud innata para el trabajo, cometen muy pocos errores y su rendimiento es siempre aceptable. |
| 111 a 115% | En este caso las manos del trabajador se mueven simultáneamente juntas en una manera muy difícil de igualar por otros, los empleados de este nivel se consideran como actualmente mejores que otros. |
| 116 a 120% | Los empleados de este nivel aparentan trabajar como una máquina, son personas que llevan muchos años haciendo la misma labor, reciben y dan muchas sugerencias para mejoras y se empeñan en demostrar su superioridad, son los mejores empleados en el trabajo. |

Fuente: propia.

Cálculos

Se obtiene el tiempo promedio para cada operación a partir de los datos recolectados en las tablas XXII, XXIII y XXIV, páginas 74,75 y 76. Para lo cual se realiza la conversión de los tiempos de reloj de segundos a minutos como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla XXVI. Tiempo cronometrado

| Máquina inyectora | A2 | | A17 | | C5 | |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | Min. | Seg. | Min. | Seg. | Min. | Seg. |
| Elemento | | | | | | |
| Conectar mangueras de agua | 8 | 15 | 13 | 15 | 13 | 13 |

Fuente: propia.

Los tiempos reloj son proporcionados en minutos y segundos al utilizar el cronómetro digital de la figura 21, página 69; entonces, para contabilizar los datos se hace lo siguiente:

Máquina A2

8 minutos + 15 segundos

$$15\text{seg} \cdot 1\text{min}/60\text{seg} = 0.25\text{min.}$$

El tiempo para conectar mangueras de agua es de 8.25 minutos, y se observa en la tabla XXII, página 75, área sombreada.

Máquina A17

13 minutos + 15 segundos

$$15\text{seg} \cdot 1\text{min}/60\text{seg} = 0.25\text{min.}$$

El tiempo para conectar mangueras de agua es de 13.25 minutos, y se observa en la tabla XXIII, página 76, área sombreada.

Máquina C5

13 minutos + 13 segundos

$$13\text{seg} * 1\text{min}/60\text{seg} = 0.22\text{min.}$$

El tiempo para conectar mangueras de agua es de 13.25 minutos, y se observa en la tabla XXIV, página 77.

De la misma forma que las conversiones anteriores se obtuvieron los datos de las tablas que ilustran los tiempos cronometrados, quedando la casilla de cada elemento de la siguiente manera.

Tabla XXVII. Conversiones

| Elemento | T1 | T2 | T3 | T4 | TP |
|----------------------------|------|------|------|------|------|
| Conectar mangueras de agua | 8.25 | 8.30 | 8.26 | 8.35 | 8.29 |

Fuente: propia.

El promedio del tiempo para cada operación que se indica en las tablas XXVIII, XXIV y XXX, páginas 91, 92 y 92. Se obtuvo mediante la fórmula definida anteriormente, de la siguiente manera.

$$T_p = \sum x_i/n$$

$$T_p = (8.25+8.30+8.26+8.35)/4$$

$$T_p = 8.29\text{min}$$

Utilizando un porcentaje de la calificación de la actuación del mecánico de un 94%, según la tabla XXV, página 85, se obtiene el tiempo normal para cada operación como se indica a continuación.

$$TN = TC * \%CAV$$

$$TN = 8.29 * 0.94 = 7.79 \text{min}$$

Con los cálculos anteriores de tiempo promedio y normal de cada operación, y considerando el porcentaje de actuación del mecánico de moldes, se obtiene el tiempo estándar para cada operación con 5% de tolerancia, de la siguiente manera.

$$TS = TN + (TN * \%Tolerancias)$$

$$TS = 7.79 + (7.79 * 0.05) = 8.18 \text{min.}$$

Tiempo estándar

En esta sección se consigue el objetivo final de la determinación del tiempo para cambio de moldes, a través de los cálculos anteriores y las fórmulas respectivas.

Debido a lo anterior el tiempo estándar se obtuvo con la media del tiempo cronometrado y el porcentaje de actuación del mecánico, basado en la fórmula $TN = TC * \%CAV$; y la fórmula $TS = TN + (TN * \%Tolerancias)$.

Es bueno mencionar que en un estudio de tiempos, la fórmula siguiente: $N = \frac{(k \cdot \sigma)^2}{(e \cdot x)^2} + 1$; se utiliza para determinar el número de observaciones necesarias para obtener el tiempo representativo con un error y riesgos fijados.

Sin embargo, en el procedimiento para determinar el tiempo estándar del cambio de moldes solamente se hicieron 4 a 5 mediciones, debido a la poca frecuencia con la que se cambia el mismo molde. Cada molde permanece en la máquina durante varios días y en ocasiones hasta semanas según el volumen de producción requerido por el departamento de ventas o en otro caso se fabrican productos para mantenerlos en bodega de producto terminado.

Las tablas siguientes muestran los datos de tiempo estándar calculados para cada operación en el procedimiento de cambio de molde para las máquinas en cuestión.

Tabla XXVIII. Tiempo normal y estándar para cambio de molde en máquina inyectora A2

| No. | Operaciones | TP | %CAV | T.N. | %TOL. | T.S. |
|----------------|--|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 1 | Traer el molde de inyección a la máquina inyectora | 4.00 | 0.94 | 3.8 | 0.05 | 3.95 |
| 2 | Traer las herramientas a la máquina inyectora | 3.02 | 0.94 | 2.8 | 0.05 | 2.98 |
| 3 | No producir piezas o apagar la máquina inyectora | 2.00 | 0.94 | 1.9 | 0.05 | 1.97 |
| 4 | Abrir molde de inyección | 1.94 | 0.94 | 1.8 | 0.05 | 1.91 |
| 5 | Quitar mangueras de agua | 5.42 | 0.94 | 5.1 | 0.05 | 5.35 |
| 6 | Cerrar molde de inyección | 1.93 | 0.94 | 1.8 | 0.05 | 1.9 |
| 7 | Sujetar molde de inyección a bajar en monta-carga | 0.12 | 0.94 | 0.1 | 0.05 | 0.12 |
| 8 | Quitar alzas y lañas | 10.11 | 0.94 | 9.5 | 0.05 | 9.98 |
| 9 | Abrir mordazas de máquina inyectora | 0.14 | 0.94 | 0.1 | 0.05 | 0.14 |
| 10 | Bajar molde de inyección actual | 1.10 | 0.94 | 1 | 0.05 | 1.09 |
| 11 | Colocar molde de inyección actual en tarima | 1.23 | 0.94 | 1.2 | 0.05 | 1.21 |
| 12 | Sujetar molde de inyección a subir en monta-carga | 0.33 | 0.94 | 0.3 | 0.05 | 0.33 |
| 13 | Subir molde de inyección | 1.83 | 0.94 | 1.7 | 0.05 | 1.81 |
| 14 | Nivelar molde de inyección | 0.43 | 0.94 | 0.4 | 0.05 | 0.42 |
| 15 | Cerrar mordazas de maquina inyectora | 0.68 | 0.94 | 0.6 | 0.05 | 0.67 |
| 16 | Soltar molde de máquina de inyección | 0.13 | 0.94 | 0.1 | 0.05 | 0.13 |
| 17 | Retirar monta-carga de máquina inyectora | 1.22 | 0.94 | 1.1 | 0.05 | 1.2 |
| 18 | Apretar alzas y lañas | 10.91 | 0.94 | 10 | 0.05 | 10.8 |
| 19 | Conectar mangueras de agua | 8.29 | 0.94 | 7.8 | 0.05 | 8.18 |
| 20 | Colocar cintas en mangueras de agua | 1.08 | 0.94 | 1 | 0.05 | 1.07 |
| 21 | Pruebas de inyección | 5.61 | 0.94 | 5.3 | 0.05 | 5.54 |
| Totales | | 61.52 | | 58 | | 60.7 |

Fuente: propia.

Tabla XXIX. Tiempo estándar y normal para cambio de moldes en máquina A17

| No. | Operaciones | TP | %CAV | T.N. | %TOL. | T.S. |
|-----|--|--------------|------|--------------|-------|--------------|
| 1 | Traer el molde de inyección a la máquina inyectora | 5.42 | 0.94 | 5.09 | 0.05 | 5.35 |
| 2 | Traer las herramientas a la máquina inyectora | 2.97 | 0.94 | 2.79 | 0.05 | 2.93 |
| 3 | Apagar la máquina inyectora | 1.99 | 0.94 | 1.87 | 0.05 | 1.96 |
| 4 | Abrir molde de inyección | 1.05 | 0.94 | 0.99 | 0.05 | 1.04 |
| 5 | Quitar mangueras de agua | 6.04 | 0.94 | 5.68 | 0.05 | 5.96 |
| 6 | Cerrar molde de inyección | 1.04 | 0.94 | 0.98 | 0.05 | 1.03 |
| 7 | Quitar botador | 4.34 | 0.94 | 4.08 | 0.05 | 4.28 |
| 8 | Sujetar molde de inyección a bajar en monta-carga | 0.12 | 0.94 | 0.11 | 0.05 | 0.12 |
| 9 | Quitar alzas y lañas | 8.12 | 0.94 | 7.63 | 0.05 | 8.01 |
| 10 | Abrir mordazas de máquina inyectora | 0.38 | 0.94 | 0.36 | 0.05 | 0.38 |
| 11 | Bajar molde de inyección actual | 1.10 | 0.94 | 1.03 | 0.05 | 1.09 |
| 12 | Colocar molde de inyección actual en tarima | 1.19 | 0.94 | 1.12 | 0.05 | 1.17 |
| 13 | Sujetar molde de inyección a subir en monta-carga | 0.33 | 0.94 | 0.31 | 0.05 | 0.33 |
| 14 | Subir molde de inyección | 1.77 | 0.94 | 1.66 | 0.05 | 1.75 |
| 15 | Nivelar molde de inyección | 0.42 | 0.94 | 0.39 | 0.05 | 0.41 |
| 16 | Cerrar mordazas de maquina inyectora | 0.66 | 0.94 | 0.62 | 0.05 | 0.65 |
| 17 | Soltar molde de máquina de inyección | 0.24 | 0.94 | 0.23 | 0.05 | 0.24 |
| 18 | Retirar monta-carga de máquina inyectora | 1.20 | 0.94 | 1.13 | 0.05 | 1.18 |
| 19 | Apretar alzas y lañas | 12.51 | 0.94 | 11.76 | 0.05 | 12.35 |
| 20 | Colocar botador | 7.26 | 0.94 | 6.82 | 0.05 | 7.17 |
| 21 | Conectar mangueras de agua | 13.60 | 0.94 | 12.78 | 0.05 | 13.42 |
| 22 | Colocar cintas en mangueras de agua | 2.84 | 0.94 | 2.67 | 0.05 | 2.80 |
| 23 | Programar máquina inyectora | 10.27 | 0.94 | 9.65 | 0.05 | 10.14 |
| 24 | Pruebas de inyección | 5.61 | 0.94 | 5.27 | 0.05 | 5.54 |
| | Totales | 90.55 | | 85.04 | | 89.29 |

Fuente: propia.

Tabla XXX. Tiempo normal y estándar para cambio de molde en máquina inyectora C5

| No. | Operaciones | TP | %CAV | T.N. | %TOL. | T.S. |
|-----|--|---------------|------|---------------|-------|---------------|
| 1 | Traer el molde de inyección a la máquina inyectora (parte A y B) | 7.12 | 0.94 | 6.69 | 0.05 | 7.03 |
| 2 | Traer las herramientas a la máquina inyectora | 3.29 | 0.94 | 3.09 | 0.05 | 3.25 |
| 3 | Apagar la máquina inyectora | 2.38 | 0.94 | 2.24 | 0.05 | 2.35 |
| 4 | Abrir molde de inyección | 2.07 | 0.94 | 1.95 | 0.05 | 2.04 |
| 5 | Quitar mangueras de agua | 7.02 | 0.94 | 6.60 | 0.05 | 6.93 |
| 6 | Sujetar molde de inyección (parte A) al puente eléctrico | 1.27 | 0.94 | 1.19 | 0.05 | 1.25 |
| 7 | Quitar alzas y lañas (molde parte A) | 10.22 | 0.94 | 9.61 | 0.05 | 10.09 |
| 8 | Bajar molde de inyección (parte A) | 1.96 | 0.94 | 1.84 | 0.05 | 1.93 |
| 9 | Colocar molde de inyección (parte A) en tarima | 2.09 | 0.94 | 1.96 | 0.05 | 2.06 |
| 10 | Sujetar molde de inyección (parte B) al puente eléctrico | 3.84 | 0.94 | 3.61 | 0.05 | 3.79 |
| 11 | Quitar alzas y lañas (molde parte B) | 15.30 | 0.94 | 14.38 | 0.05 | 15.10 |
| 12 | Bajar molde de inyección (parte B) | 1.88 | 0.94 | 1.77 | 0.05 | 1.86 |
| 13 | Colocar molde de inyección (parte B) en tarima | 1.95 | 0.94 | 1.83 | 0.05 | 1.92 |
| 14 | Sujetar molde a subir al puente eléctrico (parte A) | 1.21 | 0.94 | 1.14 | 0.05 | 1.19 |
| 15 | Subir molde (parte A) | 3.25 | 0.94 | 3.06 | 0.05 | 3.21 |
| 16 | Nivelar molde en máquina inyectora (parte A) | 2.00 | 0.94 | 1.88 | 0.05 | 1.97 |
| 17 | Apretar Alzas y lañas en molde (parte A) | 15.13 | 0.94 | 14.22 | 0.05 | 14.93 |
| 18 | Sujetar molde de inyección (parte B) al puente eléctrico | 2.09 | 0.94 | 1.96 | 0.05 | 2.06 |
| 19 | Subir molde (parte B) | 3.21 | 0.94 | 3.02 | 0.05 | 3.17 |
| 20 | Nivelar molde en máquina inyectora (parte B) | 2.04 | 0.94 | 1.92 | 0.05 | 2.01 |
| 21 | Apretar Alzas y lañas en molde (parte B) | 17.25 | 0.94 | 16.22 | 0.05 | 17.03 |
| 22 | Conectar mangueras de agua | 15.24 | 0.94 | 14.33 | 0.05 | 15.04 |
| 23 | Colocar cintas en mangueras de agua | 4.06 | 0.94 | 3.82 | 0.05 | 4.01 |
| 24 | Pruebas de inyección | 5.09 | 0.94 | 4.78 | 0.05 | 5.02 |
| | Totales | 130.96 | | 123.10 | | 129.26 |

Fuente: propia.

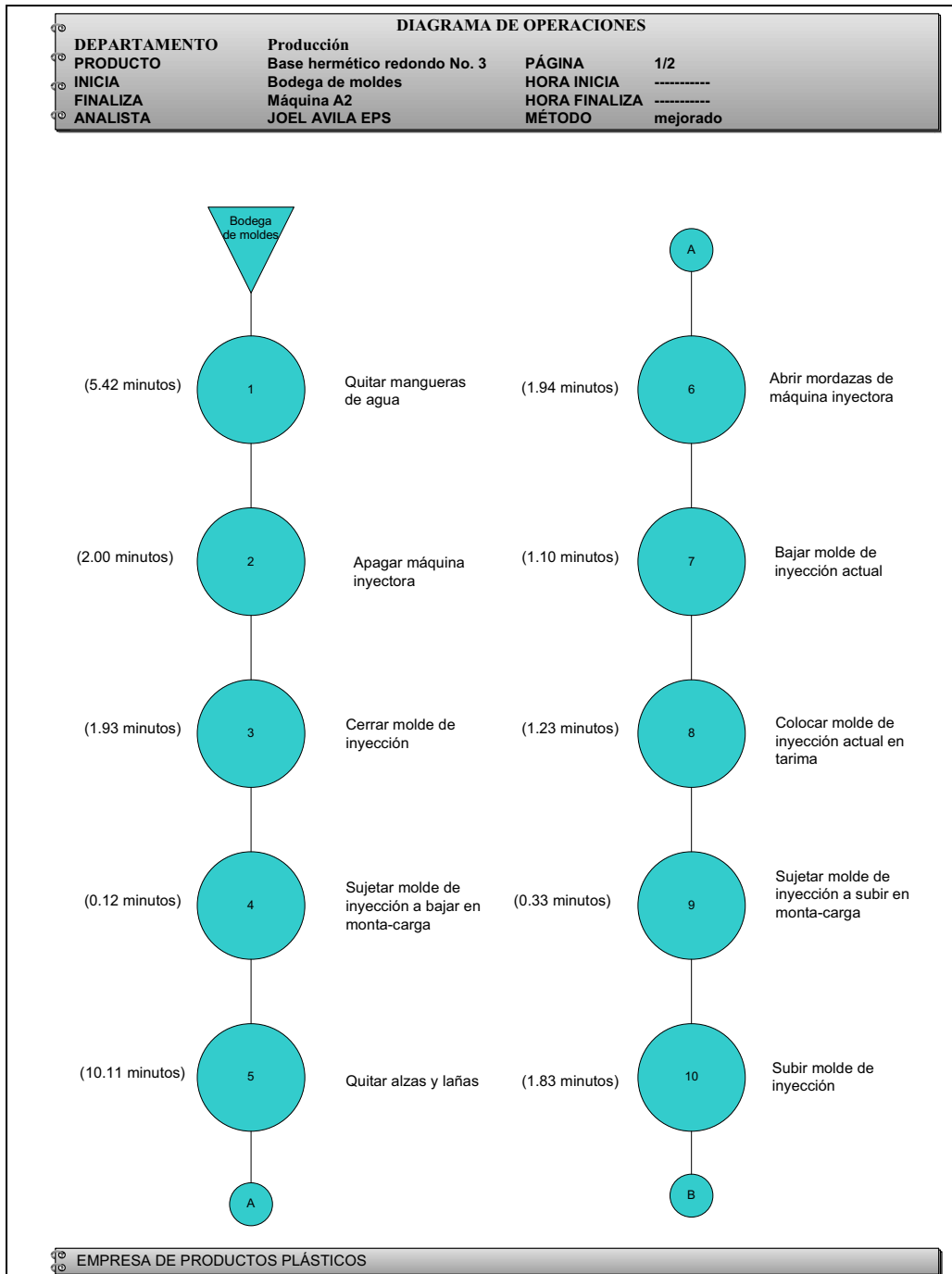
2.2.1.4 Elaboración de diagramas operaciones, diagrama de flujo y diagrama de recorrido

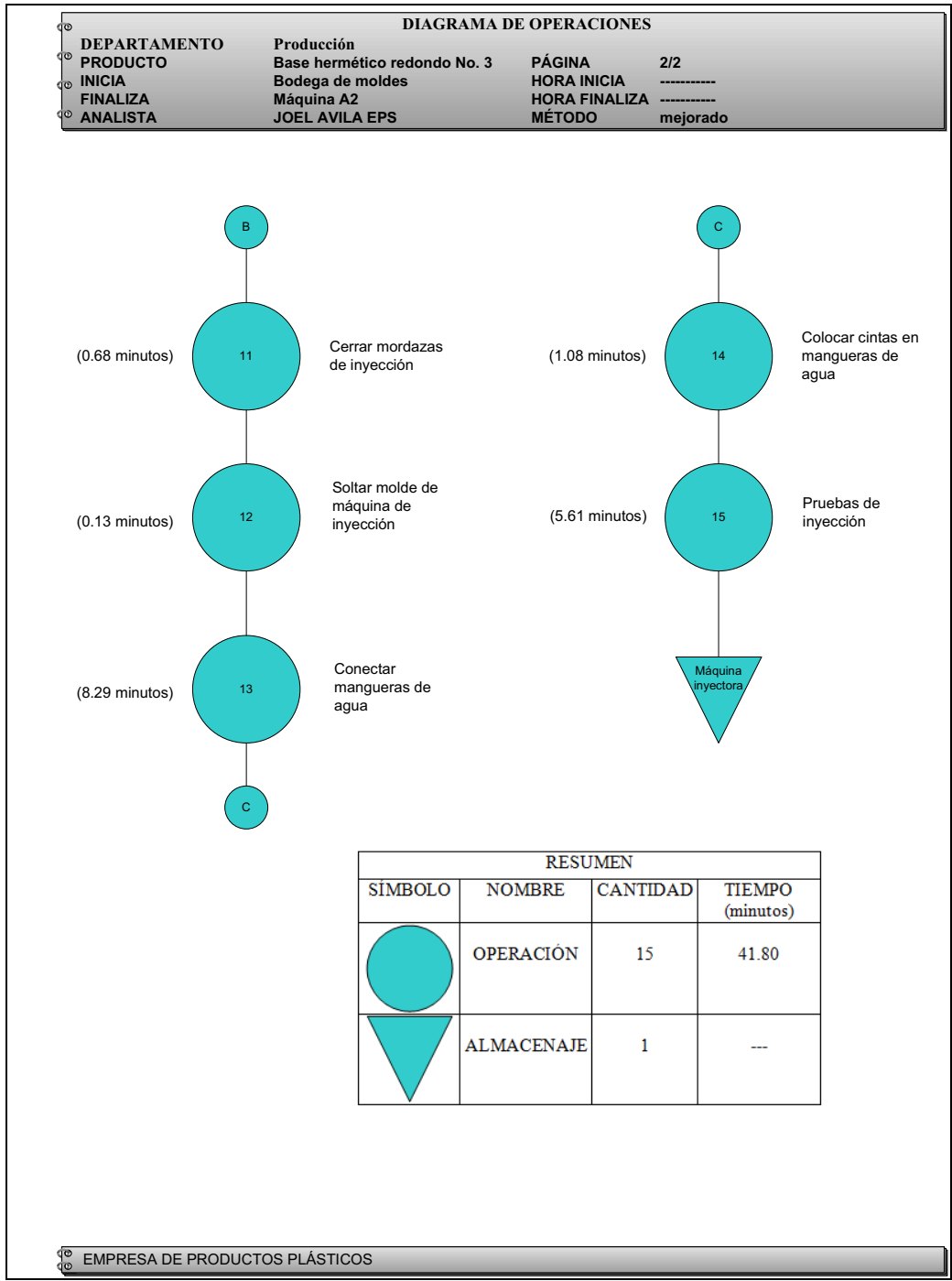
Por medio de las observaciones realizadas en el departamento de producción para la empresa dedicada a la fabricación de productos plásticos en máquina inyectoras, se construyen los diagramas con las condiciones existentes después de la implementación del SMED, ya que anteriormente no existía un orden definido, ni se delegaba que actividades tenía que realizar cada miembro del equipo de montaje de moldes.

En la figura 22, página 95, se muestra el diagrama de operaciones para una máquina pequeña, y en este caso se trata de la máquina A2.

No se elaboran los diagramas de operaciones para las demás máquinas inyectoras, porque la única variante con respecto a los diagramas de flujo del proceso es que no se cuenta con el transporte.

Figura 22. Diagrama de operaciones A2





Fuente: propia.

Figura 23. Diagrama de flujo del proceso A2

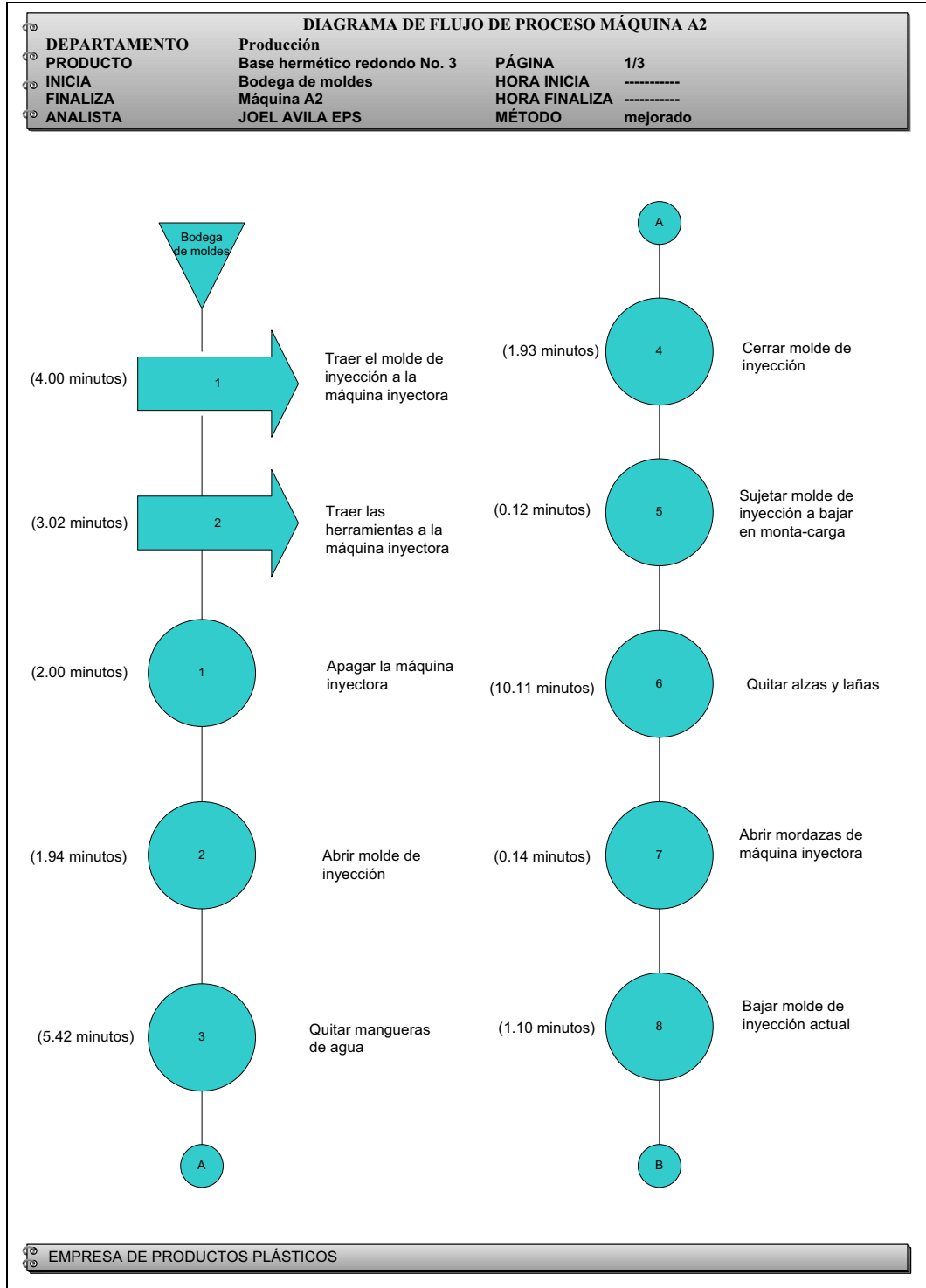
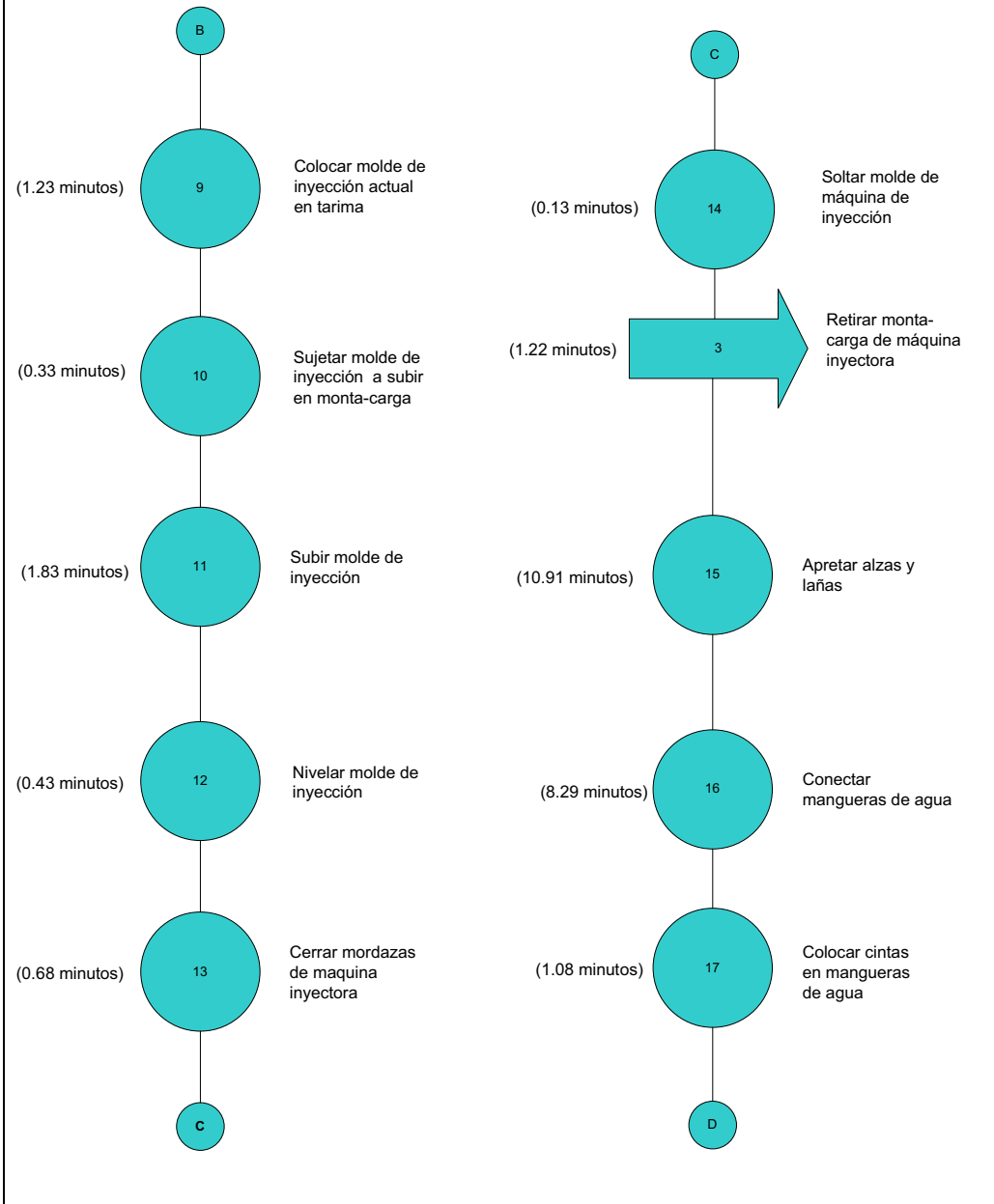
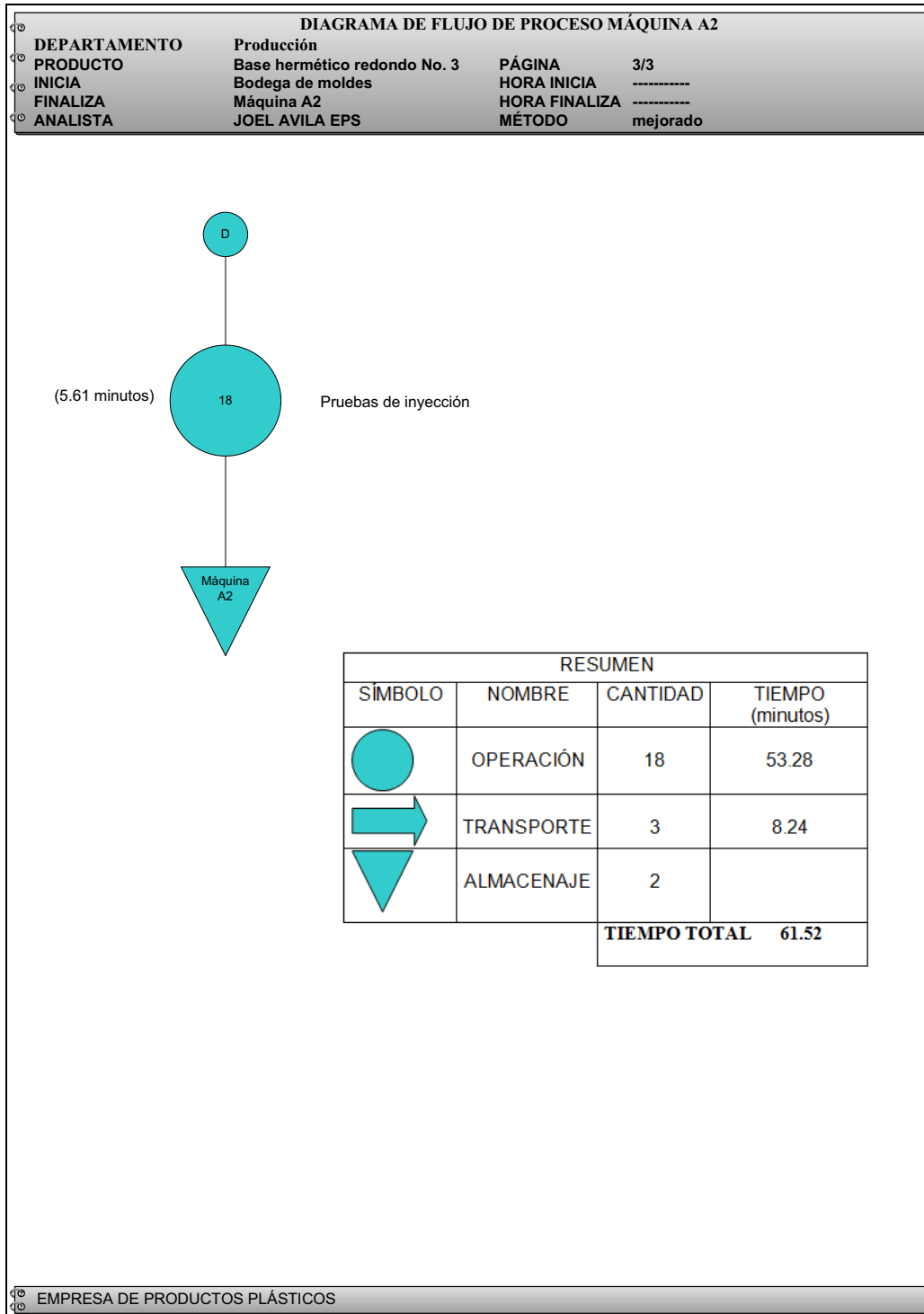


DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO MÁQUINA A2

| | | | |
|--------------|------------------------------|---------------|----------|
| DEPARTAMENTO | Producción | PÁGINA | 2/3 |
| PRODUCTO | Base hermético redondo No. 3 | HORA INICIA | ----- |
| INICIA | Bodega de moldes | HORA FINALIZA | ----- |
| FINALIZA | Máquina A2 | MÉTODO | mejorado |
| ANALISTA | JOEL AVILA EPS | | |

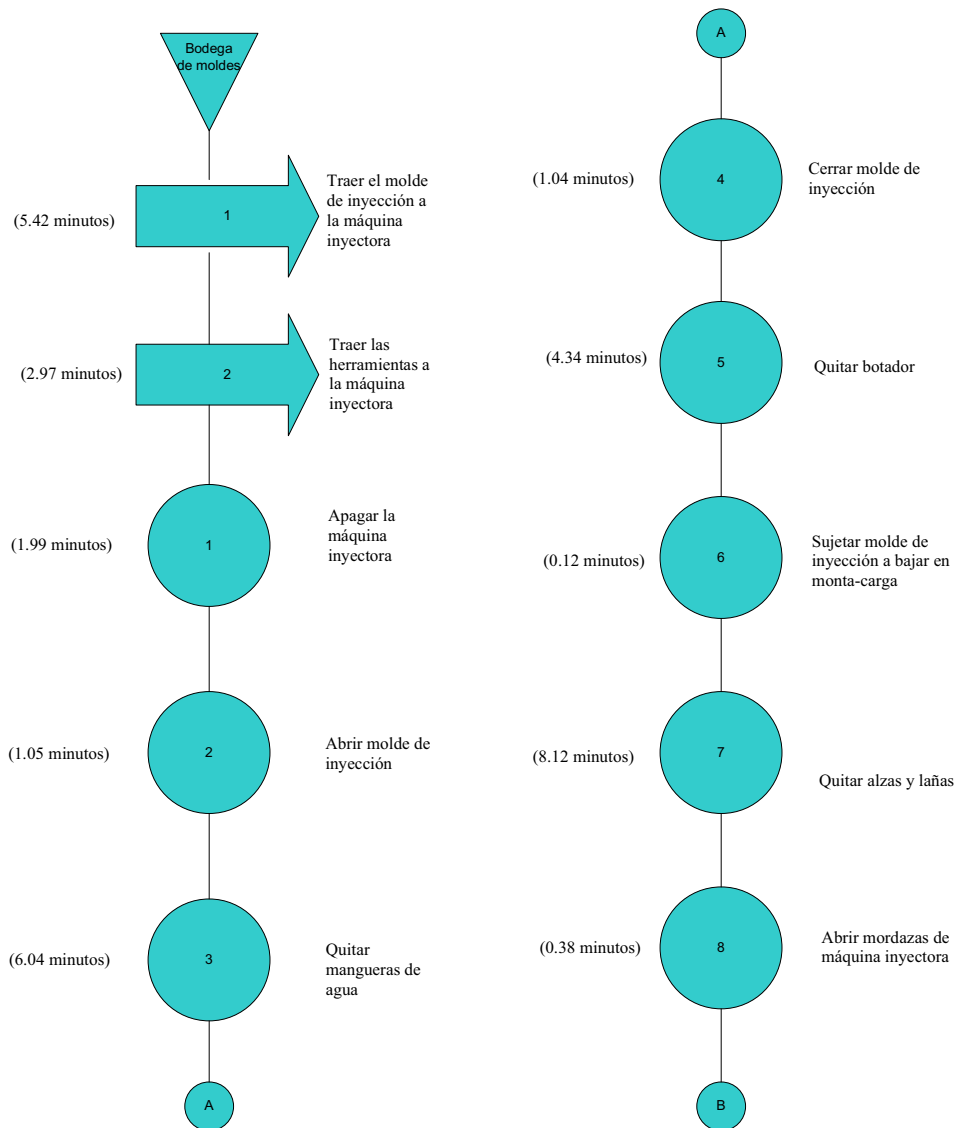


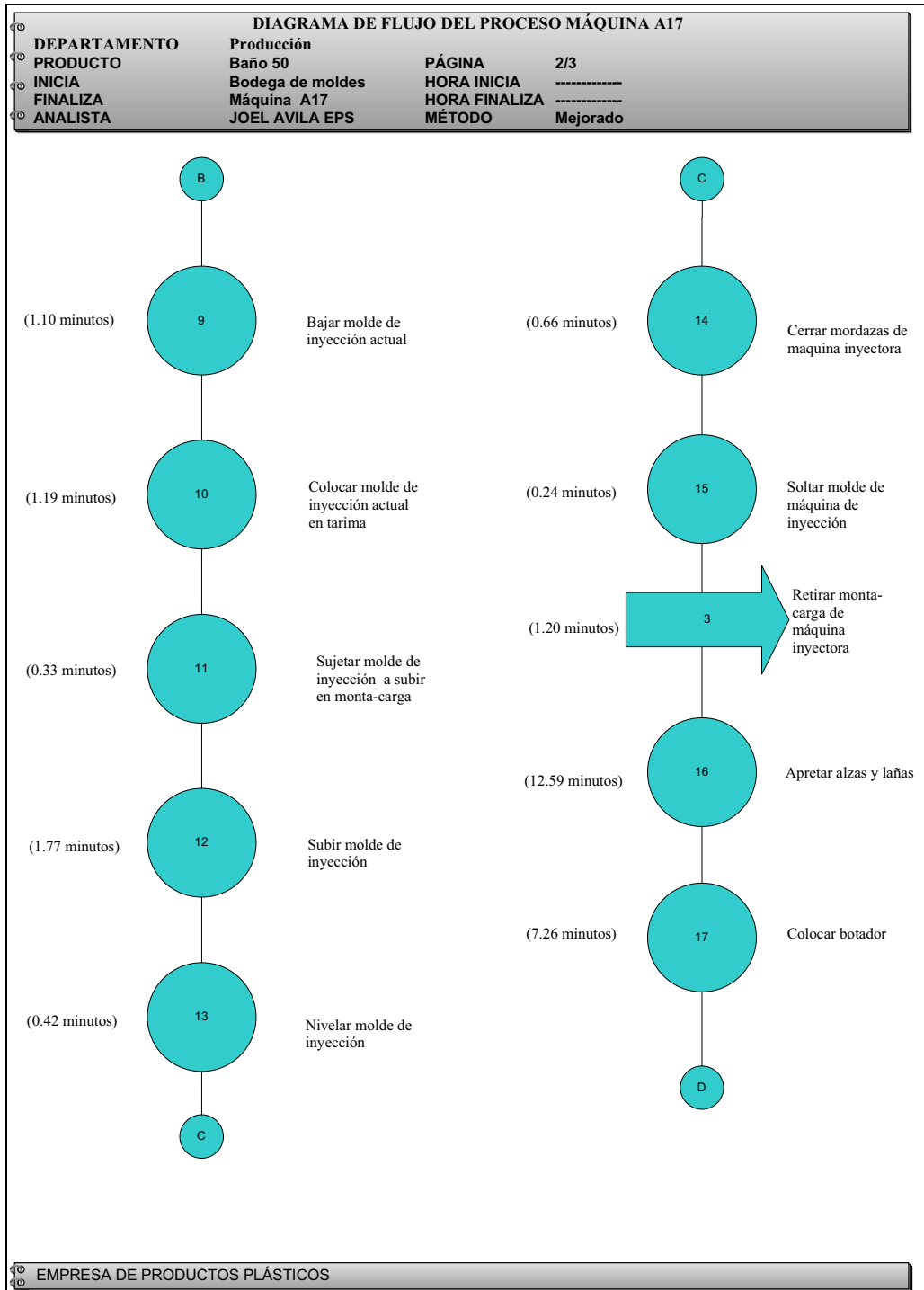


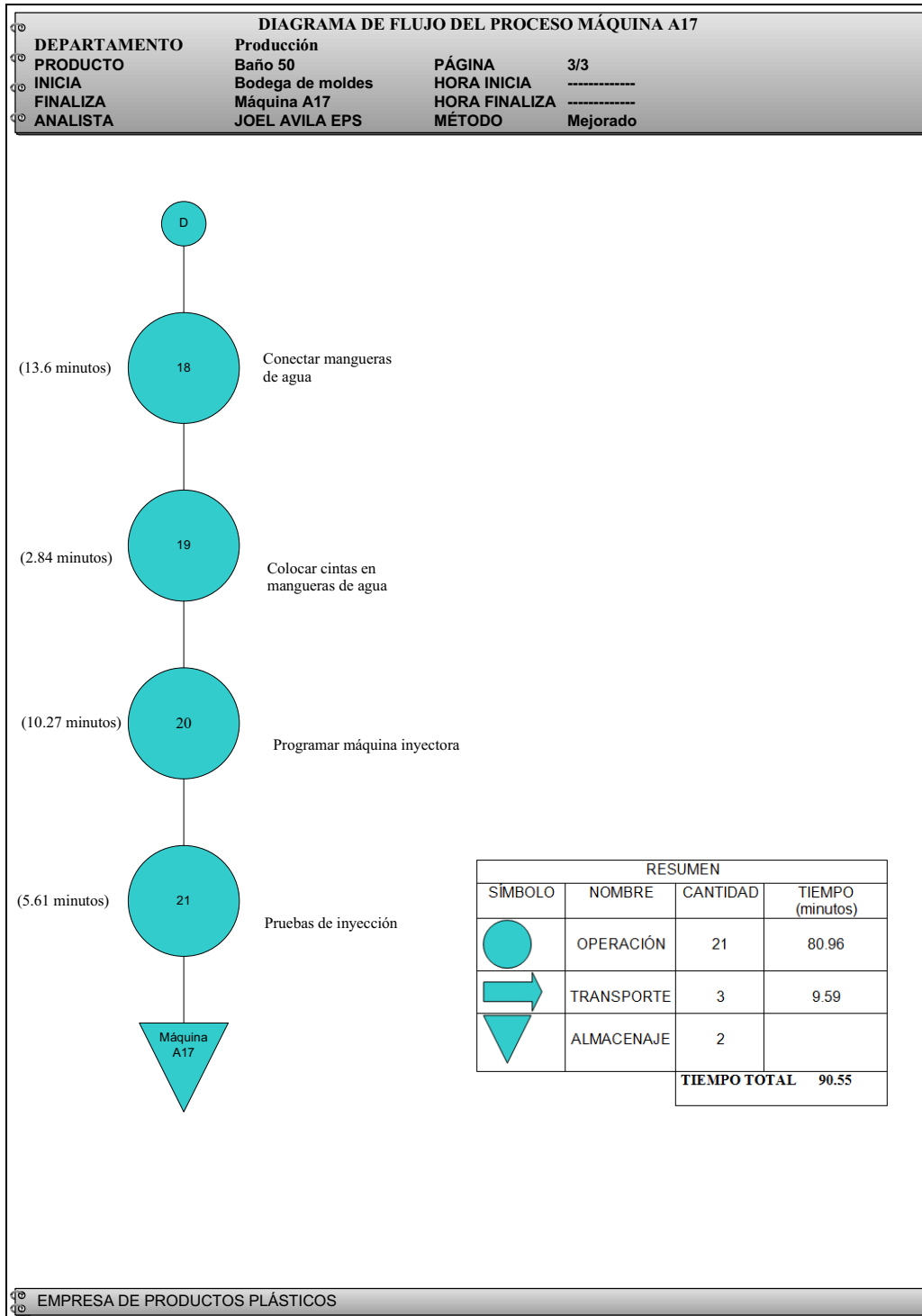
Fuente: propia.

Figura 24. Diagrama de flujo del proceso A17

| DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO MÁQUINA A17 | | | |
|---|------------------|---------------|----------|
| DEPARTAMENTO | Producción | PÁGINA | 1/3 |
| PRODUCTO | Baño 50 | HORA INICIA | ----- |
| INICIA | Bodega de moldes | HORA FINALIZA | ----- |
| FINALIZA | Máquina A17 | MÉTODO | Mejorado |
| ANALISTA | JOEL AVILA EPS | | |







Fuente: propia.

Figura 25. Diagrama de flujo del proceso C5

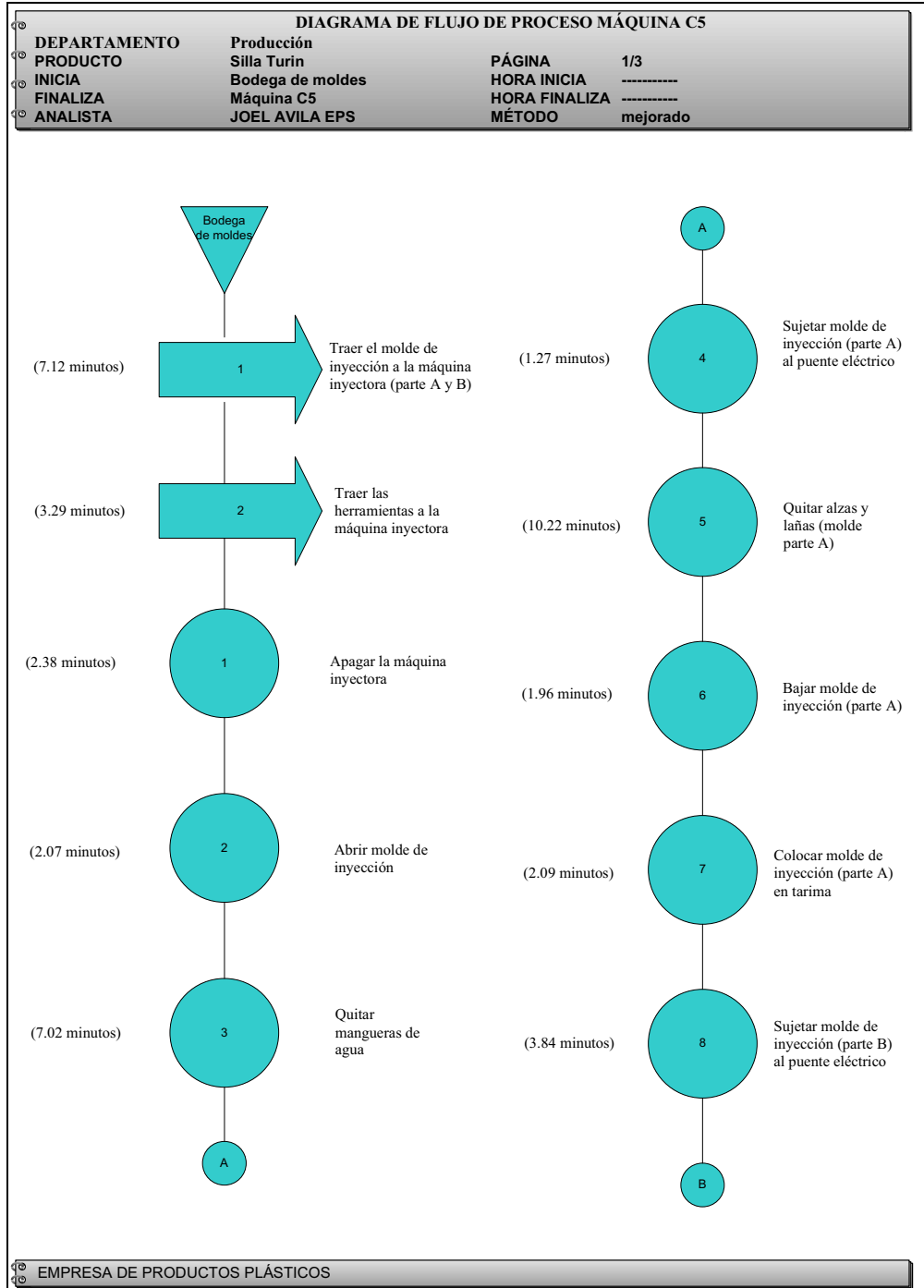
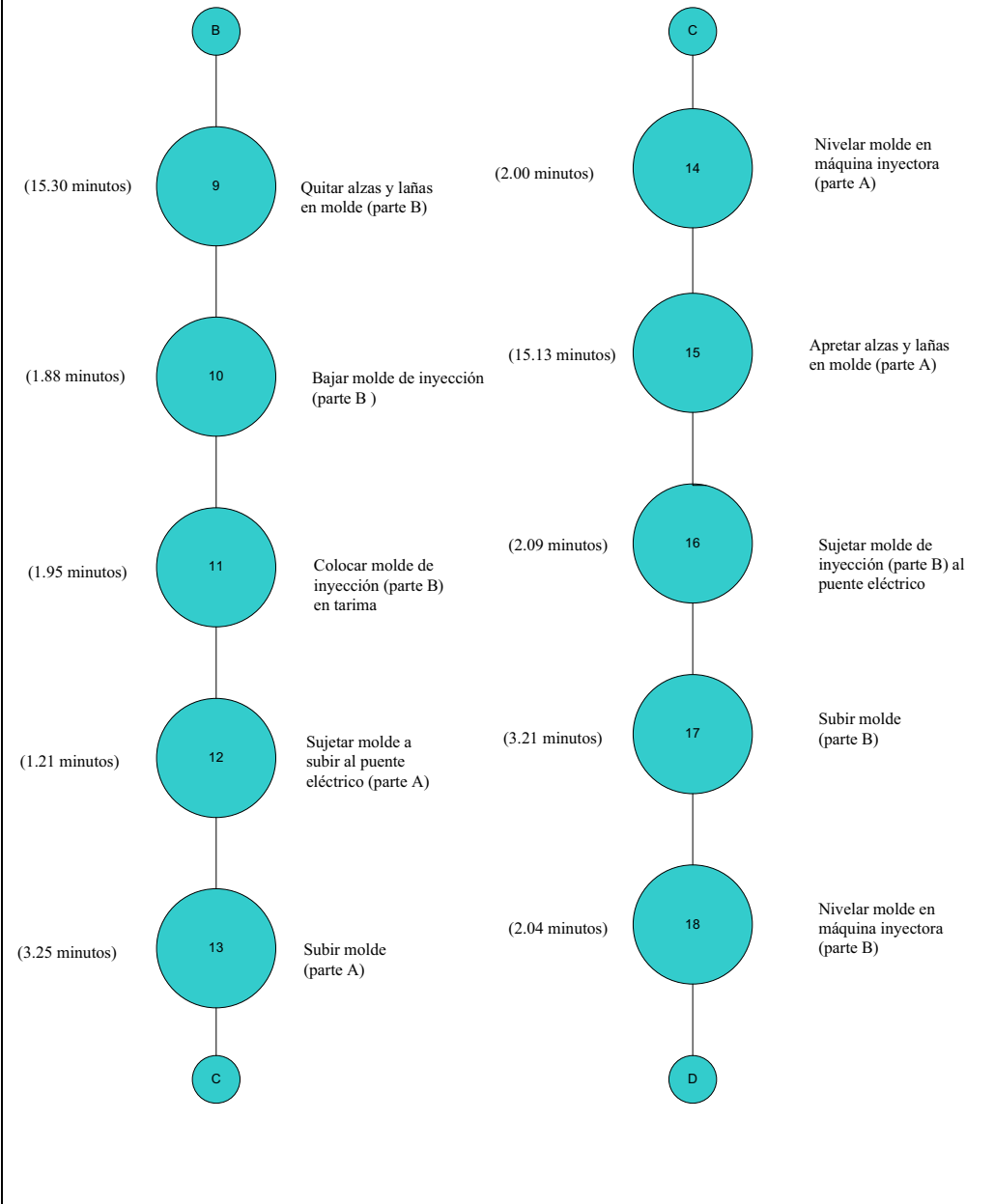
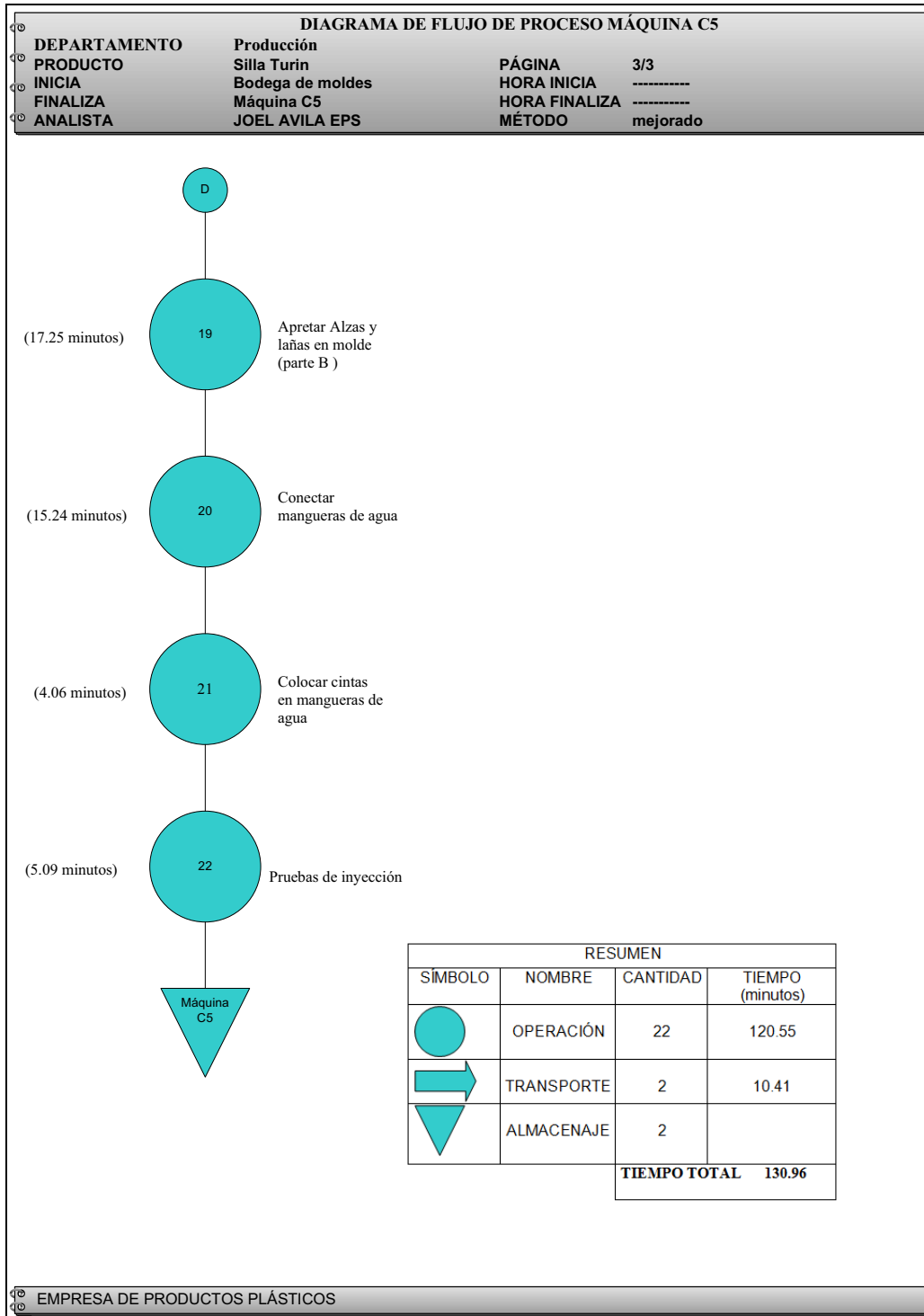


DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO MÁQUINA C5

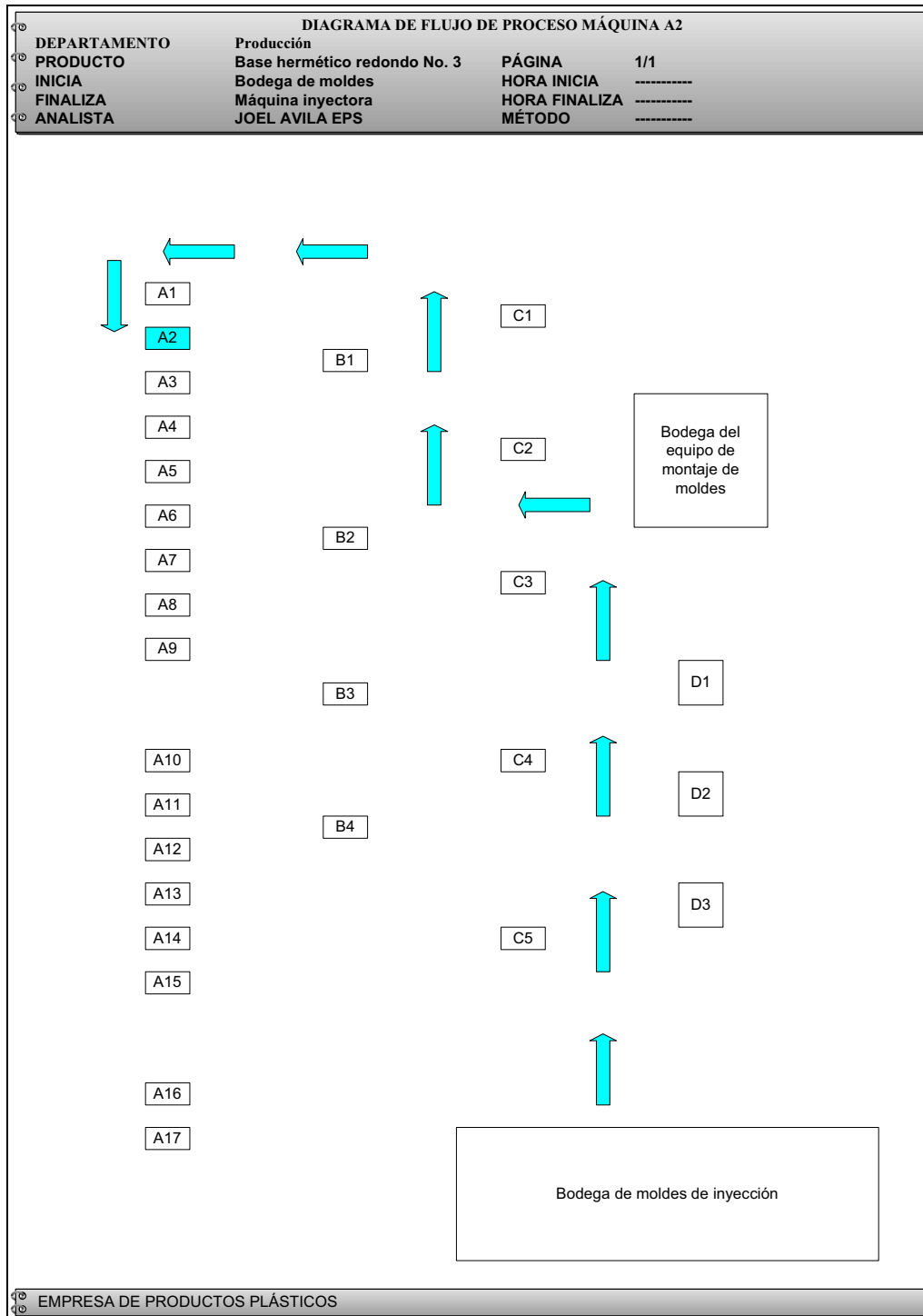
| | | | |
|--------------|------------------|---------------|----------|
| DEPARTAMENTO | Producción | PÁGINA | 2/3 |
| PRODUCTO | Silla Turin | HORA INICIA | ----- |
| INICIA | Bodega de moldes | HORA FINALIZA | ----- |
| FINALIZA | Máquina C5 | MÉTODO | mejorado |
| ANALISTA | JOEL AVILA EPS | | |





Fuente: propia.

Figura 26. Diagrama de recorrido máquina A2



Fuente: propia.

Figura 27. Diagrama de recorrido máquina A17

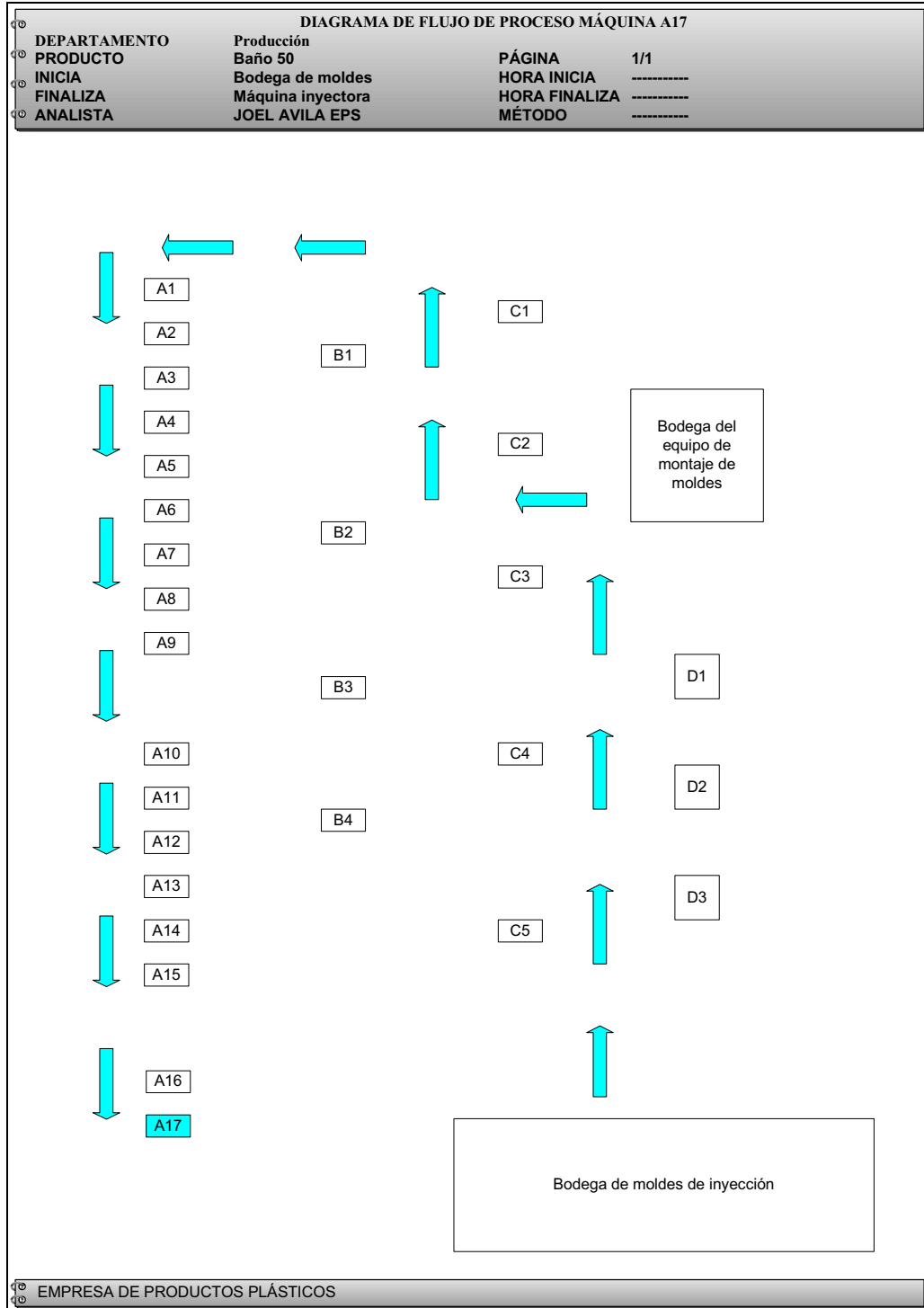
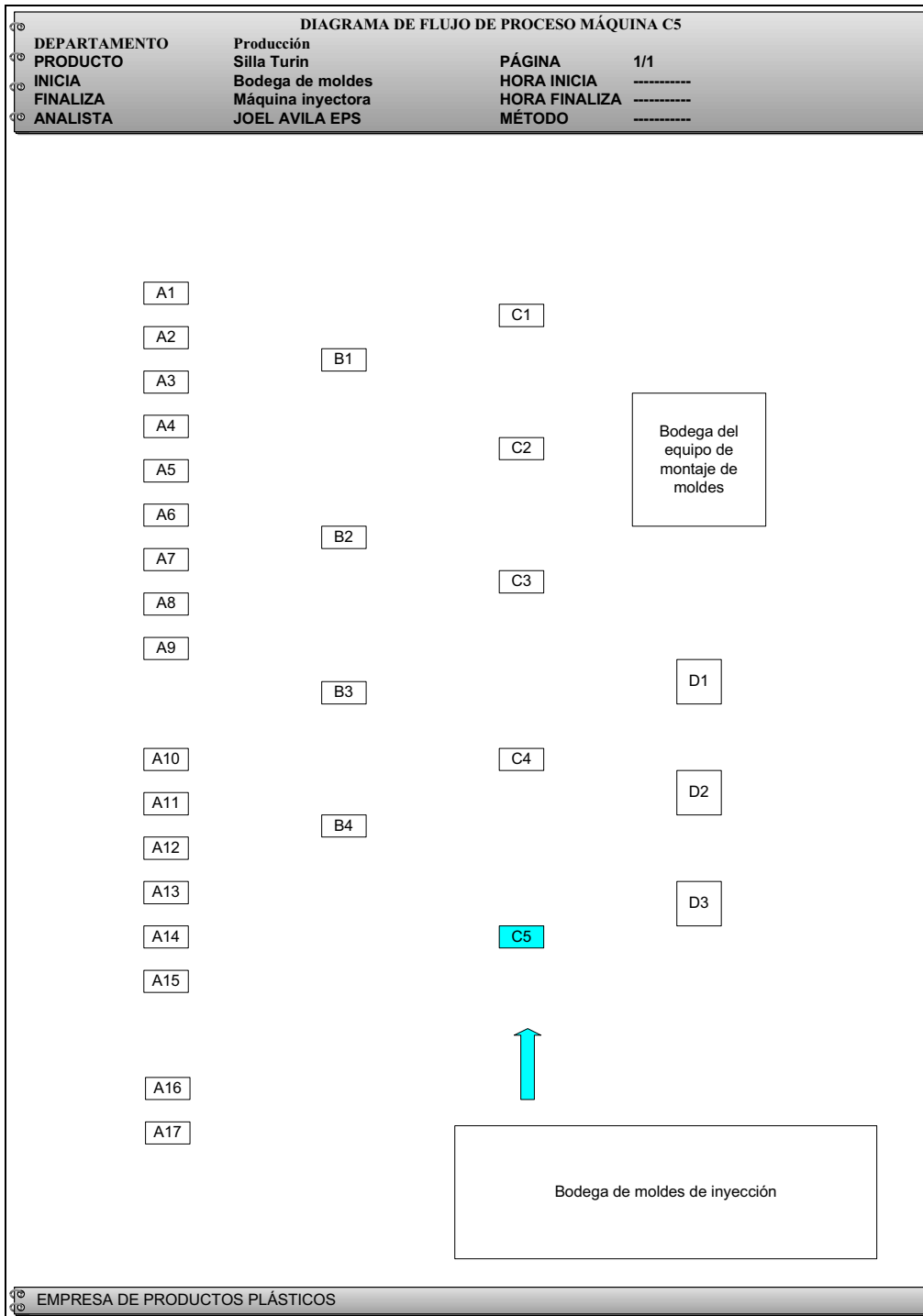


Figura 28. Diagrama de recorrido máquina C5



Fuente: propia.

Comparación de diagramas de flujo actual y mejorado

En esta sección se colocan algunas actividades encontradas en los diagramas y se da una breve descripción de como se realizó la mejora. Se analiza la máquina inyectora A2 para dar un ejemplo de lo realizado.

Apagar la máquina inyectora: en diagrama de proceso actual el apagado de la máquina inyectora se realiza como primera operación y tiene una duración de 7.99 minutos (ver página 43), pero esta actividad puede realizarse después de traer el molde de inyección y la herramienta a la máquina (ver página 97, diagrama mejorado), además al practicar varias veces la misma operación se logra reducir el tiempo a 2.00 minutos, lo que implica una reducción de 5.99 minutos.

Llevar la herramienta al lugar de trabajo: en el diagrama actual esta actividad se realiza en un tiempo de 4.19 minutos (ver página 43) después de apagar la máquina inyectora, cuando se aplica el SMED se logra realizar la misma actividad ahora antes de apagar la máquina inyectora en 3.02 minutos (ver página 97).

Abrir mordazas de máquina inyectora: en el diagrama actual se realiza esta actividad en 0.14 minutos (ver página 43) y luego de aplicar el SMED se realiza en 0.14 minutos (ver página 97). Se puede ver que en esta operación no hay variación porque son operaciones programadas de la máquina inyectora y tienen un tiempo definido.

Quitar mangueras de agua: es una de las actividades que tiene potencial en la reducción del tiempo ya que esta relacionada directamente con la habilidad del mecánico, en el diagrama actual (ver página 43) se tiene un tiempo de 8.80 minutos, luego se observa que aplicando el SMED se tiene un tiempo de 5.42 minutos (página 97).

Cerrar molde de inyección: Esta actividad esta condicionada por la programación de la máquina inyectora y el tiempo para ella es de 1.93 minutos ver página 43 y 97.

Quitar alzas y lañas: en el proceso actual tiene un tiempo de 10.82 minutos (ver página 43), en el proceso mejorado tiene un tiempo de 10.11 minutos. (ver página 97).

Bajar molde de inyección: en el proceso actual esta actividad se realiza en 3.75 minutos (ver página 43) ya con la aplicación del SMED se tiene un tiempo de 1.10 minutos (ver página 97).

Estas son algunas de las actividades que se pueden mencionar dentro del proceso de cambio de moldes para máquina inyectoras para productos plásticos, los diagramas para las máquinas A17 y C5 tienen la misma forma de ser analizados para ver la reducción del tiempo que se ha logrado.

2.2.1.5 Identificar las actividades internas y externas

Actividad desarrollada en el departamento de producción, observando directamente las operaciones de los mecánicos para realizar el cambio de moldes en máquinas inyectoras para productos plásticos.

El sistema SMED identifica dos actividades que son de suma importancia para la reducción del tiempo de cambio, éstas se definen a continuación:

Actividades internas:

Toda aquella que se realice con la máquina no funcionando.

Actividades externas:

Toda aquella que se realice con la máquina en funcionamiento.

Cuando una máquina inyectora está en funcionamiento es difícil realizar una actividad interna debido a que generalmente todas las partes están en movimiento.

En la tabla XXXI, página 112, se tiene una lista con las actividades más comunes dentro de un cambio de moldes, las actividades no están clasificadas en internas y externas, debido a que esto se realizará en el apartado 2.2.2.1, página 117.

Tabla XXXI. Lista de actividades internas y externas

| |
|--|
| Cerrar alimentación general de agua. |
| Colocar y apretar lañas. |
| Limpiar y aplicar grasa a molde a bajar. |
| Revisar estado de los racores en los moldes. |
| Traer molde a subir con el monta-carga desde bodega de moldes a máquina inyectora. |
| Desalojar ruta por donde pasa el monta-carga. |
| Quitar botador. |
| Cambio de boquilla. |
| Desalojar área de trabajo. |
| Quitar lañas en molde a bajar. |
| Preparación de alzas y lañas. |
| Quitar mangueras de agua. |
| Limpieza de boquilla. |
| Conectar mangueras de agua. |
| Llevar toda la herramienta que se necesita al lugar de trabajo. |

Fuente: propia.

2.2.1.6 Realizar un inventario de la herramienta

Este se realizó en presencia del jefe de mecánicos dentro de la bodega de montaje de moldes. Se colocó toda la herramienta sobre una mesa de trabajo, luego se contabilizó cada una, inspeccionando su estado actual y describiendo su aplicación, toda la herramienta del inventario se encuentra en la tabla IV y página 27 de este documento.

Al realizar el inventario de la herramienta, se encontró que el departamento de montaje de moldes extravió algunas herramientas y tienen que ser repuestas, estas herramientas son las siguientes:

Tabla XXXII. Herramienta a reponer

| Cantidad | Descripción |
|-----------------|--------------------|
| 2 | Llaves estilson. |
| 2 | Vise grip. |
| 1 | Nivel. |
| 2 | Cintas métricas. |
| 1 | Corta alambre. |
| 1 | Protector de ojos. |

Fuente: propia.

Debido a las exigencias del departamento de producción y con el objetivo de reducir el tiempo de cambio de moldes en las máquinas inyectoras, se sugiere adquirir la siguiente herramienta:

Tabla XXXIII. Herramienta sugerida para el departamento de montaje de moldes

| Herramienta | Cantidad | Descripción |
|--|----------|---|
| <p>Alicate</p>  | 1 | <p>Aplicación: para aflojar y apretar tuercas de diferentes medidas.</p> <p>Costo: Q40.95</p> |
| <p>Serrucho</p>  | 1 | <p>Aplicación: para cortar pedazos de madera.</p> <p>Costo: Q65.50</p> |
| <p>Barreno</p>  | 1 | <p>Aplicación: para hacer agujeros en adaptaciones de los moldes.</p> <p>Costo: Q575.00</p> |
| <p>Brocas</p>  | 6 | <p>Aplicación: para hacer agujeros por general limpiar boquillas.</p> <p>Costo: Q70.00 (6 unidades)</p> |
| <p>Pulidora</p>  | 1 | <p>Aplicación: para fabricación de botadores.</p> <p>Costo: Q425.25</p> |

| | | |
|---|----------|---|
| <p>Machuelos</p>  | <p>3</p> | <p>Aplicación: para hacer roscas y corregir roscas dañadas en los moldes de inyección.</p> <p>Costo: Q135.75 (3 unidades)</p> |
| <p>Dremel</p>  | <p>1</p> | <p>Aplicación: para pulir moldes de inyección y ajustar superficies de los mismos.</p> <p>Costo: Q880.00</p> |
| <p>Martillo de uña</p>  | <p>1</p> | <p>Aplicación: para reparar tarimas donde se colocan los moldes de inyección.</p> <p>Costo: Q66.70</p> |
| <p>Juego de llaves allen en pulgadas</p>  | <p>1</p> | <p>Aplicación: apretar y aflojar tornillos.</p> <p>Costo: Q60.50</p> |
| <p>Juego de llaves allen en mm</p>  | <p>1</p> | <p>Aplicación: apretar y aflojar tornillos.</p> <p>Costo: Q57.75</p> |
| <p>Costo total de la herramienta: Q2310.70</p> | | |

El departamento de montaje de moldes cuenta con bastante herramienta para realizar su trabajo, sin embargo en algunos cambios se observa que sería más fácil si contarán con las herramientas sugeridas y destinadas específicamente para ser utilizadas por ellos, ya que en ocasiones tienen que acudir a otros departamentos para prestar herramienta, situación que aumenta el tiempo de cambio por incremento del tiempo muerto durante el proceso de cambio.

2.2.2. Convertir tareas internas en externas

Para convertir las actividades internas a externas es necesario tener la cooperación de los mecánicos que intervienen directamente en la preparación y cambio de moldes. Así será posible realizar las actividades en orden y secuencia lógica con la finalidad de no dejar nada al azar.

En la página 9 de este documento se habla sobre la etapa técnica y también existe una serie de actividades recolectadas durante el proceso de cambio. La conversión de las actividades tiene relación directa con el orden en que son realizadas las operaciones y que el mecánico distinga que actividad se realiza como interna para convertirla a externa, se da un ejemplo a continuación:

Operación sin SMED

| Tiempo muerto | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Apagar la máquina inyectora | Ir a traer el molde de inyección |

Operación con SMED

| % tiempo ahorrado | Tiempo muerto ahora es mas pequeño |
|----------------------------------|------------------------------------|
| Ir a traer el molde de inyección | Apagar la máquina inyectora |

2.2.2.1 Lista de actividades internas y externas

Para disminuir el tiempo se tiene que separar las actividades externas de las internas y que los mecánicos del grupo de montaje de moldes puedan distinguir que actividades tienen prioridad con el fin de reducir el tiempo de cambio de moldes.

En la tabla XXXI, página 112, se muestran las actividades comunes durante el cambio de moldes, las cuales son separadas y mostradas en las tablas XXXIV y XXXV.

Tabla XXXIV. Actividades internas

| |
|--|
| Cerrar alimentación general de agua. |
| Quitar mangueras de agua. |
| Quitar lañas en molde a bajar. |
| Medir desplazamiento (carrera). |
| Colocar y apretar lañas. |
| Limpiar y aplicar grasa a molde a bajar. |
| Conectar mangueras de agua. |
| Quitar botador. |
| Programación de la máquina. |
| Limpieza de boquilla. |
| Cambio de boquilla. |

Fuente: propia.

Tabla XXXV. Actividades externas

| |
|--|
| Traer molde a subir con el monta-carga desde bodega de moldes a máquina inyectora. |
| Revisar estado de los racores en los moldes. |
| Preparación de alzas y lañas. |
| Desalojar área de trabajo . |
| Desalojar ruta por donde pasa monta-carga. |
| Llevar toda la herramienta que se necesita al lugar de trabajo para no tener que estar regresando a la bodega de moldes. |



Fuente: propia.

2.2.2.2 Cambiar actividades internas a externas

Antes de implementar el SMED el departamento de montaje de moldes no cuenta con un orden específico para realizar las operaciones, y todo se hace al azar.

Al implementar el sistema SMED se realizan las operaciones de forma lógica. Un ejemplo se puede observar en la tabla XXXVI, donde se ha realizado una conversión de las actividades para mejorar el proceso de cambio de moldes.

Tabla XXXVI. Conversión de actividades internas a externas

| ACTIVIDAD INTERNA | ACTIVIDAD EXTERNA |
|---|---|
| Apagar la máquina inyectora, para después ir a traer el molde de inyección. |  Ir a traer el molde de inyección y luego apagar la máquina inyectora |
| Revisar el estado de los racores en molde a subir cuando la máquina inyectora está apagada. |  Revisar el estado de los racores en molde a subir cuando la máquina esta funcionando. |

Fuente: propia.

2.2.2.3 Reducir el tiempo improductivo

El tiempo muerto es definido como improductivo en el cuál no se obtiene ningún beneficio para la empresa y las máquinas inyectoras no producen unidades conforme a las políticas de calidad de la empresa. La reducción que se realiza en el cambio de moldes, se basa específicamente en el orden de las actividades de cambio, así como el resultado de analizar qué actividades son indispensables y cuales se pueden eliminar.

Con la información recolectada y específicamente la de la página 73 se puede decir que el tiempo de cambio de moldes se ha reducido considerablemente y los porcentajes de reducción son los siguientes:

Tabla XXXVII. Porcentaje de reducción del tiempo muerto para máquinas inyectoras

| Máquina | Tiempo antes de aplicar SMED (minutos) | Tiempo después de aplicar SMED (minutos) | % Reducción del tiempo total |
|---------|--|--|------------------------------|
| A2 | 113.34 | 61.48 | 46 |
| A17 | 144.50 | 90.55 | 63 |
| C5 | 242.34 | 130.96 | 46 |

Fuente: propia.

Esto significa, por ejemplo: en la máquina A2, antes de aplicar el SMED se tardaba un cambio de molde 113.34 minutos y con la aplicación del SMED se tarda el cambio de molde 61.48 minutos habiendo un 46% de reducción del tiempo total.

2.2.2.4 Metodología sistemática de cambio

Como no existe un documento que indique las operaciones a realizar por cada operario en la preparación y cambio de moldes en máquinas inyectoras, las actividades se realizan en orden aleatoria por cada mecánico, de aquí, qué para poder establecer el tiempo normal, el tiempo estándar y homogenizar las operaciones, es necesario distribuir las actividades de la siguiente manera:

Tabla XXXVIII. Actividades antes de bajar el molde de inyección

Esta tabla corresponde a la asignación de actividades a cada uno de los mecánicos del departamento de montaje de moldes para lograr unificar las operaciones y así no dejar ningún movimiento al azar.

| Responsable | Actividades |
|--------------------|---|
| JEFE DE MECÁNICOS | Traer el molde que se va a subir hasta la máquina inyectora, antes de que ésta se apague o deje de funcionar |
| MECÁNICO 1 | Inspección del molde que se va a subir (racores en mal estado, racores faltantes, manguera de aire etc.) de haber alguna falla iniciar acciones correctivas |
| MECÁNICO 2 | Despejar el lugar por donde pasará el monta-carga, o el puente para que todo funcione más rápido |

| | |
|------------------------------------|--|
| MECÁNICO 1, MECÁNICO 2 | Verificar que se termine el material del producto anterior, o bien parar la máquina y extraer todo el material que se pueda |
| MECÁNICO 3 | Preparación de alzas y lañas para el molde que se va a subir y llevar la herramienta al lugar de trabajo |
| MECÁNICO 3 | Desconectar alimentación general de agua y desconectar mangueras de agua en un lado de la máquina inyectora. Si el jefe de mecánicos ya trajo el molde también puede ayudar a quitar mangueras |
| MECÁNICO 1, MECÁNICO 2 | Quitar mangueras de agua en el otro lado de la inyectora |
| MECÁNICO 1, MECÁNICO 2, MECÁNICO 3 | Quitar lañas y alzas del molde que se va a bajar |
| HECTOR | Preparar cadenas para bajar molde actual y manejar monta-carga |
| MECÁNICO 1, MECÁNICO 2 | Ayudar al jefe de mecánicos a bajar el molde de la máquina inyectora |
| JEFE DE MECÁNICOS | Colocar el molde que se baja en el lugar más cercano posible |

Fuente: propia.

Tabla XXXIX. Actividades después de bajar el molde

Esta tabla contiene las actividades por realizar, para cada mecánico después de bajar el molde que se tenía en la máquina inyectora.

| Responsable | Actividades |
|------------------------|--|
| MECÁNICO 1, MECÁNICO 2 | Ayudar a traer molde que se va a subir hasta la máquina inyectora |
| MECÁNICO 2 | En lo que se trae el nuevo molde, calibrar distancia o desplazamiento |
| JEFE DE MECÁNICOS | Si es necesario construir o modificar el botador, puede traer el molde el mecánico 1, jefe de mecánicos se encarga de hacer las correcciones en el botador |
| MECÁNICO 1, MECÁNICO 2 | Subir el nuevo molde, el mecánico 3 puede encargarse de colocar el anillo centrador y de nivelar cuando sea necesario |
| MECÁNICO 3 | Asistir con la herramienta que se utiliza, tiene que limpiarla para que no lleve grasa y resbale |
| MECÁNICO 1, MECÁNICO 2 | Colocar alzas y lañas. Apretar alzas y lañas, el mecánico 3 puede ayudar en el apriete máximo para evitar la fatiga del grupo |

| | |
|------------------------|--|
| MECÁNICO 1, MECÁNICO 2 | Conectar mangueras de agua en molde, el mecánico 3 asiste con llaves y piezas que se necesiten (tiene listas las cintas para acondicionar mangueras) |
| MECÁNICO 3 | Traer el cilindro de gas cuando sea necesario para destapar la boquilla y al terminar se encarga de recoger las llaves y ordenarlas. |
| JEFE DE MECÁNICOS | A todo esto se esperaría tener colocado el botador y empezar a realizar la programación de la máquina inyectora |
| MECÁNICO 2 | Alimentar la máquina inyectora con el material todo el tiempo. |
| MECÁNICO 3 | Ordenar y limpiar la herramienta para que pueda ser utilizar en el próximo cambio sin ningún problema |

Fuente: propia.

2.2.3 Estudiar los métodos

Esto se refiere a que los mecánicos del equipo de montaje de moldes tienen que colaborar con estudiar las actividades que realizará cada uno al momento del cambio, cada actividad tiene que ser ejecutada con la mayor seguridad posible y no perder el tiempo en titubeos pues, al mismo tiempo se puede crear duda e inseguridad.

La práctica constante de las actividades de cambio, llevará a los mecánicos a un nivel en el cual sus habilidades técnicas se vean muy enriquecidas.

Las actividades que realiza cada mecánico se encuentran en las tablas XXXVIII y XXXIX, páginas 121 y 123.

2.2.3.1 Poner en práctica nuevas herramientas para realizar el trabajo de manera más simple

Para lograr una reducción del tiempo total de cambio de moldes es necesario tomar en cuenta los siguientes factores:

1. Mantenimiento de los moldes: los moldes de inyección están formados por piezas móviles que se deterioran con el uso, las superficies de moldeo tienen que estar lo suficientemente pulidas para dar al producto final los acabados de estética y calidad requeridos. Se pueden revisar las roscas de los conductos de enfriamiento, los empaques o sellos de agua, fugas en cilindros hidráulicos, resistencias eléctricas quemadas y todo tornillo que tenga indicios de fallar. Al encontrar un desperfecto en los moldes hay que corregirlo, así se evitará demoras al momento de hacer funcionar la máquina inyectora con el nuevo molde de inyección.

2. Llevar la herramienta hasta el lugar de trabajo: un miembro del equipo de montaje se puede encargar de esto, para ello se tiene una carretilla donde va la herramienta almacenada, además se puede realizar modificaciones a la carretilla de tal manera que las llaves queden visibles y ordenadas según su tamaño y tipo para hacer más fácil su búsqueda cuando se necesiten.

3. Llevar tarimas para colocar moldes: cuando se baja un molde de inyección es más fácil situarlo cerca de la máquina inyectora si el espacio lo permite, con el fin de ahorrar tiempo de transporte, pero se tiene que considerar los racores y las partes pulidas del molde se arruinarían si el molde es colocado directamente, es allí donde radica la importancia de las tarimas.

Figura 29. Tarimas para colocar moldes de inyección



Fuente: <http://www.maderaselmirador.com/>

El tamaño de las tarimas para los moldes de inyección es de 102 cm. por 122 cm.

4. Llevar los accesorios: al realizar el cambio de moldes llevar al lugar de trabajo todos los accesorios necesarios para el funcionamiento de los mismos.

Entre los accesorios se puede mencionar también que los moldes utilizan conectores para fluido, en este caso del tipo hembra y macho, siendo los conectores tipo macho los que tienden a deteriorarse y provocar hay fugas de agua, lo que significa cambiar la mayoría de estos en cada cambio de molde.

5. No aplicar grasa protectora al molde que se baja: los moldes para ser almacenados tienen que tener una película de grasa en las superficies pulidas para evitar la formación de óxido, pero esta operación requiere de

tiempo, el cual es valioso y no se puede arriesgar. Lo aconsejable es aplicar la grasa protectora en el mantenimiento de moldes, logrando así reducir aún más el tiempo muerto.

La aplicación de grasa protectora en un molde de inyección tiene un tiempo en el rango de 10 minutos a 15 minutos.

6. Programación de la máquina: se pueden programar las temperaturas de funcionamiento de la máquina para que al momento de terminar el cambio de molde se empiece a producir directamente las unidades requeridas.

La programación se realiza directamente en la máquina inyectora, la cual cuenta con un programa para realizar esto, lo que se puede ver en la tabla XLIV.

7. Material para fabricación: la materia prima utilizada para la fabricación de los productos, tiene que estar al pie de la máquina inyectora antes de que el cambio de molde se termine. Existe suficiente tiempo para preverla, ya que se tiene el programa semanal de cambios mostrado en la figura 13 de la página 24; además, cuando se da por aprobado el cambio se tiene aún un tiempo casi equivalente al tiempo que la máquina está apagada.

2.2.3.2 Identificar las piezas que se utilizan para acople, sujeción y centrado de moldes

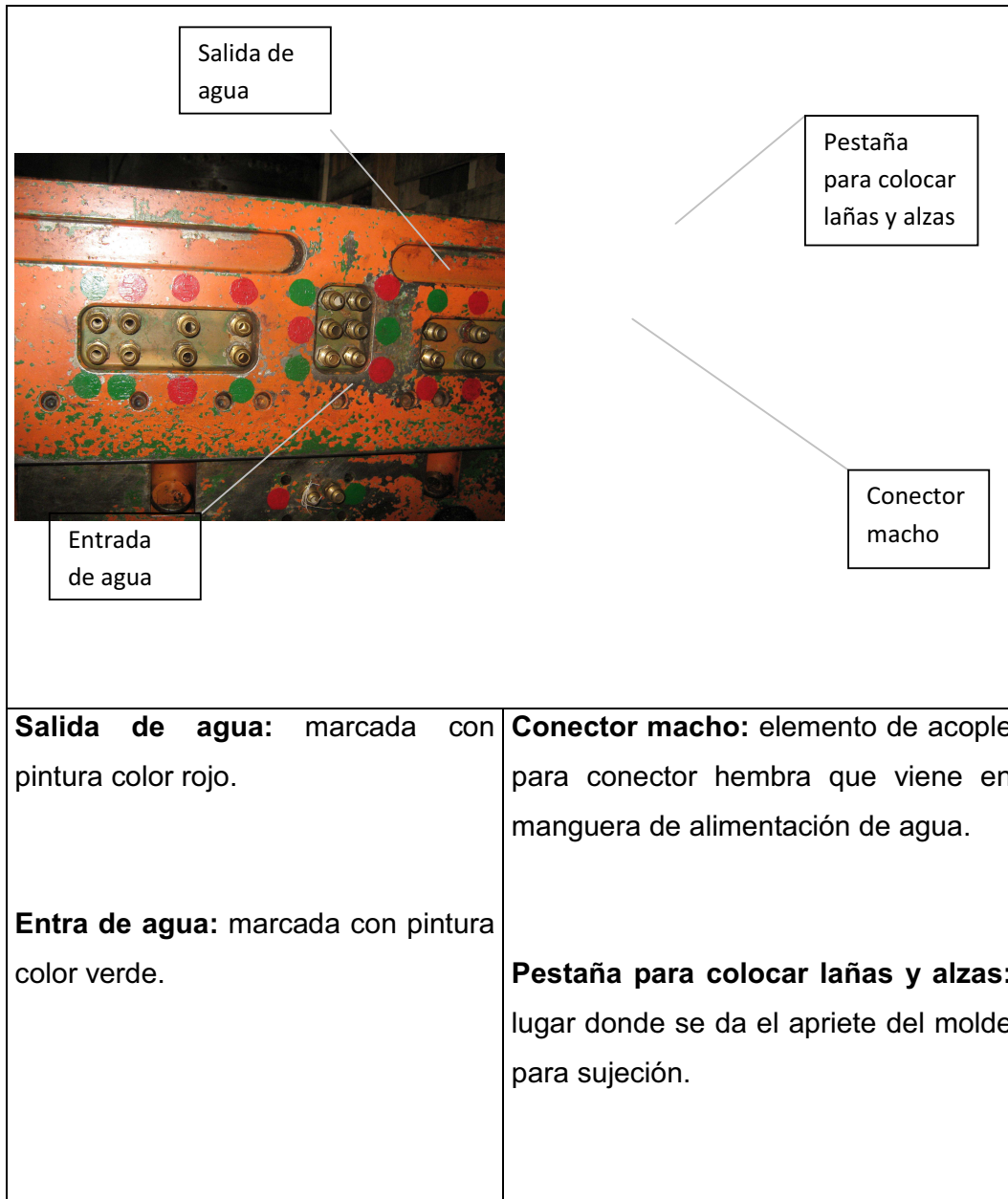
Su objetivo es disminuir el tiempo de cambio de moldes, a través de la identificación de las entradas y salidas de agua en los mismos.

Asignar una persona para que sea la responsable directa de hacer este trabajo, sin interrumpir el ritmo normal del cambio de moldes, por lo que se toma como un trabajo de mantenimiento de moldes.

Los moldes con mayor número de entradas y salidas de agua fueron marcados por el MECÁNICO 1, quien es el responsable directo de dicha operación.

Se utiliza pintura roja para identificar las salidas de agua y pintura verde para identificar las entradas, además se indican otros elementos en la figura 30.

Figura 30. Piezas de acople y sujeción de moldes



Fuente: propia.

Los anillos centradores se pueden pintar de colore azul, rojo y verde los que son de un mismo espesor y diámetro, para que al buscarlos se encuentren más rápidamente.

2.2.3.3 Tener ordenados los accesorios necesarios para los cambios de molde en máquinas inyectoras para productos plásticos

Se tiene en la bodega cierta cantidad de anillos centradores, tornillos de diferentes longitudes, alzas de diferentes tamaños y formas, acoples hembras y machos, así como también una cierta variedad de boquillas para inyección, todo esto se puede observar en las figuras 31 y 32.

Figura 31. Alzas, tornillos, centradores y accesorios



Fuente: propia.

Figura 32. Área de boquillas



Fuente: propia.

El orden en la bodega del departamento de montaje de moldes, facilita el encontrar rápidamente los accesorios que se necesitan en el momento preciso.

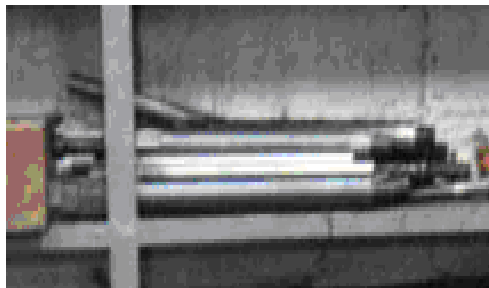
2.2.4 Eliminación de ajustes

En el proceso de cambio de moldes se observa que el ajuste principal es el realizado cuando se colocan los elementos de expulsión, ya que en ocasiones no existe este elemento llamado botador o bien su longitud no es la adecuada y se tiene que fabricar uno a la medida que se necesite.

El jefe de mecánicos del equipo de montaje de moldes tiene que llevar un control de las longitudes de los botadores que se utilizan, acorde al molde que se va a subir en la máquina inyectora. Esto significa que al recibir las ordenes de cambio para la semana de producción, él tiene que anticiparse y tener listos los botadores para la máquina que lo necesite.

Un botador por lo general es una barra rígida de acero, que tiene un lado con rosca y el otro sin rosca, pueden tener las longitudes que muestra la figura.

Figura 33. Botador



Fuente: propia.

Tabla XL. Longitudes de los botadores

| Botador | Longitud |
|---------|----------|
| 1 | 25 cm |
| 2 | 20 cm |
| 3 | 35 cm |

Fuente: propia.

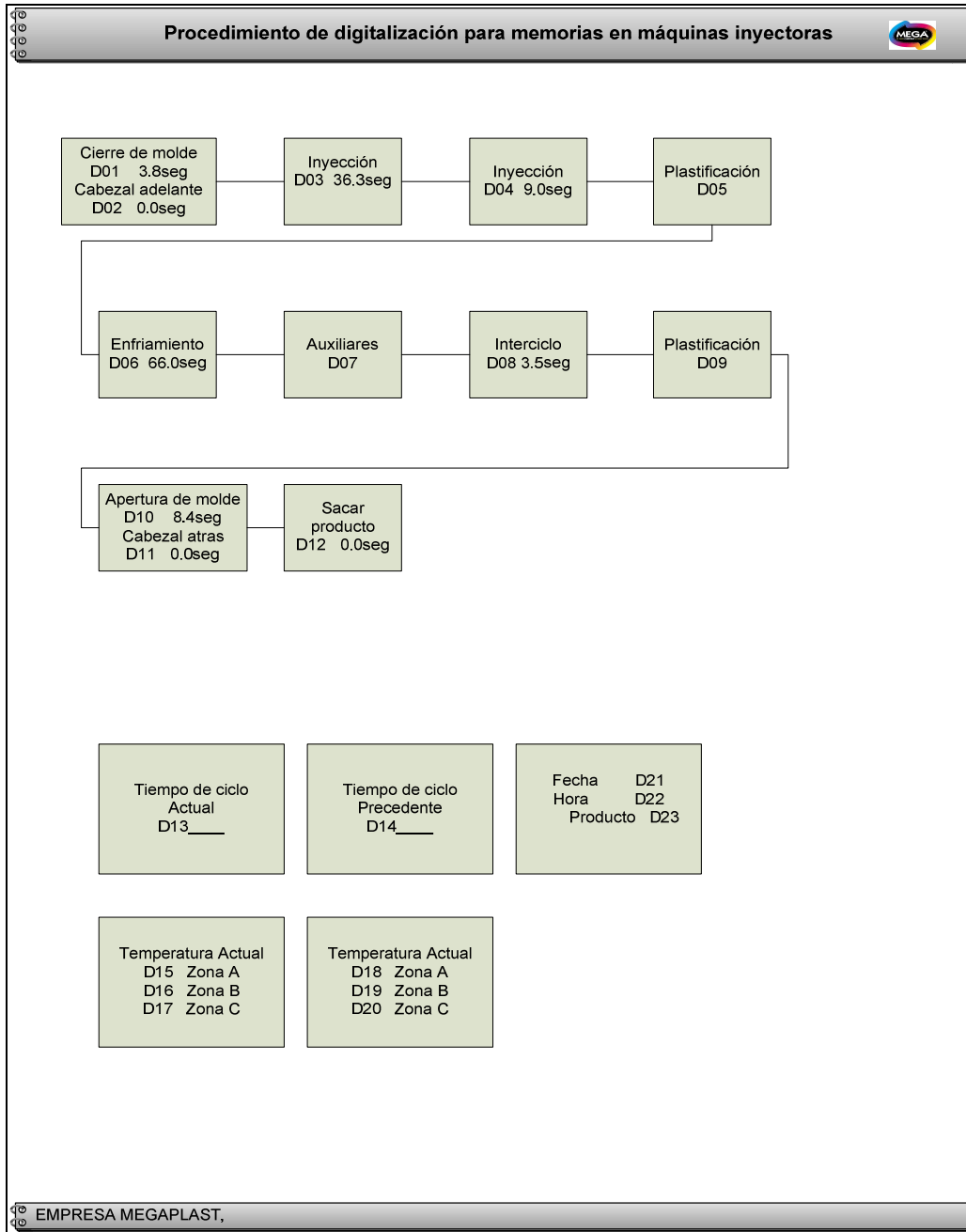
2.2.4.1 Utilizar memorias en las máquinas inyectoras

Las máquinas inyectoras están provistas de un programa de funcionamiento en el cual se puede cargar todas las condiciones de funcionamiento y almacenarlas para posteriores usos.

En muy raras ocasiones se utiliza esta característica de las máquinas inyectoras, pero vale la pena utilizarla ya que agiliza la puesta en marcha y por lo consiguiente se logra un adelanto en la reducción del tiempo muerto.

Se puede almacenar en este programa, el nombre del producto, así como ciertos parámetros que le permiten fabricar las piezas con las características de calidad aceptables.

Los materiales utilizados para la fabricación de los productos varía ya que los proveedores no son los mismos, pero los parámetros oscilan cerca de lo que se puede almacenar en la máquina inyectora.

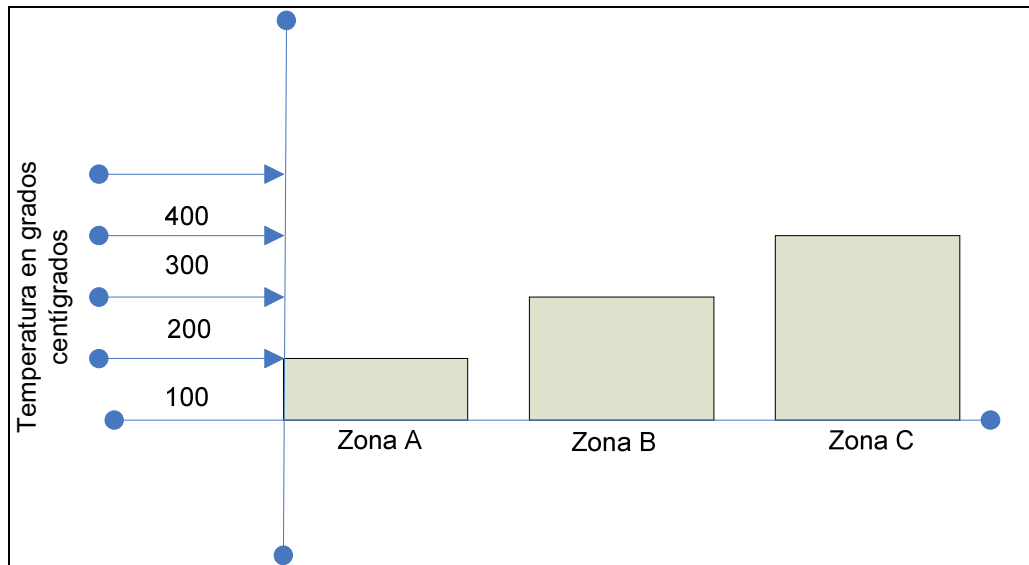


La digitalización de los datos se hace por medio de variables y las entradas adquieren valores numéricos, los que se pueden almacenar en la memoria interna de la máquina para futuras consultas y puesta en marcha.

2.2.4.2 Tabla de temperaturas

Las máquinas inyectoras tienen un programa que permite almacenar condiciones de productos que han sido elaborados anteriormente, en la mayoría de los casos el material utilizado para la fabricación de los productos es similar y hay máquinas inyectoras dónde se vuelve a subir el mismo molde. Es por ello que si el molde a subir tiene un registro digital en la inyectora, se puede utilizar ese registro para ahorrar tiempo de programación y puesta en marcha.

Tabla XLI. Temperaturas en máquina inyectora



Fuente: propia.

Las zonas indican el lugar donde están ubicadas las resistencias eléctricas sobre el barril, las zonas de mayor temperatura son las que están más cerca de la tolva.

2.2.4.3 Existencia de accesorios para cambios

Los accesorios más importantes para un cambio de moldes suelen ser los anillos centradores, los botadores, los tornillos y alzas en buen estado. Al llevar un control adecuado de estas piezas y mantener en existencia las mismas para los cambios que se realizarán durante la semana, es posible reducir considerablemente el tiempo de cambio de moldes.

A continuación se presenta un formato para llevar el control sobre la existencia de los accesorios para cambio de moldes y se nombra al mecánico 1 como persona encargada para llevar el control.

Tabla XLII. Control de accesorios para cambio de moldes

| | | |
|---------------------|-----------|--|
| Anillos centradores | Color: | Diámetro interno: Diámetro externo: Espesor: |
| Botadores | Longitud: | Diámetro: |
| Tornillos | Longitud: | Diámetro: Rosca: |
| Alzas | Tamaño: | |

Fuente: propia.

No se presenta la cantidad de accesorios total ya que están en continuo cambio en las máquinas inyectoras.

2.2.4.4 Preparar lañas, tornillos y alzas

Los moldes de inyección tienen diferentes espesores debido a su forma, es por ello que son utilizadas las mismas lañas, los tornillos y menos las alzas.

A continuación se describe el procedimiento para seleccionar y preparar los tres elementos de suma importancia para la sujeción de los moldes:



1. **Inspección visual del molde que se va a subir:** se observa que no tenga tornillos quebrados y que las pestañas estén libres de grasa o aceite.
2. **Inspección práctica:** en esta se quitan los tornillos y se ven las posibles fisuras, también se mide el espesor de las pestañas del molde para determinar que lañas y alzas se van a utilizar.
3. **Colocar tornillos nuevos:** cuando los tornillos inspeccionados se encuentran en mal estado y con indicios de fallar, se utilizan tornillos nuevos.
4. **Amar el conjunto:** esto se refiere a colocar los tornillos nuevos en las lañas con sus respectivas roldanas.
5. **Mantenimiento de molde de inyección:** esta operación se realiza en la bodega de moldes y se desarma por completo el molde de inyección para revisar tornillos quebrados, roscas en mal estado y alguna fuga de agua. En la figura 34, se observa un molde desarmado por cuestiones de mantenimiento.



Figura 34. Mantenimiento de moldes



Fuente: propia.

2.2.4.5 Inventario de las piezas necesarias para cambios

El mecánico 1 del grupo de montaje tiene que encargarse de ver la cantidad de accesorios que existen en la bodega e informar cuando éste baje y sea perjudicial para los cambios de moldes.

Tabla XLIII. Accesorios para cambio de moldes

| | | |
|-------------------------|-------------------|-------------------|
| Boquillas | Conectores hembra | Cadenas |
| Botadores | Conectores macho | Mangueras de agua |
| Anillos centradores | Lañas | Alzas |
| Resistencias eléctricas | Tornillos | Argollas |

Fuente: propia.

2.2.4.6 Utilizar elementos de sujeción rápida

Como propuesta técnica se recomienda utilizar un sistema de amarre magnético para sujetar los moldes de inyección a las mordazas de las máquinas inyectoras con el fin de disminuir el tiempo dedicado a esta operación. El sistema que se tiene es el siguiente:

Tecnomagnete:

Tecnológicamente ha sido la primera empresa en desarrollar y ofrecer desde principios de los años 70 un sistema magnético electro-permanente capaz de trabajar con fuerza y seguridad en el amarre y elevación de piezas ferrosas de diversas formas y dimensiones.

Desde comienzos de los años 80 Tecnomagnete ha desarrollado dicho sistema patentado en el circuito de polo cuadrado con corona neutra denominado Quadsystem. Esto ha permitido desarrollar sistemas electro-permanentes aún más eficientes en grado de satisfacer las más variadas exigencias, desde el amarre en máquinas hasta la gran elevación.

El funcionamiento:

Un circuito *Quadsystem* está constituido por polos cuadrados alternos norte/sur que, distribuidos en forma de tablero de ajedrez, permiten una circulación plana y horizontal del flujo magnético totalmente concentrado sólo en la zona polar.

Un impulso eléctrico de pocas fracciones de segundo activa el sistema permitiendo el amarre del molde por tiempo indefinido sin necesidad de consumo de energía eléctrica y sin generación de calor. Únicamente a través de otro impulso eléctrico es posible la desactivación del sistema y el desamarre del molde, que durante la fase de trabajo, permanece amarrado exclusivamente por la fuerza de los imanes permanentes. Este sistema sólo queda como propuesta de mejora y es bueno consultar con las personas expertas en el tema para analizar si a la empresa le es rentable o no.

Figura 35. Activación del electro-magneto al cambiar la dirección de los polos



Fuente: Manual de la empresa Tecnomagnete.

2.2.4.7 Nuevas alternativas para conectar mangueras de agua

EAS (mould & die change systems o sistema de cambio de moldes)

Es una empresa que ofrece un sistema para acoplamiento de mangueras llamado Multiacopladores Manuales, lo que permite conexiones estancas sencillas y rápidas de varios circuitos de agua. Los Multiacopladores vienen en versiones con 6 y 12 monoacopladores. Están disponibles en diferentes tipos y tamaños para las mitades de los moldes. Pueden combinarse con conectores de aire y eléctricos para proporcionar conexiones rápidas para todos los servicios de moldes. Con estas soluciones de acoplamiento se realizan las conexiones eléctricas y de fluidos en un par de minutos, manteniendo el suelo y las máquinas limpios.

Para mayor información se recomienda visitar la página de internet www.EAS.changesystems.com

2.2.5 Control y registro

Se realiza por medio del formato mostrado en la tabla XLIV y es el jefe de producción quien asigna a la persona responsable para realizar la recolección de datos.

Tabla XLIV. Formato para tiempo de cambio

MEGAPLAST, S.A.

|  Tiempo para cambio de moldes en máquinas inyectoras | | | | | | |
|--|-------------|---------------|--------------|---------------|--------------|-------------|
| Fecha | Hora inicia | Hora finaliza | Molde actual | Molde a subir | Tiempo total | Observación |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Fuente: propia.

2.2.5.1 Programa semanal de cambio de moldes

En la empresa se realiza una reunión donde se toman todas las sugerencias para planificar la producción semanal con base en los pedidos del departamento de ventas. Se le da prioridad a los pedidos grandes y el programa de cambio elaborado en ocasiones no se cumple a cabalidad, esto ocurre con más frecuencia cuando un cliente especial hace un pedido grande.

Al ejecutar el SMED se sigue utilizando el programa semanal de producción de la empresa, el cual se indicó en la figura 13 página 24. Ahora los pedidos de los clientes no sufren retraso y el departamento de ventas puede hacer sus ventas aún sin estar produciendo, ya que los cambios de molde se realizan en menor tiempo.

2.2.5.2 Base de datos Excel de los cambio de moldes

Al implementar la técnica SMED se monitorea el tiempo invertido por los mecánicos del equipo de montaje de moldes en cada actividad realizada para el cambio en máquinas inyectoras. Existe una base de datos grabada en el programa EXCEL que es entregada a la empresa. La información recolectada de las actividades de cambio ya tabulada es utilizada para calcular el tiempo normal y estándar en las máquinas inyectoras en estudio. En la tabla XLV, página 145, se muestra un ejemplo de cómo queda la base de datos.

Tabla XLV. Base de datos

| Máquina inyectora A2 | | Ciclos (min.) | | | | |
|-----------------------------|--|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| No. | Elementos | T1 | T2 | T3 | T4 | TP |
| 1 | Traer el molde de inyección a la máquina inyectora | 4.06 | 4.08 | 3.96 | 3.91 | 4.00 |
| 2 | Traer las herramientas a la máquina inyectora | 3.05 | 3.1 | 2.95 | 2.98 | 3.02 |
| 3 | No producir piezas o apagar la máquina inyectora | 2.01 | 2.04 | 2 | 1.95 | 2.00 |
| 4 | Abrir molde de inyección | 1.93 | 1.95 | 1.92 | 1.96 | 1.94 |
| 5 | Quitar mangueras de agua | 5.25 | 5.23 | 5.3 | 5.88 | 5.42 |
| 6 | Cerrar molde de inyección | 1.9 | 1.95 | 1.92 | 1.93 | 1.93 |
| 7 | Sujetar molde de inyección a bajar en montacarga | 0.12 | 0.1 | 0.11 | 0.14 | 0.12 |
| 8 | Quitar alzas y lañas | 10.15 | 10.22 | 10.25 | 9.8 | 10.11 |
| 9 | Abrir mordazas de máquina inyectora | 0.14 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.14 |
| 10 | Bajar molde de inyección actual | 1.03 | 1.08 | 1.15 | 1.12 | 1.10 |
| 11 | Colocar molde de inyección actual en tarima | 1.25 | 1.22 | 1.26 | 1.19 | 1.23 |
| 12 | Sujetar molde de inyección a subir en montacarga | 0.35 | 0.32 | 0.33 | 0.3 | 0.33 |
| 13 | Subir molde de inyección | 1.92 | 1.88 | 1.86 | 1.65 | 1.83 |
| 14 | Nivelar molde de inyección | 0.45 | 0.4 | 0.44 | 0.42 | 0.43 |
| 15 | Cerrar mordazas de máquina inyectora | 0.7 | 0.65 | 0.67 | 0.71 | 0.68 |
| 16 | Soltar molde de máquina de inyección | 0.12 | 0.14 | 0.11 | 0.13 | 0.13 |
| 17 | Retirar montacarga de máquina inyectora | 1.25 | 1.2 | 1.23 | 1.2 | 1.22 |
| 18 | Apretar alzas y lañas | 10.99 | 10.88 | 10.85 | 10.9 | 10.91 |
| 19 | Conectar mangueras de agua | 8.25 | 8.3 | 8.26 | 8.35 | 8.29 |
| 20 | Colocar cintas en mangueras de agua | 1.06 | 1.08 | 1.09 | 1.1 | 1.08 |
| 21 | Pruebas de inyección | 5.26 | 5.3 | 5.88 | 5.99 | 5.61 |
| Tiempo Total | | 61.24 | 61.27 | 61.68 | 61.74 | 61.48 |

Fuente: propia.

El tiempo promedio para el cambio de moldes depende de qué tan regulares sean los datos obtenidos, así que si existe una variación significativa es fácil encontrarla cuando se tiene la serie de datos total.

2.2.5.3 Hojas de control mensual de paros de máquinas

Esta es una idea que surgió por parte del jefe de producción, para tener un estimado del tiempo que se pedía mensualmente debido a los cambios de moldes, paros de máquinas por mantenimiento, paros de máquinas debidas a las condiciones de la materia prima, paros inesperados. Al tabular los datos para un mes se obtuvo la siguiente información:

Tabla XLVI. Factores de paro en máquinas inyectoras

| MAQUINA | FACTORES Y REPITENCIAS | | | | |
|-----------------------------|------------------------|------------------|-------------------|---------------|---------------|
| | MATERIALES | MANT. MAQUINARIA | EQUIPO DE MONTAJE | PRUEBAS | OTROS |
| A1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| A2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| A3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| A4 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| A5 | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO |
| A6 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| A7 | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO |
| A8 | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO |
| A9 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A10 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| A11 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| A12 | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO |
| A13 | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO |
| A14 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| A15 | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO |
| A16 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| A17 | 1 | 2 | 4 | 0 | 0 |
| B1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| B2 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| B3 | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO |
| B4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C1 | 1 | 8 | 1 | 0 | 1 |
| C2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| C3 | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| C4 | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO |
| C5 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 |
| D1 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 |
| D2 | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO |
| D3 | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO | NO REGISTRADO |
| TIEMPO MUERTO TOTAL MINUTOS | 2063 | 2697 | 2594 | 35 | 5 |
| TIEMPO MUERTO TOTAL HORAS | 34.38 | 44.95 | 43.23 | 0.58 | 0.0833 |

Fuente: propia.

En la tabla XLVI, se puede observar que cada factor tiene un número diferente de repitencias durante el mes de trabajo, pero al final se puede sacar el tiempo total mensual que estuvieron paradas las máquinas inyectoras en función de cada factor y se presenta una gráfica que muestra el tiempo muerto total para las máquinas inyectoras.

Tabla XLVII. Tiempo en horas de máquinas paradas debido a los factores indicados

El tiempo muerto total indicado la última línea de la tabla XLVII esta dado en horas y se calculó para un período de un mes, por ejemplo los materiales defectuosos o con mala calidad quitan 34.38 horas de producción durante un mes en el departamento de producción.

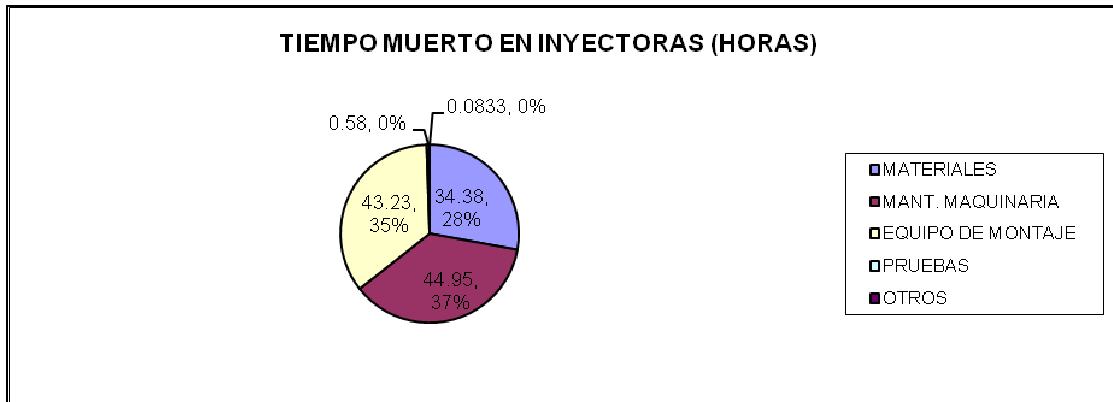
| MATERIALES | MANT. MAQUINARIA | EQUIPO DE MONTAJE | PRUEBAS | OTROS |
|------------|------------------|-------------------|---------|--------|
| 34.38 | 44.95 | 43.23 | 0.58 | 0.0833 |
| | | | | |

Fuente: propia.

2.2.5.4 Gráfica del tiempo muerto mensual

Con los datos obtenidos y para los factores analizados en el apartado anterior se logró una gráfica que muestra el tiempo perdido por las máquinas inyectoras que fabrican productos plásticos en la empresa.

Figura 36. Gráfica del tiempo muerto mensual



Fuente: propia.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN (PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS EN EL DEPARTAMENTO DE MONTAJE DE MOLDES)

3.1 Plan de contingencia ante desastres

Son los procedimientos alternativos al orden normal de una empresa, cuyo fin es permitir el normal funcionamiento de ésta, aún cuando alguna de sus funciones se viese dañada por un accidente interno o externo.

3.1.1 Propósito del plan de evacuación y atención

Establecer la logística que regule la coordinación de la empresa, ante una emergencia, optimizando los recursos humanos, materiales físicos y financieros del lugar, teniendo como primera prioridad el salvaguardar la vida de las personas.

Plan de evacuación y atención

Documento que establezca los actores, responsabilidades, procedimientos y normas ante un evento adverso, permite ejecutar acciones dirigidas a trasladar a una o varias personas de un lugar de alto riesgo a un lugar de menor riesgo y brindar la atención primaria para la pronta respuesta en caso de emergencia.

3.1.2 Fin principal del plan

Responder eficientemente para salvaguardar vidas humanas y proteger bienes materiales.

3.1.3 Objetivos del plan de evacuación y atención

| PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS | |
|--------------------------------|--|
| 1. | Establecer funciones y responsables del plan. |
| 2. | Establecer funciones del coordinador del plan. |
| 3. | Definir los mecanismos de evacuación y atención a cualquier evento. |
| 4. | Definir funciones y responsabilidades de los encargados de las comisiones que participen en el plan. |
| 5. | Establecer los diferentes niveles de alerta y sus fases para la apropiada activación del plan. |
| 6. | Establecer el mecanismo de comunicación interna. |
| 7. | Establecer el mecanismo de manejo de información. |

EMPRESA MEGAPLAST, S.A.

3.2 Descripción de funciones de los responsables y esquema de coordinación

- Del responsable del plan (gerente o autoridad máxima)
- Del coordinador del plan (Asignado oficialmente por encargado del plan)

3.2.1 Funciones del responsable del plan

La figura del responsable del plan tiene que ser de autoridad local, de acuerdo al nivel de competencia jurisdiccional del plan de evacuación y atención, algunas de sus funciones son:

| PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS | |
|--------------------------------|--|
| a. | Responsable de la elaboración y ejecución del plan. |
| b. | Nombrar un suplente de su cargo y coordinador del plan. |
| c. | Gestionar las capacitaciones de los comités. |
| d. | Convocar al grupo a la toma de decisiones. |
| e. | Dirigir y coordinar actividades dentro del área de decisiones. |
| f. | Designar al coordinador del plan. |
| g. | Controlar todas las actividades del puesto de mando en coordinación con el coordinador del plan. |
| h. | Autorizar la declaración de alertas. |
| i. | Llevar un control de los insumos tanto materiales, maquinaria y mano de obra. |
| j. | Tener un control de insumos necesarios para apaliar la emergencia al nivel superior inmediato. |
| EMPRESA MEGAPLAST, S.A. | |


3.2.2 Funciones del coordinador del plan

| PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS | |
|--------------------------------|---|
| a. | Activar el plan parcial o totalmente según la evolución o gravedad del evento adverso, con las sub-comisiones que correspondan según el tipo de evento. |
| b. | Coordinar las capacitaciones de los integrantes de cada sub-comisión y velar por su actualización. |
| c. | Coordinar todas las operaciones y decisiones dentro del puesto de mando según el nivel de toma de decisiones. |
| d. | Supervisar y apoyar el buen desempeño del personal, en la aplicación de todos los procedimientos establecidos. |
| e. | Mantener informado al encargado del plan, de lo actuado y los requerimientos. |
| f. | Oficializar la declaratoria de alerta con visto bueno del encargado del plan. |
| EMPRESA MEGAPLAST, S.A. | |

3.2.3 Definición del puesto de mando

Es el lugar físico de convergencia de todos los encargados de las sub-comisiones y el coordinador del plan, para la coordinación y toma de decisiones en el manejo del plan de evacuación y atención. Físicamente se ubica en un lugar cercano al evento, donde se pueda tener una perspectiva general de las acciones que se ejecutan para su atención del sin entorpecer las mismas.

3.2.4 Funciones del puesto de mando

| 40 40 40 40 | PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS |  |
|----------------------|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">a) Establecer la estructura organizacional.b) Establecer las funciones y responsabilidades de todos los actores dentro del puesto de mando.c) Definir y oficializar los procedimientos de transmisión, recepción y sistematización de información en el nivel local.d) Definir diferentes niveles de alerta.e) Establecer mecanismos de monitoreo científico y técnico relativos a las diferentes amenazas que pueda desencadenar un impacto en la empresa.f) Definir y establecer la metodología para el control de las operaciones para una adecuada toma de decisiones.g) Activar un puesto de mando alternativo, en caso que el puesto de mando oficial colapse, tomando en cuenta los aspectos de logística y funcionamiento del mismoh) Activar un puesto de mando en caso de que el puesto de mando oficial colapse.i) Tomar el control general de las acciones ejecutadas para la atención del evento.j) Mantener informado constantemente al encargado del plan. | |
| 40 40 | EMPRESA MEGAPLAST, | |

3.3 Activación del plan y alerta

Se refiere al establecimiento de procedimientos para la activación del plan, dejando con claridad ¿Quién?, ¿Cuándo? ¿Por qué? se activa.

3.3.1 Sistema de alerta temprana

Permite establecer pasos para un evento adverso con anticipación. Se tiene que establecer un medio de comunicación con las autoridades de la empresa.

Se colocan los teléfonos de emergencia en una tabla para que cualquier persona tenga acceso a ellos en el momento que se necesiten.

3.3.2 Sistema de alerta

Esta alerta será decretada por el responsable del plan de evacuación y atención de la infraestructura correspondiente, sugerida por las instancias responsables de monitoreo, apoyado por sistemas de alerta temprana.

Una alerta es activada cuando se interrumpe el funcionamiento normal de la empresa, en caso de sismos, incendios, accidentes laborales y desordenes públicos. Se cuenta con un procedimiento para dar a conocer la situación.

3.3.3 Criterios de activación

En primer lugar se tiene que definir cuales serán los desastres que se tienen contemplados para activar la alarma, dentro de los cuales se pueden mencionar:

- Sismos
- Incendios
- Accidentes laborales
- Desordenes públicos

Ocurrencia súbita

Se da cuando de manera abrupta y sin existir avisos previos, exista incremento en la actividad que ponga en peligro la vida de las personas que laboran en la empresa, tanto así que los sistemas de monitoreo no sean suficientes.

3.3.4 Interpretación de los niveles de alerta

Para la activación del plan de contingencia se identifican cuatro momentos, los cuales van designados por un color, que a su vez le corresponde cierta interpretación de acuerdo al nivel de la situación, dando a conocer las actividades que se pueden realizar para disminuir el riesgo o bien los resultados adversos en contra de las personas, los bienes y la infraestructura de la empresa.

Tabla XLVIII. Niveles de alerta

| Color de alerta | Interpretación | Implicación |
|------------------------|---|---|
| Verde | <ul style="list-style-type: none"> • Actividades normales ejecutadas por las personas que laboran en la empresa | <ul style="list-style-type: none"> • Situación normal • Inspección de rutina |
| Amarillo | <ul style="list-style-type: none"> • Posible amenaza de acuerdo a un fenómeno próximo | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección minuciosa • Verificación de los insumos locales |
| Anaranjada | <ul style="list-style-type: none"> • Cuando el fenómeno es inevitable | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección permanente • Determinación del grado o necesidad de evacuar a la población. |
| Roja | <ul style="list-style-type: none"> • Cuando el fenómeno ha ocurrido y nuestro equipo de respuesta no es suficiente para la mitigación. | <ul style="list-style-type: none"> • Respuesta escalonada • Seguimiento al plan de contingencia |

Fuente: propia.

3.4 Pasos para la elaboración del sistema de evacuación

Comprende todos los puntos necesarios para identificar los riesgos a los que se expone el personal operativo al trabajar dentro de la institución, el estado de las instalaciones, así como las rutas más seguras para abandonar la empresa en caso de una contingencia.

3.4.1 Identificar los riesgos a los que se exponen las Instalaciones

Eventos anteriores:

- No existe ningún evento ocurrido en los últimos 10 años que sea de relevancia.

Riesgos alrededor de las instalaciones:

- El tendido eléctrico que pasa a orilla de la carretera.
- La probabilidad de que un vehículo se empotre en las paredes de las instalaciones ya que la entrada está ubicada en vuelta.
- Riesgo de tormenta durante la época de lluvia.

3.4.2 Riesgos dentro de las instalaciones

En primer lugar es necesario dibujar en una hoja de papel, el croquis de las instalaciones, señalando los lugares donde la seguridad sea alta, con relación a cada amenaza.

En el croquis se tiene que señalar en color rojo de preferencia, cualquier objeto o lugar peligroso que se haya encontrado, basándose en los pasos anteriores, ya que esto permite saber donde no se debe permanecer durante el evento y establecer las posibles rutas de evacuación, alejándose lo más posible de los peligros.

En el croquis se tiene que indicar un lugar seguro dentro o fuera de las instalaciones que sirva como punto de reunión.

3.4.3 Identificación gráfica

Esto se refiere a que riesgos pueden tener las áreas de trabajo, así como los lugares inseguros y las posibles rutas de evacuación para proteger la integridad de los empleados.

3.4.3.1 Riesgos

Un riesgo puede definirse como la probabilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado de la acción de su trabajo.

3.4.3.2 Lugares seguros

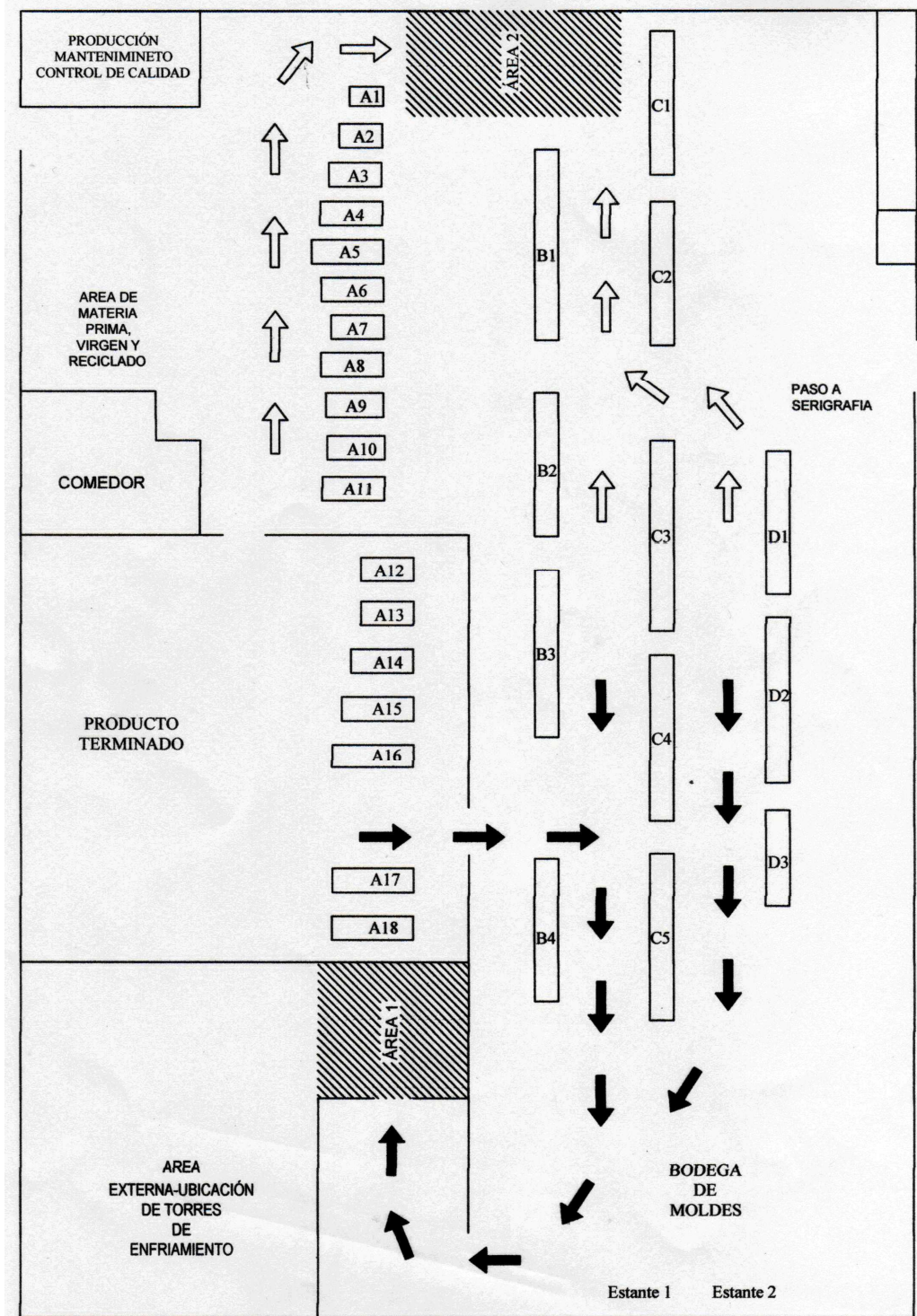
Dentro de los recorridos que se realizaron en las instalaciones de la empresa se pudo identificar cuales son los lugares donde el personal operativo podría concentrarse para salvaguardar su vida.

En la figura 37, existe un bosquejo de las áreas seguras dentro de la empresa al momento de evacuar, estos lugares de concentración están marcados con Área 1 y Área 2, y tienen flechas que indican cual es la ruta más cercana para llegar en el menor tiempo.

Área 1: Este es un lugar despejado, ideal para permanecer en caso de terremotos e incendios. Se encuentra afuera de las instalaciones, existen tuberías donde circula agua y los pozos de la empresa están ubicados aquí, tampoco existen materiales explosivos.

Área 2: Lugar adecuado para agrupar personas, está despejado, no se encuentran materiales obstaculizando el paso, aquí existen extintores, también hay un teléfono para llamar a los números de emergencia los cuales están escritos en tabla pegada en la pared.

Figura 37. Bosquejo de lugares seguros



Fuente: propia.

3.4.3.3 Rutas de evacuación

- Decidir con mucho cuidado qué ruta deben tomar las personas, para salir desde cualquier sitio o zona afectada, por supuesto deben ser las más directas y menos peligrosas, dibujarlas en el croquis. Si hay más opciones para escapar del peligro, asegúrese de que todas las personas las conozcan y en qué lugar fuera del peligro se pueden situar.
- Será necesario medir el tiempo que se necesita para salir desde cualquier sitio, hacia el lugar seguro, esto servirá para hacer una mejor selección de la ruta de evacuación. Las rutas de evacuación son aquellas que proporcionan mayores probabilidades de sobrevivir.
- Eliminar de las rutas seleccionadas, cualquier objeto que sirva de trampa a la hora de evacuar y señalizar de las rutas de evacuación.

3.5 Sub-comisiones de trabajo

Es el grupo de personas que se encargará directamente de actuar cuando exista una necesidad de alto riesgo.

3.5.1 Descripción

Son la parte operativa del Plan de contingencia, estos realizan las funciones operativas como búsqueda y rescate, evacuación, combate de incendios, seguridad, primeros auxilios, entre otras. A su vez forman el puesto de mando de las actividades y rinden informes al coordinador. Cuando la capacidad de respuesta instalada es sobrepasada, se hace pedir ayuda a las

autoridades como los bomberos voluntarios, la cruz roja, la policía entre otras.

Las sub-comisiones son grupos de personas organizadas y capacitadas para emergencias, mismos que serán responsables de combatirlas de manera preventiva o ante eventualidades de un alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre, dentro de una empresa, industria o establecimiento y cuya función está orientada a salvaguardar a las personas, sus bienes y el entorno de los mismos.

3.5.2 Propósito

Salvaguardar las vidas de los empleados de la empresa, cumpliendo con las funciones que se les han sido asignadas.

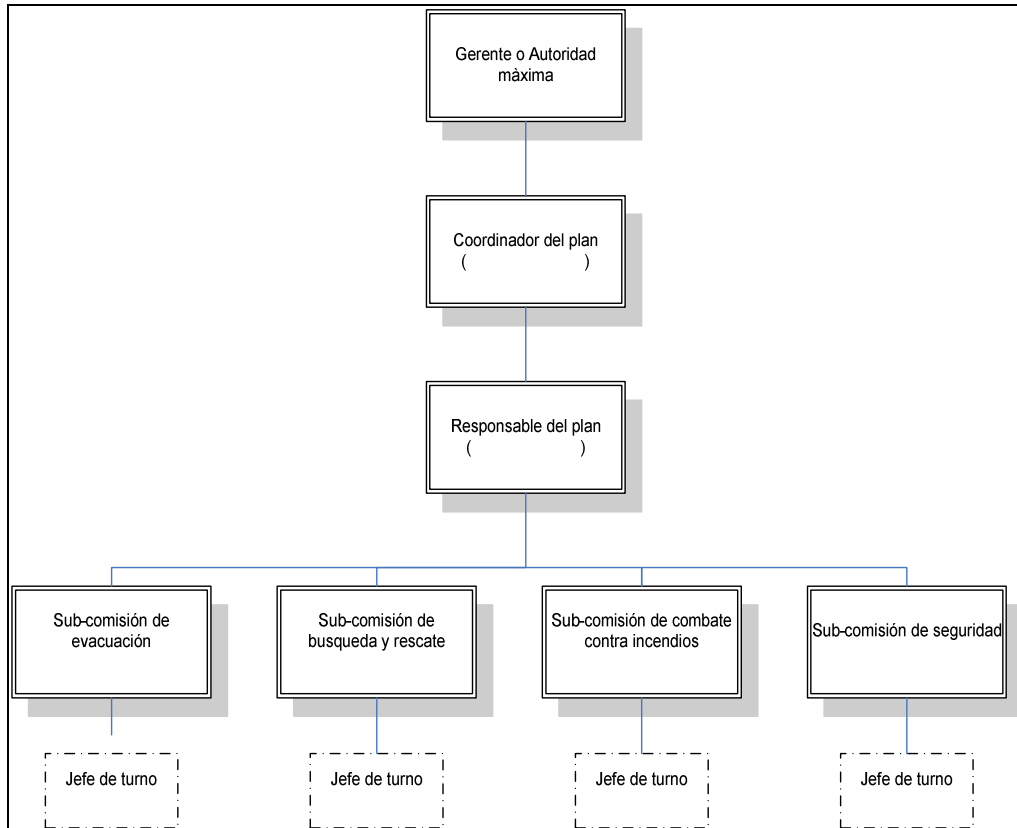
3.5.3 Composición

Pueden estar integradas por un responsable y un suplente, también por varios ayudantes.

Cada comisión establecerá el número de personas componentes por especialidad y sus planes operativos.

3.5.4 Esquema organizacional del plan de evacuación y atención

Figura 38. Organigrama del plan de contingencia



Fuente: propia.

El organigrama muestra los puestos así como el número de brigadas o subcomisiones para salvaguardar la seguridad en la empresa.

3.5.5 Funciones generales de las sub-comisiones



En caso de emergencia, activar la voz de alerta y seguir los procedimientos que les fueron otorgados para mitigar la emergencia.

Encargado de la sub-comisión de evacuación


Responsable directo de la evacuación de todo el personal que labora en la planta de producción, él tiene que conocer bien todas las rutas de evacuación, los lugares más peligrosos y los lugares por donde las posibilidades de sobrevivir son más grandes.

Dentro de sus obligaciones está realizar un recorrido por las instalaciones por lo menos dos veces al día para revisar que las rutas de evacuación se encuentren libres de obstáculos.


Actividades y funciones de la sub-comisión de evacuación

| | PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS |  |
|---|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• Implementar, colocar y mantener en buen estado la señalización de la empresa, lo mismo que los planos guía.• Contar con un censo actualizado y permanente del personal.• Dar la señal de evacuación de las instalaciones, conforme las instrucciones del coordinador general.• Participar tanto en los ejercicios de desalojo, como en situaciones reales• ser guías y retaguardias en ejercicios de desalojo y eventos reales, llevando a los grupos de personas hacia las zonas de menor riesgo y revisando que nadie se quede en su área.• Determinar los puntos de reunión.• Conducir a las personas durante un alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre hasta un lugar seguro a través de rutas libres de peligro.• Verificar de manera constante y permanente que las rutas de evacuación estén libres de obstáculos.• En caso de que una situación amerite la evacuación del inmueble y la ruta de evacuación determinada previamente se encuentre obstruida o represente algún peligro, indicar al personal las rutas alternas de evacuación.• Realizar un censo de las personas al llegar a los puntos de reunión.• Coordinar el regreso del personal a las instalaciones en caso de simulacro o en caso de una situación diferente a la normal, cuando ya no exista peligro. | |
|  | EMPRESA MEGAPLAST, | |


Encargado de la sub-comisión de búsqueda y rescate

| PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS | |  |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• En caso de un desastre, coordina, dirige y registra las acciones tomadas por la brigada.• Se coordina con las otras brigadas durante el siniestro para apoyarse.• Se asegura que se cumplan los requerimientos de su área en calidad y cantidad.• Solicita ayuda externa en caso de ser necesario. | | |
| EMPRESA MEGAPLAST, | | |


Actividades y funciones de la sub-comisión de búsqueda y rescate

| PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS | |  |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Acuden al lugar del desastre para empezar con las acciones necesarias para proteger la vida de los trabajadores y los bienes de la empresa.• No es necesario que el coordinador se encuentre en el área para iniciar las acciones de control.• Apoyan en la evacuación y verifican el desalojo completo.• Acuden a todas las sesiones de capacitación. | | |
| EMPRESA MEGAPLAST, | | |

Encargado de la sub-comisión de combate contra incendios

| PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS | |  |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• En caso de siniestro, coordina, dirige y lleva el registro de las acciones llevadas a cabo por la brigada.• Se coordina con las otras brigadas durante el siniestro para brindarse apoyo mutuamente.• Se asegura que se cumplan los requerimientos de su área en calidad y cantidad.• Solicita ayuda externa en caso de ser necesario. | | |
| EMPRESA MEGAPLAST, | | |


Actividades y funciones de la sub-comisión de combate contra incendios

| ☐ ☐ ☐ | PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS |  |
|-------------|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• Acuden al lugar del siniestro para empezar con las acciones necesarias para proteger la vida de los trabajadores y los bienes de la empresa• No es necesario que el coordinador se encuentre en el área para iniciar las acciones de control.• Apoyan en la evacuación y acordonan el área según las instrucciones.• Acuden a todas las sesiones de capacitación.• Revisar el estado de los extintores contra incendios. | |
| ☐ ☐ | EMPRESA MEGAPLAST, | |

Encargado de la sub-comisión de seguridad

Al ocurrir un accidente inesperado durante la jornada de trabajo, esta persona tiene que estar al tanto de las rutas de evacuación y vigilar que se proteja la integridad física de las personas, así como resguardar los bienes con que cuenta la empresa.

Actividades y funciones de la sub-comisión de seguridad

| ☐ ☐ ☐ | PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS |  |
|-------------|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• Detectar los riesgos potenciales de actos delictivos en caso de que ocurra un accidente.• Promover una estrecha relación entre el personal operativo a efecto de poder detectar anomalías que puedan originar actos delincuenciales. | |
| ☐ ☐ | EMPRESA MEGAPLAST, | |

Guías de inspección para cada sub-comisión

Se realizará recorridos permanentes para revisar visualmente que las áreas de la empresa estén en condiciones normales de operación. Libres de obstáculos y condiciones que pudieran poner en riesgo la seguridad de los trabajadores. Esta función familiariza a los integrantes de las brigadas con la ubicación de las áreas, equipos y sus características.

Las guías de inspección diseñadas se pueden observar en los anexos, figura 50, página 201.

El coordinador del plan

Solicitará a los encargados de las sub-comisiones el reporte mensual de las actividades correspondientes de cada área.

Esta función hace reunir a los integrantes de las brigadas con el coordinador del plan y el coordinador general, para revisar los reportes y analizar las prioridades (en caso de que existan).

4. FASE DE DOCENCIA (CAPACITAR AL PERSONAL SOBRE EL SMED Y PLANIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS)

4.1 Planificar reuniones

Para el buen desarrollo e implementación del sistema SMED se planificaron reuniones con los miembros del equipo de montaje, cuya finalidad fue transmitir la información sobre cómo se aplicarían las correcciones respectivas en los cambios de moldes para máquinas inyectoras logrando así una reducción considerable del tiempo muerto.

Aquí se estableció cuando fue posible el tiempo que tardaría cada tarea, quién la iba a realizar y qué herramientas se utilizarían para la misma.

Los mecánicos del equipo de montaje por lo general estaban ocupados casi todo el tiempo, si no estaban cambiando moldes en el área de producción, se encontraban en la bodega de moldes realizando mantenimientos y reparaciones de los mismos.

Pero fue posible tener 2 reuniones con ellos, en la oficina del jefe de producción, allí se les informo sobre la metodología para la implementación del sistema SMED.

4.1.1 Presentación

La información sobre el sistema SMED, les fue transferida a los mecánicos del equipo de montaje, por medio de una exposición verbal e imágenes ilustrativas en formato Power Point. Durante el desarrollo de la misma, si algún mecánico tenía duda sobre cierto tema y no era muy claro para él, se le volvía a explicar con el fin de que se lograra una comprensión satisfactoria.

4.1.2 Avance del SMED y buscar nuevas ideas

La unidad de EPS de la Facultad de Ingeniería estableció fechas en las que se entregarían los informes de avance sobre el desarrollo del proyecto, cada vez que se entregaba informe, se mostraba una copia al jefe de producción para que él revisara qué información podía salir de la empresa y no incurrir en problemas legales o de espionaje industrial.

4.1.3 Acciones correctivas

Se trata de un conjunto de actividades emprendidas para eliminar la causa de algo que no ha salido bien. Lo que se hace es reunir a los mecánicos del equipo de montaje de moldes para que ellos puedan opinar más efectivamente sobre las ideas u opciones para la acción correctiva. Si la acción correctiva tiene éxito el problema será resuelto. Lo siguiente es muy importante para las acciones correctivas:

Reunir a la gente clave: cuando comienza la acción correctiva es útil volver a evaluar al recurso humano que está asignado a la solución del problema. Elegir e implementar la acción correctiva puede requerir diferentes

conocimientos y experiencias que los requeridos en descubrir el problema e identificar la causa.

Elegir la acción correctiva: cada una de las opciones generadas es afectada por diversos factores, tales como el costo de la acción correctiva, la complejidad de hacer el cambio y el tiempo requerido para su puesta en funcionamiento. Elegir la acción correctiva puede ser muy difícil, por lo tanto hay que conocer bien el proceso o la causa del problema, es bueno implementar una acción correctiva que implique procedimientos.

4.2 Programación de capacitaciones

La capacitación es una actividad sistemática, planificada y permanente, cuyo propósito general es preparar, desarrollar e integrar los recursos humanos al proceso productivo, mediante la entrega de conocimientos, desarrollo de habilidades y actitudes necesarias para el mejor desempeño de los trabajadores en sus cargos y adaptarlos a las exigencias cambiantes del entorno.

Los mecánicos en el equipo de montaje tienen varios años trabajando, por lo que su trabajo lo conocen muy bien, sólo que algunas de las actividades que realizan pueden ser mejoradas.

Durante el proceso de toma de datos, se va orientando de mecánicos del equipo de montaje para que realicen las actividades en una forma ordenada.

El programa de capacitación aparece en los anexos, tabla XLIX, página 206.

4.2.1 El sistema SMED

La introducción al sistema SMED fue realizada en una capacitación que se tuvo con los mecánicos del grupo de montaje. La mecánica consistió en presentarles la información en diapositivas power point, y hablarles sobre el sistema SMED. A continuación se dan algunos temas que fueron dados en la capacitación:

Que es el SMED: se trata de una teoría para realizar las operaciones de preparación y cambio de moldes en menos de 10 minutos.

Que es una operación: ocurre cuando un objeto está siendo modificado en sus características, se crea algo, se agrega algo o bien se está preparando para otra operación.

Ejemplo de operaciones:

- Quitar mangueras de alimentación de agua.
- Subir molde a la maquina inyectora.

Qué se entiende por cambio de molde: es el conjunto de operaciones que se desarrollan desde que se detiene la máquina inyectora para proceder a bajar el molde actual y subir el molde nuevo, luego se empieza producir piezas hasta que se logren unidades conforme a las características de calidad deseadas.

Tiempo de cambio: el tiempo transcurrido desde que se paró la máquina inyectora para cambiar el molde, hasta que se inicio la fabricación de los nuevos productos ya con el molde nuevo. Esto se puede ver ejemplificado en la figura 34.

Figura 39. Tiempo de cambio de moldes



Fuente: propia.

4.2.2 Consecuencias del tiempo muerto

Si el tiempo muerto es demasiado grande en las empresas dedicadas a la fabricación de diferentes productos en función de los pedidos del departamento de ventas se pueden mencionar las consecuencias siguientes:

- No podría ser fácil reducir los tamaños de inventario.
- En ocasiones no se podrá reducir el tamaño de los lotes de producción.
- No se puede cumplir con los pedidos de los clientes.

Buscando siempre la mejora continua de los procesos de producción, puede ser bueno considerar la eliminación de las siguientes actividades:

- Los productos terminados se trasladan a almacén con la máquina parada.
- El siguiente lote de materia prima se trae del almacén con la máquina parada.
- Las mangueras de agua, los moldes, las resistencias eléctricas no están en condiciones de funcionamiento.

4.2.3 Inspección para el plan de contingencia

Inspección del área de producción

Esta actividad se lleva a cabo por medio de visitas no programadas al área de producción con el fin de encontrar anomalías durante el horario de la mañana y los resultados obtenidos son los siguientes:

Área de cajas de cartón

- La salida que conduce hacia la bodega de ensamble se encuentra libre, el piso está limpio y no existe materia prima o basura regada.
- Las cajas de cartón están bien acomodadas en tarimas.

Figura 40. Área de cajas de cartón



Fuente: propia.

Área de materia prima

- Se encuentra la materia prima bien acomodada en sacos jumbo y sobre tarimas.
- Pisos limpios, sin obstrucciones de paso.
- La materia prima se encuentra en tarimas, donde se aperchan hasta 120 sacos por tarima, cada saco tiene un peso aproximada de 26 kg y en cada tarima una altura de 2 metros aproximadamente.
- Se encuentra gran cantidad de bolsas de basura muy cerca de la escalera de ascenso al comedor.

Comedor (Planta baja)

- Existe aceite almacenado.
- Existen solventes para pintura.

- Tiene extinguidor contra incendios y este se encuentra cargado.
- Se tiene una toma de corriente sin protección.

Área de bolsas

- Aquí se encuentran depositadas las bolsas vacías donde viene la materia prima, existe basura, material de coladas, toneles de aceite.

Figura 41. Área de bolsas de basura



Fuente: propia.

El inconveniente que se presenta es que esta área se encuentra debajo del comedor, del área de producción y en cualquier momento puede ocurrir un incendio dejando atrapados a los empleados que estén arriba comiendo.

Entrada a sala de ventas

- Existen 2 extinguidores (necesitan recarga).
- Existen cilindros de gas y acetileno frente a los ventiladores de succión.

4 cilindros están llenos de hidrógeno

4 cilindros están vacíos

1 está lleno de acetileno

Recorrido por la línea A1-A11

Máquina A1

- Existe materia prima mal ubicada, pues obstruye el paso.
- La escalera para subir a la tolva de la inyectora no tiene baranda de seguridad.

Máquina A2

- No existe baranda de protección en la escalera (ver figura 42)
- Existe un agujero en el piso.

Figura 42. Escalera para subir materia prima



Fuente: propia.

Máquina A3

- No existe baranda de protección en la escalera.

Máquina A4

- No existe baranda de protección.

Máquina A5

- Una bomba de agua que está sobre el piso y las mangueras que la conectan se encuentran desordenadas.
- No existe baranda de protección en la escalera de la máquina inyectora.

Máquina A6

- Falta una rejilla en el piso.
- Falta baranda de protección en la escalera que da acceso a la tolva de la máquina inyectora.

Máquina A7

- No existe baranda de protección en la escalera para la máquina inyectora.
- El área de paso está obstruida con lo siguiente:
 - Tarimas
 - Materia prima

- Residuos de pruebas de inyección fallidas

Máquina A8

- Falta baranda de protección en la escalera para la máquina inyectora.

Máquina A9

- Falta baranda de protección en la escalera para la máquina inyectora.

Máquina A10

- Falta una rejilla.
- La baranda de protección de la escalera no existe.

Máquina A11

- Existe aceite derramado en el piso debido a una fuga.
- La rejilla que tapa las cunetas donde se alojan los cables eléctricos no está al nivel del piso.

Máquina A12

- Existe un lote de accesorios para succión, motores eléctricos, tolvas, carretillas, entre otros, los cuales se encuentran colocados entre la pared que divide las máquinas A11 y A12.
- Esta máquina se encuentra fuera de uso.

Máquina A13

- Esta máquina se encuentra fuera de uso.

Máquina A14

- No existen anomalías.

Máquina A15

- Existe un extintor el cual se encuentra cargado.

Máquina A16

- La escalera para de la máquina inyector no tiene baranda.

Máquina A17

- No existen anomalías.

Entrada principal

- Se encuentra materia prima almacenada al frente de la máquina inyectora B2 y área de columnas, estando ordenada y no obstruye el paso.
- Existe materia prima regada en el piso, la cual puede provocar que una persona resbale y se lesione.

Máquina B1

- Enfrente de la máquina B1 se encuentra una barra de acero que es repuesto de una máquina inyectora, la cuál se tiene que instalar.
- Frente a la máquina B1, específicamente entre las máquinas C1 y B1 existe materia prima en tarimas la cual podría caerse en cualquier momento.
- En el área de trabajo o donde se sitúan los operarios existe una fosa, donde cae el producto, la cual no está señalizada como medida de precaución.

Máquina B2

- Entre la máquina B1 y B2 existe gran cantidad de material almacenado, pero la posible ruta de evacuación se encuentra libre.
- La escalera de esta máquina inyectora no tiene baranda de seguridad, sólo que por lo general se usa un succionador automático para cargar el material.
- El piso se encuentra libre de material.
- El grado de iluminación en el área de trabajo parece ser excesiva, debido a la colocación de láminas plásticas transparentes en el techo.
- Entre la máquina B2 y B3 existe materia prima almacenada pero no está ordenada, también hay bolsas conteniendo material que sale como exceso en cada inyección fallida.

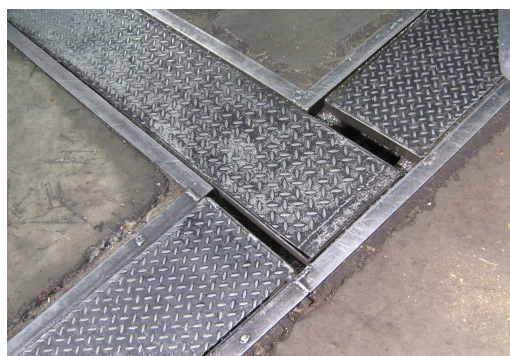
Máquina B3

- En la parte trasera, lugar donde se encuentra el taller de soldadura, existen láminas que cubren las cunetas que contienen los cables eléctricos y las mangueras de agua, las tapaderas no están a nivel del suelo y podrían provocar una caída.
- No existe baranda en la escalera de la máquina, por lo general se utiliza el succionador de material.
- En el piso, al frente de la máquina, existe material regado.
- Las rejillas se encuentran no al nivel del piso.

Máquina B4

- Existe fuga de aceite en la parte trasera de la máquina y el derrame en el piso es grande, también existen agujeros en el piso.
- Entre la máquina B4 y C5 existe un agujero grande en el piso.
- Las rejillas en el piso no están a nivel del suelo (ver figura 43).

Figura 43. Rejilla en el piso



Fuente: propia.

Máquina C1

- Se encuentran repuestos y piezas de la máquina inyectora, pues se encuentra en mantenimiento.
- El área de paso se encuentra libre de obstáculos.

Máquina C2

- Existe materia prima obstruyendo la mitad del área de paso.

Máquina C3

- La fosa para recibir el producto no está señalizada con pintura para precaución.
- En la parte frontal de la máquina el piso se encuentra con grietas.

Máquina C4

- Existen tres agujeros en el piso frente a esta máquina.
- La fosa para recibir el producto no tiene señalización para precaución.

Máquina C5

- Existen tres agujeros frente en el piso frente a esta máquina (ver figura 44).

Figura 44. Piso en mal estado



Fuente: propia.

- La fosa de la máquina inyectora no tiene señalización para precaución.
- Existen 2 extintores cerca de esta máquina, los cuales se encuentra cargados
- Las mangueras de alimentación de agua están fuera de la máquina inyectora y una persona se puede caer en ellas (ver figura 45).

Figura 45. Aceite en el piso



Fuente: propia.

Máquina D1

- La rejilla de protección para las mangueras de agua y cables eléctricos no se encuentra a nivel del suelo.

Máquina D2

- Falta un extintor.

Máquina D3

- Existen dos extintores, los cuales están cargados.

Área del banco de capacitores

- Existe un extintor contra incendio y está cargado.
- Existen productos terminados en frente de las puertas que controlan el banco de capacitores.

Área de bodega de moldes

- Aquí existe equipo utilizado para medir el factor de potencia de la empresa, el cual puede ser susceptible de incendio.
- Existen demasiados agujeros en el piso.
- Al final de la máquina B4 se encuentra el área limpia y los moldes están alineados.
- Existe una carreta obstruyendo la puerta de la salida de emergencia que está señalizada actualmente.
 - NOTA: Al salir por ésta ruta se va hacia el área de torres de enfriamiento. La estructura que sostiene dichas torres no es muy estable puede desplomarse con un movimiento sísmico.
- Aquí existe un extintor contra incendios y una señal de no fumar.
- Además para dar acceso a la parte exterior existe una puerta de malla con candado y todo el tiempo está cerrado, lo que convierte a esta salida en una trampa.

Figura 46. Salida de emergencia



Fuente: propia.

Bodega de mantenimiento

Se encuentra ubicada en una esquina del área de bodega de moldes. Y se observó lo siguiente:

- En el techo existen tubos de gas neón de 3 metros aproximado de largo, los cuales están simplemente apoyados, en cualquier momento pueden caerse y golpear a una persona.

Estantería de moldes

- El peso que tiene actualmente es grande, existiendo evidencias por simple visión ya que se está hundiendo las bases en el piso.
- Existe el riesgo de que la estructura se dé vuelta por la ocurrencia de un sismo.
- Aquí existe un extintor contra incendio el cuál está cargado.

NOTA: Existen algunos lugares para la ubicación de extintores y no estaban colocados al momento de la inspección.

Figura 47. Faltante de extintores



Fuente: propia.

4.3 Convertir el grupo de montaje en un equipo de trabajo

Con esto se pretende que los mecánicos del equipo de montaje estén concientes de los beneficios que implica trabajar en grupo, trabajar así genera una serie de estrategias, procedimientos y metodologías utilizadas por el grupo de mecánicos para lograr las metas propuestas.

Para formar el equipo de trabajo fue necesario hacerles ver las necesidades, y las oportunidades, se necesita mucha motivación, al mismo tiempo fue necesario un liderazgo fuerte y decidido.

4.3.1 Formular objetivos

Se proponen metas para el cambio de moldes, con esto se pretende motivar a los mecánicos del equipo de montaje, para que realicen su trabajo en armonía y puedan cumplir con las metas propuestas. En una reunión realizada directamente con el sub-gerente general de la empresa, se marcaron objetivos a cumplir con el fin de tener un patrón de comparación y poder evaluar la posibilidad de un incentivo laboral.

El incentivo laboral depende directamente del sub-gerente general de la empresa y es la persona que puede autorizarlo o no.

4.3.2 Creación de un ambiente solidario

Se pretende la mutua colaboración de los miembros en el equipo de montaje de moldes, para que sus vivencias los unan más y puedan trabajar enfocados hacia un objetivo común.

Realizar en menor tiempo los cambios de moldes, significa que ellos podrán retornar más temprano a sus hogares evitando así el uso de horas extras. Al mismo tiempo si las operaciones son realizadas en el orden adecuado y siguiendo los pasos indicados, se fatigarán menos.

4.4 Integración del equipo SMED montaje

El número de mecánicos dedicados al cambio de moldes en el departamento de montaje es de cuatro, de los cuales uno es el jefe de grupo y los otros tres reciben las órdenes.

Obligaciones del empleado

- Acatar las órdenes e instrucciones que le imparten los superiores.
- Observar la dignidad en el desempeño de sus labores, así como respeto a los Jefes de turno, compañeros y otras autoridades de la empresa.
- Cuidar su apariencia personal y cumplir con el reglamento interno de la empresa.
- Evitar dentro y fuera de la empresa, actos vinculados a romper la ley, la moral y las buenas costumbres que afecten el prestigio de la empresa
- Asistir con puntualidad a sus labores.
- Es obligatorio usar todos los días sus tapones en los oídos para que no pierdan su sentido auditivo.
- Todo el personal debe marcar su tarjeta de asistencia para arreglar problemas que tenga su tarjeta al momento de corte de horas para el pago; así como también días no marcados deben arreglarlas directamente en Recursos Humanos los fines de mes.

4.4.1 Responsabilidades del líder de equipo

- Es la persona que se encarga de recibir las ordenes de cambio de moldes para la semana de producción directamente de la persona que hace la programación; además, le indican si existe alguna máquina que tenga prioridad de mantenimiento.

- Se encarga de reunir al grupo de mecánicos y les indica cuales serán las actividades que se realizarán durante el día de trabajo.
- Es encargado directo de enseñar a sus mecánicos cómo se realiza el trabajo, y explicarles que es lo que se requiere para que todo funcione con normalidad.
- Cumplir con un horario de trabajo y no llegar tarde a laborar.

4.4.2 Responsabilidades de los colaboradores

Cumplir con las órdenes que le sean asignadas por el jefe de mecánicos, poner de su parte para que las actividades desarrolladas tengan un grado técnico alto, obteniendo así un buen trabajo y evitar desperdicios de tiempo por errores cometidos. En el caso de la implementación del sistema SMED, se puede mencionar las siguientes actividades:

- Tener limpia, lista y en el lugar de trabajo, toda la herramienta necesaria para el cambio de moldes.
- Traer el molde que se va a subir a la máquina inyectora aún cuando está funcionando.
- Revisar que exista un nivel adecuado de accesorios y piezas necesarios para el cambio de moldes en máquinas inyectoras.

4.4.3 Asignación de responsabilidades

Anteriormente los mecánicos del equipo de montaje de moldes no tenían un orden específico para realizar las operaciones, es por ello que se asignó a cada uno. La actividad tenía que cumplir con el fin de realizar el trabajo de manera sistemática, esto se puede ver en el apartado 2.2.2.4 página 120 de este documento.

4.5 Medición de resultados

El personal del equipo de montaje no cuenta con suficiente preparación académica por lo que las capacitaciones han sido difíciles; no obstante, cada uno de los mecánicos tiene bastante iniciativa y colabora con el fin de desarrollar un buen trabajo. La única forma de saber si ellos comprenden lo que se les habla es examinándolos por escrito y comprobar sus habilidades en función del tiempo dedicado a cada operación.

4.5.1 Examen teórico

Se les realizó un examen escrito, después de una de las capacitaciones para ver cuanto habían asimilado, y poder seguir con el proceso de enseñanza-aprendizaje. El cuestionario que se les presentó fue el siguiente:

CUESTIONARIO DE PRIMERA PLÁTICA SOBRE EL SMED

13 de octubre de 2008

NOMBRE _____

¿Qué es el SMED?

¿Qué entendió por actividad externa?

¿Mencione 2 actividades externas para el cambio de moldes en las máquinas inyectoras?

¿Qué entendió por actividad interna?

¿Cuál es el tiempo de cambio?

¿Qué actividades cree usted que necesitan mejorar para reducir el tiempo de cambio?

4.5.2 Examen práctico

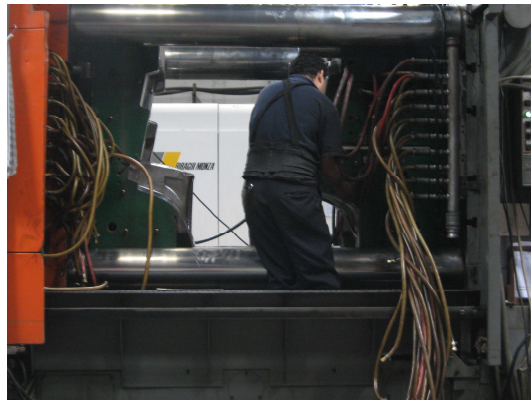
Se tomó el tiempo utilizado para cada operación del equipo de montaje y se comparó con los tiempos que se tardaban anteriormente, para determinar en que porcentaje se ha logrado mejorar. Cada mecánico, del equipo de montaje, tiene que poseer ciertas habilidades para realizar su trabajo, como son: precisión, exactitud, motricidad fina, capacidad de análisis y buena retentiva. En las figuras se puede ver a los mecánicos del equipo de montaje realizando algunas operaciones que requieren de lógica y retentiva.

Figura 48. Examen práctico



Fuente: propia.

Figura 49. Conexión de mangueras de agua.



Fuente: propia.

En las figuras se puede observar a los mecánicos del departamento de montaje realizando diversas operaciones. En la figura 48 hay dos personas, la primera está sujetando el molde de inyección y la segunda, lo está limpiando en el interior. En la figura 49 se encuentra un mecánico conectando las mangueras de agua que sirven para el enfriamiento del molde de inyección.

CONCLUSIONES

1. Con la implementación del SMED se logró rebajar el tiempo de cambio de moldes en máquinas inyectoras para productos plásticos en un 46%, para maquinas grandes (C5); un 63 % para máquinas medianas (A17) y un 46% para máquinas pequeñas (A2).
2. El tiempo para cambio de moldes varía según el tamaño de la máquina inyectora y del molde. Para las máquinas A2, A17 y C5 se determinó un tiempo estándar de 61.48 minutos, 90.55 minutos y 130.96 minutos respectivamente.
3. Por cada hora reducida en el tiempo muerto, se evita una pérdida de Q317.36 en máquinas grandes (C5), Q293.45 en máquinas medianas (A17) y Q167.69 en máquinas pequeñas (A2).
4. Según los resultados en el estudio realizado el mejoramiento en el proceso se obtuvo, mediante la eliminación de algunas actividades innecesarias, como: aplicar grasa protectora a los moldes de inyección, tener toda la herramienta en el lugar de trabajo, llevar el molde de inyección antes de parar la máquina inyectora y pintar las entradas de agua para mejor identificación.
5. Se deja un documento estructurado para un plan de contingencia, que pueda ser implementado en el momento que la empresa lo necesite.

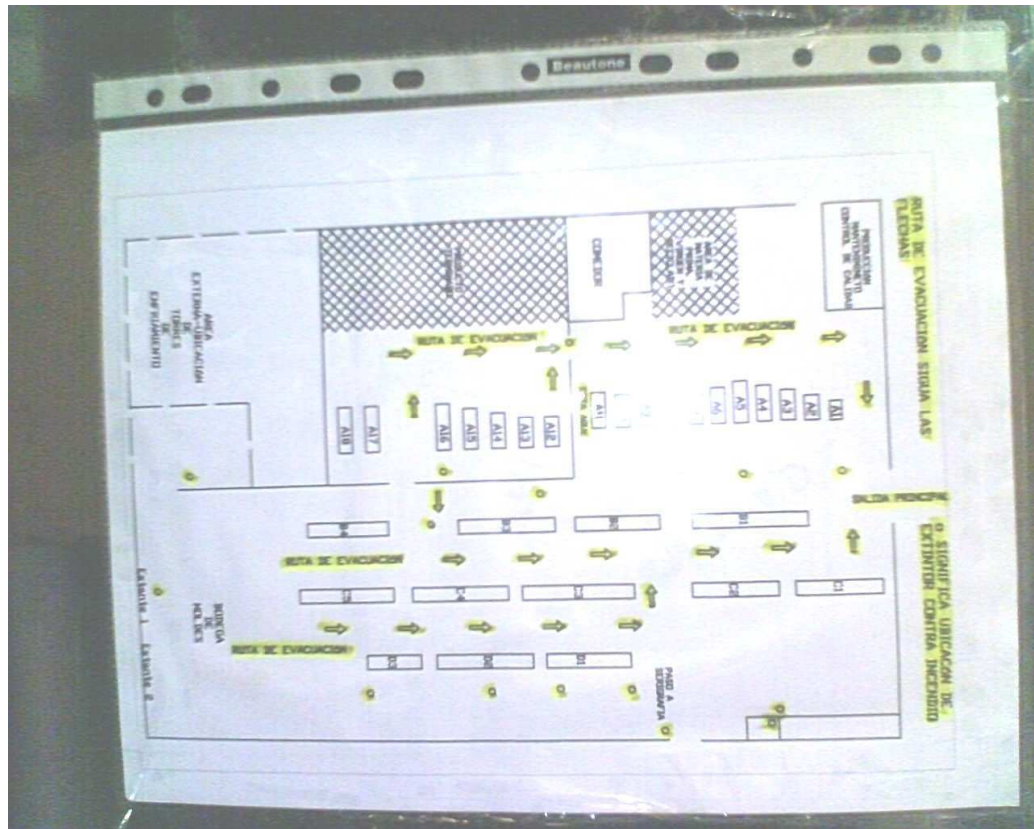
RECOMENDACIONES

1. En el departamento de producción, los estudios de tiempo para procedimiento de cambio de moldes se deben realizar constantemente, para mantener y mejorar el estándar establecido. Para obtener resultados benéficos, es necesario estandarizar las dimensiones de los tornillos de sujeción y adecuar las herramientas a la mayor parte de tuercas de sujeción.
2. Se recomienda que el equipo esté en óptimas condiciones, para ello es bueno establecer un sistema de Mantenimiento Preventivo Total (T.P.M.) en cual consiste en una serie de actividades para restaurar los equipos y llevarlos a la condición óptima, esta actividad tiene que ser dirigida por el departamento de mantenimiento.
3. Es importante contar con brigadas de seguridad para estar preparados ante cualquier contingencia que se presente y poder responder rápidamente para salvaguardar la integridad de las personas que laboran en la empresa así como los bienes materiales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Benjamín Niebel, Andris Freivalds. INGENIERÍA INDUSTRIAL, Métodos, estándares y diseño del trabajo. Décima edición. Editorial Alfaomega, 2,001.
2. Don Hellriegel, Susan E. Jackson, John W., Slocum Jr., UN ENFOQUE BASADO EN COMPETENCIAS, Adminstración, Décima edición, Editorial Thomson, 2005.
3. Avallone, Eugene Baumeister, Theodore, Marks, MANUAL DEL INGENIERO MECÁNICO, Novena edición, Editorial McGraw-Hill, México, 1995.
4. Gatica, Ángeles. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL. Cuarta edición, Editorial Gentileza dee DTI, 2001.

Figura 51. Rutas de evacuación



Fuente: propia.

Tabla XLIX. Programa de capacitación

| Actividad | Fecha | Dirigida a | Hora | Capacitador |
|---|--------------|--|----------------|---|
| Presentación sobre la técnica SMED | 1/10/08 | Equipo de montaje de moldes | 9:00 a11:00 AM | Joel Avila |
| Estructuración de la técnica SMED | 13/10/08 | Equipo de montaje de moldes | 9:00 a11:00 AM | Joel Avila |
| Asignación de responsabilidades a cada mecánico | 14/10/08 | Equipo de montaje de moldes | 9:00 a11:00 AM | Joel Avila Marvin García (supervisor en la empresa) |
| Charla motivacional | 5/12/08 | Equipo de montaje de moldes | 9:00 a11:00 AM | Joel Avila |
| Medición de resultados al implementar el SMED | 13/01/09 | Equipo de montaje y supervisor de producción | 9:00 a11:00 AM | Joel Avila |
| Examen teórico y práctico | 9/02/09 | Equipo de montaje de moldes | 9:00 a11:00 AM | Joel Avila Marvin García (supervisor de producción) |
| Agradecimientos | 27/02/09 | Equipo de montaje y supervisor de producción | 9:00 a11:00 AM | Joel Avila |

Fuente: propia.