

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



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



SEP

TRABAJO PROFESIONAL

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

QUE PRESENTA:

ADRIANA CONCEPCIÓN MARINA RIVERA

CON EL TEMA:

**“PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DE
TIEMPOS DE CAMBIOS DE MOLDE EN LA
LINEA DE PRODUCCIÓN 2 DE LA EMPRESA
DURMAN ESQUIVEL S.A. DE C.V.,
APLICANDO EL SISTEMA SMED.”**

MEDIANTE:

**OPCION X
(TITULACION INTEGRAL)**

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS

MAYO 2013



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
 Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

DIRECCIÓN
 SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
 DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. **10 DE ABRIL 2013**

OFICIO DEP-CT-35-2013

C. ADRIANA CONCEPCIÓN MARINA RIVERA
 PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
 EGRESADO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.
P R E S E N T E.

Habiendo recibido la liberación del informe técnico del proyecto denominado:

"PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE CAMBIO DE MOLDES EN LA LINEA DE PRODUCCIÓN 2 DE LA EMPRESA DURMAN ESQUIVEL S.A DE C.V., APLICANDO EL SISTEMA SMED."

Y en cumplimiento con los requisitos normativos para obtener el Título Profesional, comunico a Usted que se **AUTORIZA** la impresión del Trabajo Profesional.

Sin otro particular quedo de usted reiterándole mis más finas atenciones.

ATENTAMENTE
"CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"


M.I. APOLINAR PÉREZ LÓPEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 C.c.p.- Departamento de Servicios Escolares
 C.c.p.- Expediente
 MAPL/eam
 |



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
 Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas



Durman.

Chiapa de Corzo, Chiapas, a 10 de Diciembre del 2012

ING. RODRIGO FERRER GONZALEZ
JEFE DEL DEPTO DE GESTION TECNOLOGICA Y VINCULACION
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
PRESENTE:

Asunto: Carta de Liberación

Por este medio le informo que la C. **Adriana Concepción Marina Rivera**, con número de control 08270592 estudiante de la carrera de Ing. Industrial en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, concluyo satisfactoriamente su residencia profesional en la empresa DURMAN ESQUIVEL S.A DE C.V con el proyecto "PROPUESTA PARA LA REDUCCION DE TIEMPOS DE CAMBIO DE MOLDES EN LA LINEA DE PRODUCCION 2 DE LA EMPRESA DURMAN ESQUIVEL S.A DE CV. APLICANDO EL SISTEMA SMED" durante el periodo de Agosto-Diciembre del 2012.

Sin mas por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.



ATENTAMENTE


Ing. Angel Edí Lopez Ballinas
Jefe de Planta Tuxtla
Durman México



DURMAN ESQUIVEL S.A DE C.V
Carretera Tuxtla-Aeropuerto Angel Albino Corzo Km 11
Colonia Salvador Urbina, Chiapa de Corzo, Chiapas
Tel 01(961)61 574 37 y 61 574 38
www.durman.com

CONSTANCIA DE LIBERACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

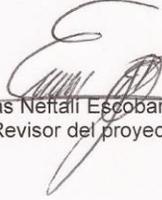
M.C. JORGE ANTONIO OROZCO TORRES
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
EDIFICIO.

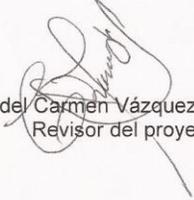
Por medio de la presente me permito informarle que ha concluido la asesoría y revisión del proyecto de Residencia Profesional cuyo título es: **Propuesta para la reducción del tiempo de cambio de moldes en la línea de Producción 2 de la empresa Durman Esquivel S.A. de C.V., aplicando el sistema SMED**, desarrollado por la **C. ADRIANA CONCEPCIÓN MARINA RIVERA**, con número de control 08270592, desarrollado en el período "AGOSTO-DICIEMBRE 2012".

Por lo que, se emite la presente Constancia de Liberación y Evaluación del Proyecto a los veintinueve días del mes de enero de 2013.

ATENTAMENTE
"CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"


Dr. Sabino Velázquez Trujillo
Asesor del Proyecto


Dr. Elías Néstor Escobar Gómez
Revisor del proyecto


Ing. José del Carmen Vázquez Hernández
Revisor del proyecto

C.c.p.- Archivo.



Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal 599
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tels: (961) 61 54285, 61 50461
www.ittg.edu.mx



Resumen

El proyecto consiste en la implementación de la metodología SMED en la máquina extrusora de la línea 2 de producción en la empresa Durman Esquivel S.A de C.V.

Se realizó el análisis de las actividades de desmontaje, montaje y arranque de la máquina, mediante grabaciones para el estudio de movimientos y se cronometró el tiempo de cada actividad para estudio de tiempos.

A partir de los resultados obtenidos, se realizaron mejoras en las actividades y en el proceso de cambio del molde para reducir los tiempos de cambio de molde.

Índice

Introducción	1
1. Planteamiento del problema	3
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Definición del problema.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Delimitación.....	6
1.6 Impactos	6
1.6.1 Impacto económico.....	6
1.6.2 Impacto social	6
2. Generalidades de la empresa	7
2.1 Antecedentes	8
2.2 Descripción de la empresa	10
2.3 Ubicación de la empresa.....	10
2.4 Misión, visión y valores	11
2.4.1 Misión.....	11
2.4.2 Visión	11
2.4.3 Valores.....	12
2.5 Política de calidad.....	12
2.6 Objetivos de calidad	12
2.7 Estructura organizacional.....	13
2.8 Proceso de producción.....	13
3. Fundamento Teórico	15
3.1 Manufactura esbelta	16
3.1.1 Sistema KANBAN.....	16

3.1.2	Producción constante	16
3.1.3	Reducción del tiempo de cambios de herramental SMED.....	17
3.1.4	Justo a Tiempo.....	17
3.1.5	Estandarización de operaciones.....	18
3.1.6	Distribución de máquinas y trabajadores multifuncionales	18
3.1.7	Mejoramiento de actividades	18
3.1.8	Sistema de control visual.....	19
3.1.9	Control de calidad en toda la compañía	19
3.2	Objetivos de la producción esbelta	19
3.3	Beneficios de producción esbelta.....	20
3.3.1	Eliminación de desperdicios.....	21
3.3.2	Reducción del tamaño del lote.....	24
3.4	Metodología 5 S´s.....	27
3.4.1	Concepto de las 5 S´s.....	27
3.4.2	Efectos de la aplicación de las 5 S´s.....	29
3.4.3	Ventajas al aplicar las 5 S´s	30
3.5	SMED.....	31
3.5.1	Antecedentes del SMED	32
3.5.1.1	El primer encuentro (nacimiento) del SMED	32
3.5.1.2	El segundo encuentro.....	33
3.5.1.3	El tercer encuentro.....	34
3.5.2	Definición.....	35
3.5.3	Distribución del tiempo durante el cambio de formato	36
3.5.4	Pasos básicos para la implementación del SMED	36
3.5.5	Ventajas de la aplicación del sistema SMED.....	37
3.6	Técnicas de aplicación	39
3.7	La aplicación del SMED a las operaciones internas	47
3.7.1	La implementación de operaciones en paralelo.....	47
3.7.2	La utilización de anclajes funcionales	48
3.7.3	Eliminación de ajustes	50
3.8	Efectos del SMED.....	51
3.8.1	Tiempo ahorrado aplicando las técnicas SMED	51
3.8.2	Otros efectos del SMED	51

4. Metodología.....	55
5. Implementación de la metodología propuesta.....	61
5.1 Primera fase. Identificar las actividades de cambio	62
5.2 Segunda fase. Separar actividades internas y externas.....	73
5.3 Tercera fase. Convertir tareas internas en externas	81
5.4 Cuarta fase. Perfeccionamiento de las actividades.....	82
5.5 Quinta fase. Propuesta de mejora.....	86
6. Análisis de resultados	100
7. Conclusiones y Recomendaciones.....	107
7.1 Conclusiones.....	108
7.2 Recomendaciones.....	108
Referencia bibliográfica	110
Glosario de términos.....	113

Índice de tablas

Tabla 5.1 Listado de herramientas para el cambio de molde.....	71
Tabla 5.2 Identificar las actividades en internas y externas.....	75
Tabla 5.3 Actividades externas.....	78
Tabla 5.4 Actividades internas.....	79
Tabla 5.5 Actividades que cambian de internas a externas.....	81
Tabla 6.1 Resultados previos.....	100
Tabla 6.2 Resultados del antes y después de implementar la metodología	

SMED.....	101
-----------	-----

Tabla 6.3 Resumen del antes y después de implementar la metodología

SMED.....	104
-----------	-----

Índice de figuras

Figura 2.1 Localización de la empresa.....	11
Figura 2.2 Organigrama de la empresa.....	13
Figura 3.1 Orificio de anclaje en forma de pera.....	48
Figura 3.2 Método de la rosca acanalada.....	49
Figura 4.1 Metodología.....	56
Figura 5.1 Descripción del proceso de desmontaje.....	64
Figura 5.2 Descripción del proceso de montaje del nuevo molde.....	68
Figura 5.3 Descripción del proceso de arranque.....	69
Figura 5.4 Diagrama de Gantt de las actividades para realizar el cambio de molde actual.....	73
Figura 5.5 Diagrama de Gantt de tiempos con propuesta de mejora.....	84
Figura 5.6 Quitar resistencias.....	86
Figura 5.7 Aflojar tornillos de cabezal y desatornillar cabezal de barril.....	86
Figura 5.8 Separar cabezal de barril de extrusora.....	87
Figura 5.9 Colocar paila debajo y liga al cabezal.....	87
Figura 5.10 Levantar cabezal y limpiar restrictor.....	88
Figura 5.11 Quitar tornillos de cabezal.....	88
Figura 5.11a Colocar montacargas.....	88

Figura 5.12 Acercar montacargas.....	89
Figura 5.12a Levantar y retirar dado.....	89
Figura 5.13 Limpiar cono y extensión.....	89
Figura 5.14 Retirar tapa del cono.....	90
Figura 5.15 Colocar ganchos a cono.....	90
Figura 5.15a Retirar cono.....	90
Figura 5.16 Limpiar extensión.....	90
Figura 5.16a Desmontar el molde del nuevo producto.....	90
Figura 5.17 Colocar base cono.....	91
Figura 5.17a Retirar ganchos a base cono.....	91
Figura 5.18 Colocar postizo.....	91
Figura 5.19 Colocar y apretar tornillo que sujeta a cono.....	92
Figura 5.20 Colocar dado a cabezal.....	92
Figura 5.21 Colocar banco.....	92
Figura 5.22 Colocar tornillos al anillo del dado.....	93
Figura 5.23 Apretar tornillos del dado.....	93
Figura 5.24 Centrado de herramental.....	94
Figura 5.25 Retirar banco.....	94
Figura 5.25a Colocar cabezal en posición original.....	94
Figura 5.26 Acercar cabezal a extrusora.....	95
Figura 5.27 Atornillar cabezal a extrusora.....	96
Figura 5.28 Conectar cabezal y colocar resistencias.....	96
Figura 5.29 Colocar formador.....	96

Figura 5.30 Colocar mangueras a formador.....	97
Figura 5.31 Diagrama de flujo propuesto para el cambio de molde.....	98

Introducción

En este trabajo explicaremos lo necesario para que una empresa que no tiene estandarizados los tiempos de cambios de moldes y buena organización se desarrolle adecuadamente para dar un buen servicio a sus clientes.

El hombre siempre se ha preocupado por desarrollar métodos y técnicas que le permitan administrar los diferentes sistemas de producción. Los sistemas de producción son modificados conforme al comportamiento de sus elementos esto lleva a que el hombre aplique los métodos y técnicas de la manera más apropiada con el objeto de dar solución a los problemas.

Actualmente las empresas son más competitivas; tener los productos cuando se requieren aumenta los beneficios de la empresa a través de la venta de los productos obteniendo la satisfacción del cliente.

Se aplica la metodología SMED para reducir los tiempos de los cambios de molde en la línea de producción 2 de la empresa DURMAN ESQUIVEL S.A. de C.V.

El objetivo de este proyecto es conseguir, mediante la implementación del sistema SMED, la optimización de los tiempos de cambios de molde en una máquina extrusora de plásticos.

El sistema SMED ofrece una gran ventaja para las empresas porque a través de la implementación de este sistema, los cambios de moldes en las líneas de producción se realizan en un tiempo reducido, en consecuencia solamente se fabrica el lote necesario.

El proyecto se estructura en siete capítulos, como se describe a continuación: En el capítulo uno se da a conocer los antecedentes y el problema

que existe en la empresa, los objetivos que se quieren alcanzar al eliminar el dilema, la justificación de porque se realiza el trabajo entre otras.

En el capítulo dos se habla de las generalidades de la empresa como sus antecedentes, ubicación geográfica, misión, visión, valores con los que está establecida.

En el capítulo tres nos enfocamos a conocer sobre los temas que ayuden a adquirir conocimientos de los conceptos de la metodología lean y profundizamos en la metodología SMED para tener sabiduría sobre lo que se propone implementar dentro de la empresa.

En el capítulo cuatro se propone una metodología para llevar a cabo la reducción de los tiempos de cambios de molde y se explica cada uno de los pasos para realizarla.

En el capítulo cinco implementamos la metodología propuesta, se da a conocer los estudios que se realizan en la empresa para obtener los resultados, los cuales son presentados en el capítulo seis por medio de tablas.

Por último en el capítulo siete se dan a conocer las conclusiones que obtenemos en la empresa y se proporcionan algunas recomendaciones para seguir mejorando en la empresa.

1. Planteamiento del problema

1.1 Antecedentes

La demora en el tiempo de preparación de moldes en la línea de producción afecta su flexibilidad para programar los pedidos a largo plazo. Además, se generan costos por el tiempo de paro de la máquina en la que se realizan los cambios.

La causa de este problema es que los operarios no cuentan con la capacitación necesaria para mejorar sus habilidades al efectuar el cambio para el proceso establecido; debido a que la empresa no tiene establecido un programa de capacitación sino que los operarios van aprendiendo sobre la marcha.

Asimismo, es necesario tomar en cuenta la falta de compromiso de los operarios y supervisores al realizar el cambio de molde, lo que provoca un incremento en el tiempo de preparación.

1.2 Definición del problema

En la empresa Durman Esquivel S.A de C.V., los cambios de moldes representan alto consumo de tiempo, reflejado en el exceso de inventario y costos de producción.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Establecer propuestas que coadyuven a la reducción de tiempos de cambio de moldes en la línea de producción 2 de la empresa Durman Esquivel S.A de C.V., utilizando el sistema SMED.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las causas que provocan tiempos excesivos en el cambio de molde
- Proponer mejoras en el cambio de molde
- Capacitar al personal respecto a las propuestas de cambio de molde

1.4 Justificación

La reducción de tiempo en el cambio de molde permite a las máquinas de las líneas estar listas para producir diferentes tipos de productos en menos tiempo, aumentando la flexibilidad de la empresa para satisfacer las necesidades de los clientes.

Incrementar la disponibilidad de la máquina consiste en que los equipos de la línea estarán más tiempo produciendo que paradas debido al cambio de molde, lo que aumenta el índice de eficiencia de la empresa.

Disminuir los inventarios al permitir la reducción en el tamaño de lote colabora en la calidad ya que al no existir stocks innecesarios no se pueden ocultar los problemas de fabricación.

1.5 Delimitación

El proyecto se enfoca al proceso de cambio de molde en el primer turno de la línea 2 de producción de la empresa Durman Esquivel S.A de C.V., durante el período Agosto – Diciembre del año 2012.

Durante el proyecto se observaron las siguientes limitantes:

- La resistencia al cambio por parte de los trabajadores al realizar el cambio de molde ante los métodos propuestos.
- La implementación de las técnicas propuestas es un proceso complejo, por lo que hace que el tiempo se prolongue.

1.6 Impactos

1.6.1 Impacto económico

Con la implementación de este proyecto se disminuirán los tiempos del cambio de molde, la empresa tendrá una reducción del costo de producción.

1.6.2 Impacto social

Con el cambio que se propone se busca que todos los empleados de mantenimiento tengan más comunicación con los del área de producción.

2. Generalidades de la empresa

2.1 Antecedentes

Grupo Durman Esquivel, México se fundó en 1959 importando tuberías desde Holanda. La producción local comenzó poco tiempo después de instalarse la primera planta de extrusión e inyección en Costa Rica. Suficiente modelo de producción, administración y mercadeo le permitieron convertirse rápidamente en el líder del PVC en Centroamérica, y su división internacional estableció plantas de producción y distribución en Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Panamá, Perú, República Dominicana y Honduras.

En 1997, inició sus operaciones en México adquiriendo industria plástica de tubería en Atizapán, dedicada principalmente a la fabricación de tubos y accesorios sanitarios.

En 1999 adquirió dos plantas más: “HI-tepla”, ubicada en Cholul, Mérida, Yucatán, reconocida por sus productos “sanitarios conduit” e “hidráulicos”; y “la chiapaneca de tubos y extruidos del sureste”, ubicada en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, especializada en tuberías hidráulicas con campana.

Desde 1999 cuenta con el certificado de proveedor confiable, emitido en su momento por IMTA, CNA, SEMARNAP Y SERTIMEX.

La línea hidráulica, alcantarillado y sanitaria cuenta con la validación de INFONAVIT, y con el protocolo de pruebas para la línea conduit que emite la CFE.

La expansión de Durman Esquivel México, continuó en el 2000, ya que compra plásticos de Veracruz, por lo que su cobertura en el sureste del país es completa, lo que refleja su presencia en el mercado.

La calidad y estandarización de los procesos de Durman Esquivel México, es confirmada en octubre del año 2000 pues se logra la certificación con la norma ISO 9000, de las plantas Atizapán y Mérida.

En Abril del 2001 adquirió la planta de poliducto ubicada en Querétaro; y en Junio del 2001 inició operaciones en “Industria Plástica de Tuberías S.A. de C.V.” planta los Mochis, Sinaloa, reafirmando su liderazgo en la fabricación de tubos de PVC.

En el año 2002 expande sus operaciones colocando su séptima planta en el estado de Guadalajara, Jalisco, para abastecer las necesidades del mercado identificados en ese estado.

Entre los años 2000, 2002 y 2004 son puestas en operación sucursales en las ciudades de Morelia, Oaxaca, Iztapalapa, Tampico, Villahermosa, Ecatepec, Puebla, Guadalajara, Chihuahua y Cancún, con el propósito de estar más cerca de los clientes y obteniendo una ventaja competitiva, en relación al servicio y entrega.

A partir de enero del 2004 se unificaron las operaciones como “POLYDUCTO S.A DE C.V.” (Plantas y sucursales), y el 12 de mayo del 2004 se obtuvo la certificación de ISO 9000:2000 para todas las plantas de Durman Esquivel México.

Durman participa actualmente en la construcción de un México moderno, suministrando sus plásticos para las obras realizadas por las dependencias no gubernamentales y de gobierno federal, estatal y municipal. Actualmente mantiene la relación técnica-comercial con importantes organismos tales como: SEDESOL, TELMEX, INFONAVIT, INFATUR, IMTA, SEMARNAP, CFE, CNA, PEMEX, DDF, FIRCO, SAGARPA, CNIC, obras públicas, municipio, juntas de agua y saneamiento, fundación PRODUCE, entre otras.

El grupo Aliaxis Latinoamérica surgió en noviembre de 2006, de la alianza de Durman Esquivel y Aliaxis S.A., la cual es líder mundial en sistemas de construcción, principalmente en la industria de tuberías, accesorios y otros productos que se utilizan en la construcción industrial, comercial y residencial.

La empresa en cuestión satisface el interés de ambas, para consolidarse dentro del mercado Latinoamericano, aprovechando el liderazgo y presencia de Durman, y la fortaleza financiera y tecnológica de Aliaxis.

Aliaxis Latinoamérica tiene subsidiarias en México, Colombia, Puerto Rico, Guatemala, Honduras, Nicaragua, El Salvador, Costa Rica, Panamá, Perú, Argentina, Uruguay y Brasil.

Algunos productos son tuberías y accesorios de PVC, tuberías ADS, para conducción de líquidos y gases, de grandes diámetros RIB LOC, para pozos, sistemas de riego, bombas para agua, mangueras, sistemas para tratamientos de agua, carritos de golf, ventanas de PVC y mobiliario para interiores.

2.2 Descripción de la empresa

La empresa Durman Esquivel S.A. de C.V., es una empresa del sector privado fabricante y líder de tuberías y conexiones de PVC; perteneciente al grupo Aliaxis Latinoamérica.

2.3 Ubicación de la empresa

La empresa se encuentra ubicada en Carretera Tuxtla-Aeropuerto Ángel Albino Corzo km 11, colonia Salvador Urbina, Chiapas. **Figura 2.1.**



Figura 2.1 Localización de la empresa
(Fuente: elaboración propia)

2.4 Misión, visión y valores

2.4.1 Misión

Ser el líder global en la transformación de termoplásticos para la conducción de fluidos, universalmente respetado por su innovación, calidad, excelencia, servicio y valor.

2.4.2 Visión

Prever soluciones integrales para los mercados de conducción de fluidos incorporando nuestro conocimiento global para el beneficio sostenible de nuestros clientes, empleados socios, comunidad y medio ambiente.

2.4.3 Valores

- Respeto por las personas
- Trabajo en equipo y colaboración
- Responsabilidad y empoderamiento
- Integridad
- Enfoque a resultados

2.5 Política de calidad

Toda y cada una de las personas que laboran en Aliaxis, Latinoamérica, tenemos el compromiso permanente de ofrecer bienes, y servicios que cumplan con los requisitos del cliente, mantener la certificación de nuestro sistema de calidad y mejorando continuamente así como también vela por la rentabilidad de la empresa y del desarrollo de recursos humanos.

2.6 Objetivos de calidad

La empresa centra sus objetivos de calidad en tres ámbitos, como son:

1. **Enfoque al cliente.** Conocer profundamente las necesidades del cliente a proceso de negocios y satisfacerlas y evaluar el grado de éxito alcanzado en el cumplimiento de este propósito.

2. **Desarrollo de negocios:** Impulsar la innovación en los productos y servicios prestados e integrarlos en nuevas soluciones que presenta una mejor respuesta a las necesidades del cliente.

3. **Crecimiento de recursos humanos:** Atraer el talento necesario, retenerlo y dejar para mejorar continuamente la posición competitiva del grupo.

2.7 Estructura organizacional

En la **Figura 2.2** se observa cómo está estructurada la empresa Durman Esquivel S.A de C.V., de Tuxtla Gutiérrez Chiapas.

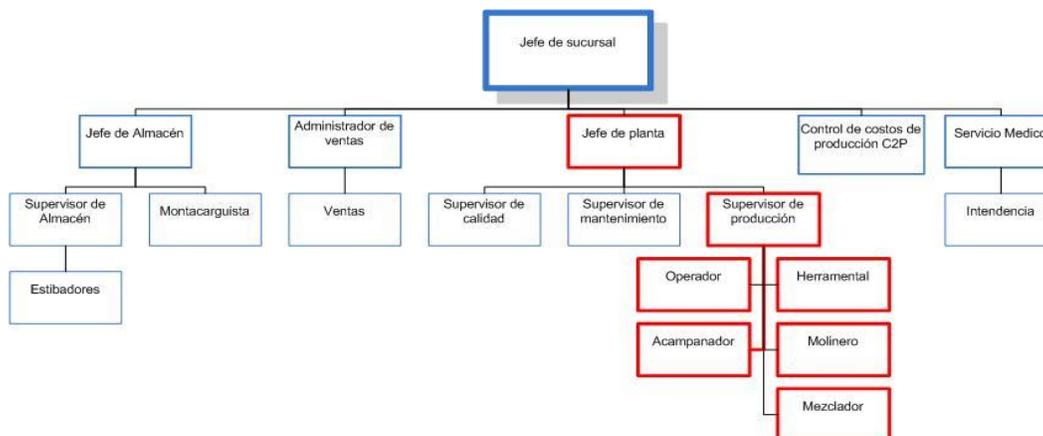


Figura 2.2 Organigrama de la empresa
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

Nota: En el organigrama de la empresa se observa de color rojo el área y el personal involucrado en el que se lleva a cabo el proyecto.

2.8 Proceso de producción

El proceso de producción es de forma lineal, inicia en el área de mezclado preparando la fórmula para el producto, esta es trasladada al área de manufactura, para pasar al proceso de extrusión, donde se alimenta la extrusora con el material el cual es introducido por la tolva que cuenta con dosificador y velocidad controlada.

Después que el material es introducido a la extrusora pasa por el barril de la máquina el cual se encarga de revolver por última vez la fórmula para que pase al cabezal bien mezclada.

Cuando el material pasa al cabezal que este a la temperatura deseada el material empieza a salir plastificado, y ahí comienza a salir el producto, el cual pasa por una tina de agua para enfriar el tubo y endurecerlo.

Después de la tina se encuentra un jalador con velocidad controlada, como su nombre lo indica esta máquina jala el tubo para llevarlo a la imprenta donde se marca el lote que se produce, lugar y fecha de elaboración, así como las normas y especificaciones que se requieran para su venta.

Enseguida se encuentra la cortadora la cual corta el tubo a la longitud deseada según el producto puede ser de 6 o 3 metros de largo.

Una vez cortado el tubo se introduce a la acampanadora para formarle campana a un extremo del tubo, al cual se le introduce un anillo de hule, al extremo contrario se le hace chaflán para que entre en la campana de otro tubo.

Por último los tubos son llevados al almacén.

3. Fundamento Teórico

3.1 Manufactura esbelta

La manufactura esbelta sirve para agilizar la producción por que elimina pasos innecesarios del proceso de producción. Cuando eliminan actividades que no agregan valor para los clientes, los fabricantes pueden responder ante los cambios de las condiciones del mercado con mayor flexibilidad y facilidad.

A continuación se describen algunas metodologías para llevar a cabo la manufactura esbelta.

3.1.1 Sistema KANBAN

Es un sistema de información que controla la producción de los artículos necesarios en las cantidades y tiempos necesarios, en cada proceso de la compañía y de las compañías proveedoras. Establece un sistema de producción en el cual los productos son jalados por la siguiente estación, estos no pueden ser empujados por la primera estación; los productos son jalados al ritmo que se necesitan, la última estación es la que marca el ritmo de producción.

3.1.2 Producción constante

Significa que la línea de producción ya no está comprometida a manufacturar un solo tipo de producto en grandes lotes.

En cambio, la línea produce una gran variedad de productos cada día en respuesta a la variación de la demanda del cliente. La producción es lograda adaptando los cambios de la demanda diariamente y mensualmente.

3.1.3 Reducción del tiempo de cambios de herramental SMED

El tiempo para el cambio de herramental es la cantidad de tiempo necesario en cambiar un dispositivo de un equipo y preparar ese equipo para producir un modelo diferente, pero producirlo con la calidad requerida por el cliente y sin aumentar los costos para la compañía y lograr con esto, reducir el tiempo de producción en todo el proceso.

El producto que llega primero al mercado goza de un alto porcentaje de ganancias asociadas con la introducción inicial del producto.

3.1.4 Justo a Tiempo

Es una filosofía que define la forma en que debe optimizarse un sistema de producción. Se trata de entregar materias primas o componentes a la línea de fabricación de forma que lleguen justo a tiempo.

El justo a tiempo se orienta a la eliminación de actividades de todo tipo que no agrega valor, al logro de un sistema de producción ágil y suficientemente flexible a los pedidos de los clientes.

Evitando las actividades que no producen valor añadido también se obtendrán precios competitivos. Con el concepto de empresa ajustada hay que aplicar unos cuantos principios directamente relacionados con la calidad total.

Lubben (1988: 75), indica que hay cinco metas básicas con el sistema Justo a Tiempo. Esas metas están enfocadas a promover la optimización de todo el sistema de manufactura al desarrollar políticas, procedimientos y actitudes requeridas para hacer una empresa responsable y competitiva. Estas metas son:

- Diseñar para obtener un costo y calidad óptima
- Minimizar el total de recursos gastados en el diseño y fabricación del producto
- Entender y ser receptivo de las necesidades del consumidor
- Desarrollar confianza en las relaciones con los proveedores y consumidores
- Desarrollar acuerdos para mejorar el sistema de manufactura

3.1.5 Estandarización de operaciones

Se minimiza el número de trabajadores, balanceando las operaciones en la línea asegurando que cada operación requiera del mismo tiempo para producir una unidad. El trabajador tiene una rutina de operación estándar y mantiene un inventario en constante proceso.

3.1.6 Distribución de máquinas y trabajadores multifuncionales

Permite una fuerza de trabajo muy flexible, los cuales deben de ser bien entrenados y tener una gran versatilidad que se logra a través de la rotación del trabajo y continuamente se evalúan y revisan los estándares y rutinas de operación, las máquinas podrán ser colocadas en distribuciones en forma de “U” donde la responsabilidad de cada trabajador será aumentada o disminuida dependiendo del trabajo a realizar en cada producto.

3.1.7 Mejoramiento de actividades

Las mejoras son enfocadas a reducir costos, mejorar productividad, reducir la fuerza de trabajo, mejorar la moral de los empleados. El mejoramiento se realiza a través de equipos de trabajo y sistemas de sugerencias.

3.1.8 Sistema de control visual

Monitorean el estado de la línea y el flujo de la producción. Con sistemas muy sencillos, por ejemplo, algunas luces de diferentes colores que indiquen algunas anomalías en la línea de producción. Algunos otros controles visuales como hojas de operaciones, tarjetas de KANBAN, *display digital*, etcétera.

3.1.9 Control de calidad en toda la compañía

Se basa en promover mejoras en todos los departamentos, por medio de la acción de un departamento y reforzado por otros departamentos de la misma compañía, teniendo especial atención en la junta de directores para asegurar que la comunicación y cooperación se dé en toda la compañía.

El principio que inspira el control de calidad en toda la compañía es introducir la mejora continua de la calidad en los procesos y en los productos a través de las personas y del trabajo en equipo.

3.2 Objetivos de la producción esbelta

Orbegoso (2005: 121), cita que los principales objetivos de la producción esbelta es implementar dentro de la empresa una filosofía de mejora continua que permita reducir sus costos, mejorar procesos y eliminar desperdicios, de manera de aumentar consistentemente la satisfacción del cliente y mantener un margen de utilidad.

Producción esbelta proporciona a las empresas las herramientas necesarias para competir en un mercado global que exige altas tasas de calidad y eficiencia, más específicamente pretende:

- Reducir los desperdicios considerablemente
- Disminuir el inventario y el espacio en el piso de producción
- Crear sistemas de producción más robustos
- Crear sistemas de entrega de materiales apropiados
- Mejorar las distribuciones de las plantas para aumentar la flexibilidad
- Mejorar en costos de personal y aprovechamiento adecuado de recursos
- Aumentar la productividad

3.3 Beneficios de producción esbelta

Orbegoso (2005: 125), indica que la implementación de la producción esbelta en la empresa trae muchos beneficios. Se debe establecer, que este es un proceso de implementación y mejoramiento continuo, siempre se está en estado de mejora. Entre los beneficios más importantes se encuentran:

- Reducción en los costos de producción
- Disminución de inventarios
- Menor mano de obra
- Mayor eficiencia en los equipos
- Flexibilidad para reaccionar ante cambios
- Eliminación sistémica de los desperdicios
- Mejora la competitividad de las empresas al permitir flexibilizar las líneas de producción.

- Atender a un mayor número de clientes al permitir producir lotes más pequeños.

3.3.1 Eliminación de desperdicios

Cuatrecasas (2009: 150), define como desperdicio todo elemento o actividad participante del proceso productivo que no agrega valor al producto, es todo fuera del mínimo necesario de materiales, equipamiento, partes, espacio y tiempo para el proceso. Se mencionan diferentes tipos de desperdicios:

- Por transporte
- Por sobreproducción
- Por tiempos de espera
- Desperdicios del proceso
- Debido a las existencias o stocks
- Debido a movimientos innecesarios
- Falta de calidad

3.3.1.1 Desperdicios por transporte

El movimiento dentro de una planta productiva ya sea de materiales, partes o personas es costoso y consume tiempo que no agrega valor.

Para minimizar este tipo de problema de distancias y tiempos de transporte existen dos variables importantes: la distribución dentro de la planta y la secuencia de operaciones que siguen los productos.

La idea es que las distancias que tengan que recorrer los productos a medida que son procesados sean cortas y en secuencia de manera de que haya un flujo.

3.3.1.2 Desperdicios por sobreproducción

Orbegoso (2005: 125), da a conocer que en la sobreproducción siempre hay disponibilidad de productos, y se puede suavizar el efecto de una demanda cambiante.

Es práctica común creer que es una manera correcta de trabajo pero en realidad este es un tipo de desperdicio que no calza con los principios generales de la filosofía *Lean*: lo que se necesita, cuando se necesita.

Esto puede llevar a la compañía a parar definitivamente (no se puede seguir produciendo a ritmo constante cuando no hay demanda) o en un mal caso terminar vendiendo todo el stock existente a precios reducidos con el fin de recuperar el dinero que se está inmovilizando en inventarios.

3.3.1.3 Desperdicios por tiempos de espera

Los desperdicios se producen en todos los momentos en que se está esperando por hacer algo, por ejemplo la espera a que llegue una orden de producción, llegada de materia prima y retiro de productos terminados entre otros.

Existen jefes de operaciones que piensan que es mejor tener las máquinas trabajando que tener trabajadores o máquinas paradas esperando, aun cuando el primer desperdicio es más dañino que el segundo.

3.3.1.4 Desperdicios del proceso

Este tipo de desperdicio está determinado por procesos mal diseñados, que tienen pasos redundantes, innecesarios y a veces ocupando más recursos de los necesarios.

3.3.1.5 Despilfarro debido a las existencias o stocks

El exceso de existencias de materiales y productos es uno de los más importantes despilfarros, esto supone un costo adicional por el valor del producto, el espacio utilizado, los transportes que exige, la manipulación para almacenarlo y recuperarlo, etc.

Una correcta administración de los productos y una organización adecuada, sin producir más allá de la demanda, son las claves para evitar la presencia de existencias innecesarias.

3.3.1.6 Desperdicio por movimientos innecesarios

Los movimientos del personal que podrían evitarse no añaden valor al producto, como en el caso de caminar de una misma persona que se ocupa de tareas separadas por una distancia considerable, o personas que se tuvieron que desplazar para ir en busca de materiales, herramientas, útiles o documentos.

3.3.1.7 Falta de calidad

Los productos con defectos constituyen un despilfarro evidente ya que deben reprocesarse o tirarse, lo que supone la pérdida o repetición de actividades que aportaban valor al producto.

Si el producto defectuoso llega al cliente se tienen que reponer o reparar dicho producto y se corre el riesgo de perder prestigio y el cliente.

Los desperdicios van acompañados de otros dos conceptos para que estos desaparezcan y no solo eso sino que ya no vuelvan a aparecer. Estos conceptos son mura y muri.

Mura hace referencia a la variabilidad de los tiempos de procesos. Muri, es la práctica injustificada de la forma en realizar las actividades. Para evitar esto se deben estandarizar las actividades y tiempos para tener un control y evitar los desperdicios.

3.3.2 Reducción del tamaño del lote

Orbegoso (2005: 129), señala que el lote es una cantidad finita de elementos que son procesados como un conjunto. Por lo general son un número constante de elementos que a lo largo de una línea productiva pueden ser comprados, procesados, transportados, vendidos y almacenados, entre otros y la determinación de su tamaño óptimo es muy importante.

Algunos puntos importantes a considerar como el tiempo de entrega, costos de almacenamiento y de preparación de máquinas se citan a continuación:

- **Tiempo de entrega**

Al trabajar con lotes de menor tamaño, el tiempo de proceso de cada lote en cada subproceso es menor, y de esta manera los lotes llegan al final del proceso productivo en menor tiempo.

- **Costo de mantenimiento y almacenaje**

La reducción del tiempo de entrega hace que disminuyan los costos de mantenimiento y almacenaje, debido a que el producto fluye más rápidamente y no tiene que ser almacenado antes de ser entregado al cliente.

Reducir el inventario, reduce también las complicaciones asociados al manejo de éste, como lo son el conteo de productos, aumenta la visibilidad y se libera espacio en la planta.

- **Costo de preparación de las máquinas**

Al reducir el tamaño de los lotes se enfrenta el problema de que aumentará el número de preparaciones de las máquinas, si cambian de tipo de producto entre lote y lote, o el número de veces que se lleva materia prima a la máquina para procesarla.

Este aumento implicará un aumento en los costos asociados a las preparaciones de las máquinas y al transporte de materias primas hasta ella, se debe dar la correcta importancia a la reducción de los costos de preparación para minimizar los problemas en conjunto.

- **Calidad**

La calidad en los productos se beneficia por la reducción de lotes de producción. Los defectos son descubiertos una vez que el lote ha sido completado y es revisado para despacharlo; al tener lotes mayores, la revisión se demora más en realizar, y se hace entre períodos de tiempo más largos, lo cual no permite descubrir los defectos con prontitud para solucionar el problema.

- **Flexibilidad**

Ante pedidos especiales o mucha demanda solo basta con modificar la producción, no debería resultar tan problemático; con los lotes grandes, la manera de responder a aumentos en la demanda o pedidos especiales de última hora sería con trabajo en horas extras, que son costosas para la empresa.

Cuando hay poca demanda por los productos es bueno que la empresa pueda flexibilizarse y producir solamente lo que se está demandando, evitando las pérdidas por producto que no se vendería en el mercado actual.

La reparación de los equipos solamente cuando estos fallan no solo es de mala calidad, sino que afectan el futuro productivo de los equipos, debido a que no se diagnostica que tipo de problema, no se hace nada para que no vuelva a suceder, ni se establece un plan general para solucionarlo por completo.

3.4 Metodología 5 S's

Los sistemas productivos cuya implementación se pretende llevar a cabo bajo los principios de la producción ajustada, basándose en evitar actividades y consumo de recursos innecesarios, ven muy favorecido sus objetivos, si parten de una buena organización que les evite perder tiempo en buscar, recoger y preparar elementos necesarios en la producción (materiales, herramientas, útiles, etc.).

Las consideraciones anteriores consiguen; mediante la implantación de un programa --5 S's--, cuya aportación a la mejora de la eficiencia es directa y total; en efecto, como se verá, este programa presupondrá organización, orden, limpieza, estandarización y disciplina, actividades (y actitudes), que favorecen al ahorro de recursos y actividades inútiles y, desde luego, suponen eficiencia.

Los sistemas productivos en los que está aplicando el *Just in time* no rendirían adecuadamente si no tuvieran asimismo implantados de forma sistemática los programas 5 S's.

3.4.1 Concepto de las 5 S's

Es un programa de trabajo para talleres y oficinas que consiste en desarrollar actividades de orden/limpieza y detección de anomalías en el puesto

de trabajo, que por su sencillez permiten la participación de todos a nivel individual/grupal, mejorando el ambiente de trabajo, la seguridad y equipos y la productividad.

Rey (2005: 17), indica que las 5 S's son cinco principios japoneses cuyos nombres comienzan con S y que van todos en la dirección de conseguir una fábrica limpia y ordenada. Estos nombres son:

- **Seiri** (organización): disponer los puestos de trabajo con los elementos que les son propios y eliminar aquellos que no tienen utilidad en ellos o a su alrededor, los cuales estorban.
- **Seiton** (orden): los elementos que componen el puesto de trabajo, una vez ya se han --organizado-- (tanto los elementos que se hallan en el puesto como las que están cerca, han de estar allí y ser útiles), deben ahora ordenarse, de forma que se pueda identificar rápidamente la ubicación de cualquiera de ellos por su naturaleza.

Situamos los objetos/herramientas de trabajo en orden, de tal forma que sean fácilmente accesibles para su uso, bajo el eslogan de --un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar--.

- **Seiso** (limpieza): identificar y eliminar los focos de suciedad, todos los elementos que componen al lugar de trabajo deben estar permanentemente limpios y en orden de funcionamiento. La limpieza ha pasado en la actualidad a ser una de las tareas del propio trabajador productivo, con las nuevas tendencias en la gestión del mantenimiento, el denominado TPM.

- **Seiketsu** (estandarización): establecer procedimientos, que conozcan todas las personas, para conseguir mantener en el tiempo la constancia de orden y limpieza.

Los procedimientos para alcanzar los objetivos de las tres primeras S's deben dotarse del método adecuado para que puedan implantarse con la máxima facilidad posible. Cuando se consideren suficientemente correctos, será importante su estandarización, para asegurar su correcta aplicación.

- **Shitsuke** (disciplina): trabajar constantemente de acuerdo con las normas establecidas a fin de que las tres primeras S's se lleven a cabo, de acuerdo con los procedimientos estandarizados y se repitan estos cada vez que corresponda y no solo cuando el tiempo y la motivación lo permitan, será conveniente completar el programa 5 S's con la disciplina necesaria.

Las tres primeras fases, organizar, orden y limpieza, son operativas. La cuarta, a través del control visual ayuda a mantener el estado alcanzado en las fases anteriores mediante la aplicación de estándares incorporados. La quinta fase permite adquirir el hábito de las prácticas y aplicar la mejora continua en el trabajo diario.

Antes de emprender esta actividad, la cual se iniciará, como ya se ha señalado, sobre una línea piloto, puede ser interesante comunicar el inicio de la acción a toda la organización a través de una campaña específica y con ayuda de un póster entregado a todos los empleados un manual de las 5 S's.

3.4.2 Efectos de la aplicación de las 5 S's

- Permite conocer en qué situación están en relación con el estado en que se encuentra el sistema de producción y las oficinas y fijar unos objetivos con el compromiso de alcanzarlos.
- Transforma el equipo de producción hasta llevarlo a su estado ideal o de referencia, eliminando anomalías, averías y defectos, y mantenerlo en el tiempo en dicho estado.
- Transforma al propio operador de fabricación, quien va a alcanzar mayores responsabilidades y una cualificación y preparación que antes no tenía, visionando la importancia del --cero averías/cero defectos--, así como la de su participación en todo tipo de --mejoras--.

Las 5 S's se definen como un estado ideal en el que:

- Los materiales y útiles innecesarios se han eliminado
- Todo se encuentra ordenado e identificado
- Se han eliminado las fuentes de suciedad
- Existe un control visual mediante el cual saltan a la vista las desviaciones o fallos, y todo lo anterior se mantiene y mejora continuamente.

3.4.3 Ventajas al aplicar las 5 S's

Entre las ventajas que nos aportan las 5 S's, vamos a señalar tres:

1. La implantación de las 5 S's se basa en el trabajo en equipo

Permite involucrar a los trabajadores en el proceso de mejora desde su conocimiento del puesto de trabajo. Los trabajadores se comprometen. Se valoran sus aportaciones y conocimiento; la mejora continua se hace una tarea de todos.

2. Manteniendo y mejorando asiduamente al nivel de 5 S's conseguimos una mayor productividad que se traduce en:

- Menos productos defectuosos
- Menos averías
- Menos accidentes
- Menor nivel de existencias o inventarios
- Menos movimientos y traslados inútiles
- Menor tiempo para el cambio de herramientas

3. Mediante la organización, el orden y la limpieza, logramos un mejor lugar de trabajo para todos, puesto que consigue:

- Más espacio
- Satisfacción por el lugar en el que se trabaja
- Mejor imagen ante nuestros clientes
- Mayor cooperación y trabajo en equipo
- Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas
- Mayor conocimiento del puesto de trabajo

No obstante, el proceso va a ser largo y hemos de tener paciencia y perseverancia para desarrollarlo por etapas.

3.5 SMED

3.5.1 Antecedentes del SMED

El cambio de formato ha de sufrir un cambio espectacular para implementar la nueva filosofía de gestión de la producción *lean*, que implica lotes reducidos de producción mezclada de productos variados, es precisamente el tiempo que debe estar detenido un proceso para preparar sus equipamientos, aprovisionamientos, herramientas y otros recursos para la producción de una nueva variedad de producto.

Las técnicas SMED han permitido cambios muy rápidos de producto (pocos minutos de tiempo para cambios que anteriormente requerían horas), realizando fuera del tiempo de preparación todo cuanto podía llegar a hacerse antes o después, y mejorando al máximo las operaciones que se desarrollan durante el tiempo de cambio.

3.5.1.1 El primer encuentro (nacimiento) del SMED

En la primavera de 1950, Shigeo Shingo dirige un estudio de mejora de eficiencia en la fábrica Toyo Kogyo de Mazda, en Hiroshima, que, fabricaba vehículos de tres ruedas. Toyo pretendía eliminar los cuellos de botella provocados por las grandes prensas de moldeo de carrocerías que no trabajaban a capacidad plena (Shingo, 1983: 23).

Viendo las pérdidas de tiempo por falta de planificación se le ocurrió que las operaciones de preparación de la máquina eran realmente de dos tipos diferentes:

- Preparación interna se refiere a una preparación con máquina parada
- Preparación externa se refiere a una preparación con máquina en marcha

Tras la distinción de la preparación interna y de la preparación externa, se elevó la eficiencia un 50% y el cuello de botella se desvaneció.

A partir de este episodio, se establece como principio distinguir claramente entre preparación interna y externa.

Así, el concepto recién nacido: SMED, dio sus primeros pasos en Toyo Kogyo.

3.5.1.2 El segundo encuentro

En el verano de 1957, a Shigeo Shingo le encomendaron un estudio en los astilleros de Mitsubishi Heavy Industries en Hiroshima. El problema es que una gran cepilladora de un solo bastidor utilizada para mecanizar bancadas de motores diesel no trabajaba a su capacidad y que deseaba hacer más eficiente la operación.

Después de hacer un análisis de producción, se dio cuenta que el procedimiento de marcado para el centrado y dimensionamiento de la bancada del motor era realizado en la propia mesa de la cepilladora. Esto reducía considerablemente la tasa de operación.

La idea que surgió fue instalar una segunda mesa de cepilladora y realizar la operación en ella separadamente, de esa forma, podría intercambiar mesas al

pasar de un lote al siguiente, y habría una reducción significativa en la cantidad de tiempo durante el cual la operación se interrumpía para cada preparación. (Shingo, 1983: 26).

En su siguiente visita a la fábrica, encontró que la mesa extra ya se había completado. Esta solución produjo un aumento de la productividad en un 40%. Si hubiese percibido en aquella época la tremenda importancia de convertir una preparación interna en otra externa, el concepto SMED habría sido perfeccionado una docena de años antes.

3.5.1.3 El tercer encuentro

En 1969, Shigeo visitó el taller de carrocerías en la planta principal de Toyota Motor Company. El Sr. Sugiura, director de la división, le conto que tenía una prensa de 1000 toneladas que requería cuatro horas para el cambio de útiles y preparación. Volkswagen en Alemania había estado realizando preparaciones en una prensa similar en dos horas, y la dirección había dado instrucciones claras al Sr. Sugiura de mejorar ese tiempo.

Junto con el supervisor y el jefe de planta, emprendió la tarea viendo que se podría hacer. Les costó especialmente distinguir con claridad entre preparación interna y externa, intentando mejorar cada una separadamente. Tras seis meses, fueron capaces de bajar el tiempo de preparación a noventa minutos.

Todos estaban complacidos con este éxito, pero cuando volvió a visitar el taller de carrocerías al mes siguiente, el Sr. Sugiura tenía noticias bastante sorprendentes para él. La dirección le había ordenado reducir más el tiempo de preparación, ¡hasta menos de tres minutos! Por un instante se quedo sin habla

ante la petición. Pero entonces llego la inspiración: ¿Por qué no convertir las actividades internas en externas?.

Con la esperanza de que cualquier preparación podría realizarse en menos de diez minutos, bautizo este concepto como --cambio de útiles en menos de 10 minutos--, o SMED (Single Minute Exchange of Die).

El SMED está basado en la teoría y años de experimentación práctica. Es una aproximación científica a la reducción del tiempo de preparación de máquinas que puede ser aplicada a cualquier fábrica y a cualquier máquina.

3.5.2 Definición

El sistema SMED (Single Minute Exchange of Die) es el sistema desarrollado por Toyota, con la colaboración de Shigeo Shingo, para reducir drásticamente los tiempos de *set-up* hasta llevarlos a una duración que puede ser expresada en minutos, con números de una sola cifra (*single digit minute*).

El sistema SMED se compone de la teoría y las técnicas para conseguir drásticas reducciones de tiempo en las operaciones de preparación de máquinas y de cambios de matrices, moldes o herramientas; operaciones destinadas a reducir el despilfarro que supone tener parado un equipo durante un proceso productivo, generando el costo consiguiente.

No se debe olvidar que el ahorro es uno de los principios básicos que sustentan todas estas políticas de calidad que subyace en la filosofía de todos los sistemas a los que nos estamos refiriendo.

Según palabras del propio Sr. Shingo, “con el SMED se trata de diseñar un sistema de producción que inherentemente sea capaz de responder a los cambios, siendo el método más efectivo para conseguir la producción JIT”

3.5.3 Distribución del tiempo durante el cambio de formato

Shingo (1985: 13), señala que los procedimientos de preparación están pensados como infinitamente variados, dependiendo del tipo de operación y del equipo que se usará. Aun así, cuando esos procedimientos son analizados desde diferentes puntos de vista, puede observarse que todas las operaciones de preparación tienen una secuencia de pasos.

El tiempo de configuración típicamente está compuesta de las siguientes cuatro funciones:

- Preparación, ajuste post-proceso y verificación de materiales, troqueles, plantillas, calibres, etc. 30%.
- Montar y desmontar troqueles y herramientas. 5%
- El centrado y la determinación de dimensiones de utillajes. 15%
- Producción de piezas de ensayo y ajustes. 50%

3.5.4 Pasos básicos para la implementación del SMED

Paso 1.- Distinguir los conceptos de preparación interna y externa. Un elemento interno es aquel que para efectuarse requiere necesariamente que la máquina esté parada. Un elemento externo es el que puede llevarse a cabo con la máquina andando.

Paso 2.- Separar claramente la preparación interna y externa. Simplemente separando y organizando las operaciones internas y externas, el tiempo de preparación con máquina parada puede ser reducido de un 30 a 50 por ciento.

Paso 3.- Transformar las preparaciones internas en externas. La conversión de las operaciones de preparación internas en externas es el principio fundamental del SMED. La separación de las operaciones internas de las externas, sirve para ver si algunos pasos que se han asumido erróneamente como internos, mientras hay posibilidades de convertir estos pasos a externos a base de preparar las cosas con anticipación.

Paso 4.- Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación: esto se puede realizar estandarizando la operación de preparación; adoptando medios de preparación en paralelo (con dos o más operarios a la vez); eliminando ajustes; mecanizando algunos procesos de preparación, sobre todo los que requieren el movimiento de útiles pesados.

Es evidente que la adopción del SMED produce, por una parte, un incremento notable de la productividad, y por otra, la posibilidad de tener lotes pequeños de producción (el cambio de una pieza a otra es cosa de algunos minutos, no de horas) y así mejorar el servicio a los clientes y hacer efectivo el JIT.

3.5.5 Ventajas de la aplicación del sistema SMED

Las principales ventajas de la técnica SMED pueden sintetizarse en los siguientes puntos:

1. Permite realizar un sistema sincronizado con el mercado

Mediante esta técnica, en instalaciones que tienen tiempos de *set-up* de horas, tiempos de detección de máquina de pocos minutos, gozando de las innumerables ventajas que de ello se derivan:

- Producir lotes muy pequeños, o mucho, una sola pieza a la vez
- Producir no sobre programa, tratando de prever las necesidades, sino sobre la petición real del cliente.
- Eliminar de esta manera la presencia de muda y de piezas obsoletas

2. Su aplicación conlleva beneficios en términos de organización

La mejora de los tiempos de *set-up* pasa también por el empleo de técnicas de dirección *visual factory* y 5 S's.

Con estas técnicas se obtienen estos beneficios:

- Saber exactamente qué y cuándo se debe hacer de manera automática, inmediata y visual;
- Establecer exactamente lo que sirve, asignar un lugar al alcance de la mano y encontrar cada cosa en su lugar.

3. Aumento de la tasa de utilización de la máquina y de la productividad, al disminuir los tiempos improductivos de los cambios.

4. Mayor flexibilidad a la empresa para adaptarse a las fluctuaciones y modificaciones de la demanda.

- 5. Al trabajar con lotes más pequeños, los problemas de calidad son más rápidamente detectados y afectan a menor número de piezas.**

3.6 Técnicas de aplicación

Cuando se conocen los conceptos involucrados en la mejora de la preparación, se consideran algunas técnicas para cada una de las fases conceptuales.

3.6.1 Fase preliminar: no están diferenciadas las preparaciones interna y externa

En las operaciones de preparación tradicionales se producen diferentes clases de despilfarro:

- Los productos terminados se transportan al almacén o el siguiente lote de materia prima con la máquina detenida. Se pierde tiempo precioso al estar la máquina parada durante el transporte.
- Las cuchillas y matrices, por ejemplo, se entregan después de que la preparación interna ha comenzado, o una pieza defectuosa se descubre tras el montaje y pruebas. Como resultado, se pierde tiempo en retirar la pieza defectuosa y empezar al proceso de nuevo.
- En lo que a calibres y plantillas se refiere, una plantilla puede ser reemplazada porque no tiene la precisión necesaria y necesita ser reparada; los tornillos no aparecen; una tuerca aprieta demasiado o no aparecen tacos de determinado espesor.

Se puede encontrar muchas otras circunstancias en las que los errores, la falta de disponibilidad o la verificación inadecuada del equipo, producen retraso en las operaciones de preparación.

3.6.1.1 Primera Etapa: Separación de las preparaciones interna y externa

Las técnicas que se exponen a continuación son muy efectivas para asegurar que las operaciones externas se efectúen:

- Empleo de una lista de comprobación
- Mesa de comprobación
- Realización de comprobaciones funcionales
- Mejora del transporte de útiles y otras piezas

Empleo de una lista de comprobación

Hacer una lista de comprobación con todas las partes y pasos necesarios para una operación, incluyendo:

- Nombres
- Especificaciones
- Numero de cuchillas, matrices, etc.
- Presión, temperatura y otras variables
- Valores numéricos de todas las medidas y dimensiones

Basándose en esta lista, realizar una doble comprobación para asegurarnos de que no hay errores en las condiciones de operación así se evitaban muchos errores y pruebas que hacen perder el tiempo.

Mesa de comprobación

La mesa de comprobación, es una mesa sobre la que se realizaran dibujos de todas las piezas y herramientas necesarias para la preparación, las piezas se colocan sobre los dibujos respectivos y con un simple vistazo podrá cerciorarse de la falta de alguna pieza. Es una técnica es un buen complemento a la lista de comprobación.

Es un muy importante establecer una lista y mesa de comprobación específicas para cada máquina, y evitar el empleo de una única lista para toda la fábrica. Si esto sucede, las listas pueden resultar confusas, tienden a hacer perder tiempo y, consecuentemente, con frecuencia se ignoran.

Realización de comprobaciones funcionales

La lista de comprobaciones es útil para cerciorarnos de que todas las cosas están donde deberían estar, pero no especifica si se encuentran en perfecto estado de funcionamiento. Por lo tanto, será necesario, durante la preparación externa, realizar comprobaciones funcionales.

Los fallos producidos en esto conducirán inevitablemente a retrasos en la preparación interna, cuando de repente se descubra que tal calibre no funciona adecuadamente o tal plantilla no es precisa. En particular, algunas reparaciones inadecuadas de moldes de plástico y prensas se descubren después de completar

las pruebas. En estos casos, un molde, que antes nos había costado trabajo montar en la máquina, ha de ser retirado y reparado, incrementando el tiempo de preparación.

Un problema frecuentemente son las reparaciones anticipadas que se demoran más de lo previsto, y la operación comienza antes de que se termine la reparación. Cuando el resultado son piezas defectuosas, el útil se retira apresuradamente y se realizan nuevas reparaciones, interrumpiendo la producción. Es importante siempre, terminar las reparaciones antes de empezar la preparación interna.

Mejora del transporte de útiles y de otras piezas

Las partes han de transportarse desde el almacén hasta las máquinas, y devueltas al almacén una vez que se termina un lote. Todo esto debe llevarse a cabo como procedimiento externo, realizado por el propio operador mientras la máquina funciona automáticamente, o bien por otro empleado asignado al transporte.

3.6.1.2 Segunda etapa: convertir la preparación interna en externa

La actividad que se presentan a continuación es efectiva para convertir las actividades internas en externas.

- Preparación anticipada de las condiciones de operación

Preparación anticipada de las condiciones de operación

El título de este apartado constituye el primer paso para la conversión de las operaciones de preparación. Los ejemplos que se ofrecen a continuación sirven para ilustrar este método.

- Precalentado de moldes en una gran máquina de moldeo de plásticos
- Fijación de centros para procesos de matrices de prensas
- Estandarización de funciones
- Plantilla de centrado inferior
- Plantilla de centrado
- Uso de plantillas intermediarias

Precalentado de moldes en una gran máquina de moldeo de plásticos

El precalentamiento de un molde con un calentador eléctrico antes de fijarlo a la máquina hizo posible la consecución de productos de calidad desde el principio. El tiempo de preparación y las inyecciones de prueba se redujeron.

Fijación de centros para procesos de matrices de prensas

Cuando se mecanizan las matrices, éstas se fijan al tablero de una cepilladora y se centran marcando el centro de la matriz sobre la placa de trazado. Esta operación de centrado se eliminó cortando ranuras de centrado sobre un patrón fundido que indicaban por anticipado la posición correcta del ítem.

Estandarización de funciones

Cualquier persona puede apreciar las ventajas de la estandarización de las operaciones de preparación. Una forma de alcanzar esto sería estandarizar los tamaños y dimensiones de todas las herramientas y partes de las máquinas, pero este método, denominado estandarización de formas, es despilfarrador: los útiles se hacen mayores para acomodarse a los tamaños mayores necesarios, y los costos suben, en consecuencia, si queremos armonizar.

En contraste, la estandarización de funciones requiere estandarizar sólo aquellas piezas cuyas funciones son necesarias desde el punto de vista de las operaciones de preparación. Con esta filosofía, los útiles no necesitan ser mayores ni más sofisticados, y los costos se elevan sólo moderadamente.

Para llevar a cabo la estandarización de funciones, éstas se analizan y consideran una por una. Las operaciones se descomponen en sus elementos básicos, como, por ejemplo, bloquear, centrar, dimensionar, soltar, amarrar y mantener cargas. El ingeniero ha de decidir cuáles de esas operaciones han de ser estandarizadas y debe distinguir entre piezas que deben ser estandarizadas y piezas que necesitan cambios.

La forma más rápida de reemplazar algo es, por supuesto, no sustituir nada.

En resumen, la estandarización de funciones eficiente requiere análisis de las funciones de cada pieza de los aparatos, elemento a elemento, y el reemplazo

del menor número posible de piezas. Los ejemplos que se ofrecen a continuación sirven para ilustrar el principio de estandarización de funciones.

Plantilla de centrado inferior

En otra preparación, los vástagos que tienen algunas matrices de prensas pequeñas daban lugar a operaciones fastidiosas. Para alinear el orificio de la estampa con el vástago, el trabajador mide la placa por debajo y ajusta la posición de la matriz visualmente.

Se realiza un saliente en la forma de V por el medio de la plantilla de centrado fija y la depresión correspondiente en forma de V en la plantilla móvil. Si la plantilla superior encaja adecuadamente en la inferior, los orificios de la placa y el vástago se alinearan automáticamente. No habrá necesidad de medir la placa por debajo y el vástago encajará fácilmente.

Plantilla de centrado

En este ejemplo, se estandarizó solamente la función de centrado del vástago. El diámetro de los pernos que aseguraban el vástago era de 22mm, mientras que los pernos de anclaje de la matriz eran de 19mm. Se construyeron pernos especiales para anclar la matriz. Las cabezas de esos pernos de 19mm estaban hechas para corresponder exactamente con las cabezas de los pernos de 22mm, con lo que la operación se simplificó considerablemente, al apretar ambos juegos de pernos con una sola llave.

Uso de plantillas intermediarias

Se puede emplear dos plantillas estandarizadas, de tamaño y forma adecuadas, en el procesado de muchos elementos. Mientras se procesa la pieza que está unida a una de las plantillas, la siguiente se centra y monta en la otra como procedimiento de preparación externo. Cuando se termina la primera pieza, se montan en la máquina la segunda plantilla y su pieza respectiva. Esta plantilla estandarizada se denomina --plantilla intermediaria--.

3.6.1.3 Tercera Etapa: Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación

Después de haber concluido la primera etapa (separación de la preparación interna en externa) y la segunda (conversión de la preparación interna en externa), se procede a realizar mejoras en las operaciones elementales de preparación.

Mejoras radicales en las operaciones de preparación externa

Las mejoras en el almacenamiento y transporte de piezas y herramientas (incluyendo cuchillas, útiles, plantillas y calibres) pueden contribuir a la mejora de las operaciones aunque no serán, en ningún caso, suficientes.

En el caso de matrices de prensas de mediano tamaño, hay disponibles equipos avanzados para transportar partes y herramientas. El transporte de los útiles hasta las máquinas correspondientes se hace mediante cintas o transportadores de rodillos, este tipo de sistemas automáticos reduce el número

de horas-hombre necesarias para la preparación externas, pero no representa mejora alguna en la interna y consecuentemente, no nos ayuda a alcanzar los objetivos del sistema SMED.

3.7 La aplicación del SMED a las operaciones internas

3.7.1 La implementación de operaciones en paralelo

Las operaciones de máquinas, tales como las de moldeo de plásticos, fundición a presión o las grandes prensas, llevan asociadas invariablemente trabajos, tanto delante como detrás de la máquina. Cuando estas operaciones son realizadas por una sola persona, se malgasta continuamente movimiento mientras ésta se desplaza alrededor de la máquina.

Las operaciones en paralelo que necesitan más de un operario ayudan mucho en acelerar este tipo de trabajos. Con dos personas, una operación que llevaba doce minutos no será completada en seis minutos, sino en, quizás, cuatro, gracias a los ahorros de movimiento que se obtienen.

Cuando se realiza una operación en paralelo, se debe poner atención especial en evitar esperas innecesarias. Además, una operación paralela concebida pobremente puede resultar en ningún ahorro de tiempo.

El tema más importante al realizar operaciones paralelas es la seguridad. Cada vez que uno de los operadores ha completado una operación elemental, debe señalarlo al otro u otros trabajadores.

Los directores dicen a menudo que el tener personal insuficiente les impide realizar operaciones en paralelo. Este problema se elimina con el sistema SMED porque sólo será necesaria una asistencia de pocos minutos, e incluso pueden ayudar los trabajadores no especializados, puesto que las operaciones a realizar son simples. La asistencia puede ser proporcionada por el operador de una máquina automática, por alguien que aproveche un tiempo en vacío entre operaciones, o por el supervisor de turno.

3.7.2 La utilización de anclajes funcionales

Un anclaje funcional es un dispositivo de sujeción que sirve para mantener objetos fijos en su sitio con un esfuerzo mínimo.

Por ejemplo, el método directo de sujeción se utiliza para asegurar una matriz a una prensa. Se pasa un perno a través de un orificio en la matriz y se fija a la mesa de la prensa. Si la rosca tiene quince hilos, no podrá apretarse hasta que el perno sea girado quince veces; en realidad es la última vuelta la que aprieta el perno y la primera la que lo suelta, las restantes catorce vueltas son un despilfarro.

Si la misión de un perno es simplemente la de sujetar o soltar, su longitud debería determinarse de modo que solo se necesite una vuelta. El perno será, en ese caso, un anclaje funcional.

3.7.2.1 Fijaciones en una vuelta

Los casos siguientes son ejemplos de anclajes funcionales que pueden fijar o soltar objetos solamente con una vuelta.

El método del orificio con forma de pera

Para mejorar la preparación de atornillar un herramental, los orificios para los pernos se hicieron en forma de pera (**Figura 3.1**) de modo que cada tuerca pudiese soltarse con una vuelta.

Cuando los pernos han sido aflojados, la tapadera se gira en sentido contrario a las agujas del reloj una distancia equivalente a un diámetro de perno. Esto sitúa las tuercas frente al extremo más ancho de los orificios. La tapa se retira ahora de inmediato con una grúa. A partir de esto ya no es necesario quitar las tuercas, con lo que se elimina el proceso de buscarlas.

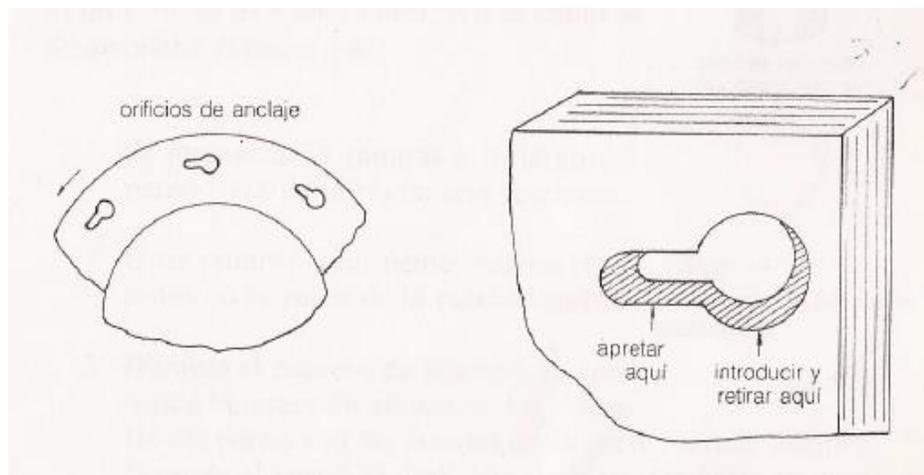


Figura 3.1 Orificio de anclaje en forma de pera
(Fuente: SHIGEO Shingo, Una revolución en la producción: el sistema SMED)

El método de las roscas acanaladas

En la **Figura 3.2** se observa un ejemplo de este método, y a continuación se describe como se lleva a cabo.

1. Se mecanizan ranuras a lo largo del perno para dividirlo en tres secciones

2. Unas ranuras equivalentes fueron realizadas en la rosca de la tuerca hembra.
3. Durante el proceso de fijación, se consigue la inserción alineando los salientes del perno con las ranuras de la parte roscada hembra. Después el perno se deslizaba simplemente hasta su posición final.
4. El perno se apretaba entonces con sólo un tercio de vuelta



Figura 3.2 Método de la rosca acanalada

(Fuente: SHIGEO Shingo, Una revolución en la producción: el sistema SMED)

3.7.3 Eliminación de ajustes

Los ajustes y operaciones de prueba suponen normalmente hasta un 50% del tiempo de preparación eliminarlos, por lo tanto, conducirá siempre a grandes ahorros de tiempo. No olvidar que la eliminación de ajustes significa justamente eso –eliminación--, no una reducción en el tiempo concedido a los mismos.

Los ajustes y operaciones de prueba son necesarios por causa de centrados imprecisos, dimensionado, etc., actividades típicas del principio del procedimiento de preparación interna. Es importantísimo reconocer que los ajustes no son una operación independiente. Para eliminarlos, debemos retroceder un paso y mejorar los estadios iniciales de la preparación interna.

3.8 Efectos del SMED

Este tema trata sobre las reducciones de tiempo alcanzadas y otros efectos resultantes de la aplicación del sistema SMED.

3.8.1 Tiempo ahorrado aplicando las técnicas SMED

En los últimos diez años las reducciones han sido aun mayores; la preparación media requiere ahora alrededor de un dos y medio por ciento del tiempo original preciso.

3.8.2 Otros efectos del SMED

3.8.2.1 Producción con stock mínimo

Los stocks desaparecen cuando las órdenes de trabajo de pequeño volumen unitario y de alta diversidad se ejecutan mediante la producción en pequeñas series y alta diversidad. Pero, por otro lado, los componentes de alta diversidad y de pequeñas series, conducen inevitablemente a un sustancial incremento en el número de las operaciones de preparación que deben realizarse. Sin embargo, reduciendo los tiempos de dos horas que precisaban las preparaciones a tres minutos utilizando el SMED, la situación cambia considerablemente.

El sistema SMED ofrece el único método para alcanzar una producción en pequeñas series y alta diversidad con mínimos niveles de stock.

Cuando se adopta un sistema de producción que minimiza los stocks, pueden esperarse los siguientes efectos colaterales:

- Se incrementa las tasas de rotación de capital
- Las reducciones de stocks conducen a una planta más eficiente
- La productividad se incrementa conforme se eliminan las operaciones de manejo del stock.
- Se eliminan los stocks inútiles resultantes de los cambios de modelos o de los errores en las estimaciones de la demanda.
- Se reducen o eliminan los deterioros en las mercancías
- La habilidad para la producción mezclada de varios tipos de artículos conduce a reducciones adicionales de stocks.

3.8.2.2 Aumento de las tasas de trabajo de máquina y de la capacidad

Si los tiempos de preparación/montaje se reducen drásticamente entonces las tasas de trabajo de las máquinas se incrementarían y la productividad crecerá no obstante el aumento del número de preparación/montaje.

3.8.2.3 Reducción de los errores de preparación

Los errores de preparación/montaje se reducen y la eliminación de las operaciones de ensayo reduce la incidencia de defectos.

3.8.2.4 Simplificación área de trabajo

La estandarización reduce el número de herramientas que se requieren, y las que continúan necesitándose se organizan más funcionalmente.

3.8.2.5 Reducción del tiempo de preparación

Se reduce el tiempo total de preparación, incluyendo tanto la preparación interna como la externa, como la consiguiente reducción en las horas de personal.

3.8.2.6 Reducción de costos

La implementación del SMED aumenta la eficiencia de las inversiones haciendo posibles dramáticos incrementos en la productividad a relativamente poco costo.

3.8.2.7 Actitud de los operadores

La adopción del SMED significa que los cambios de herramientas son simples y rápidos, no hay ninguna razón para evitarlos.

3.8.2.8 Eliminar entrenamiento y requerimientos

La facilidad de los cambios de útiles elimina la necesidad de trabajadores entrenado.

Se observó una vez una operación de preparación para engranajes helicoidales en una máquina de dentar engranaje. Utilizando el SMED, un trabajador no entrenado a cargo de la máquina era capaz de completar en siete

minutos y treinta y ocho segundos una operación que anteriormente un especialista tardaba una hora en desarrollar.

3.8.2.9 Reducción de los plazos de fabricación

Los períodos de fabricación pueden acortarse dramáticamente. Generalmente hablando, las tres siguientes estrategias han probado ser efectivas.

Eliminación de las esperas de proceso. Los retrasos en la producción son causados por el tiempo perdido esperando a completar una serie antes de procesar otra.

La relación entre el tiempo dedicado al proceso y a las esperas es frecuentemente del siguiente orden:

Esperas de proceso	:	Proceso
60		40
80		20

Si los periodos de espera pueden eliminarse, los plazos de fabricación pueden acortarse. Esto puede conseguirse estandarizando las cantidades y los tiempos de proceso.

Eliminación de las esperas de lote. Se pierde gran cantidad de tiempo cuando los materiales en bruto o semi-procesados esperan a ser procesados mientras se completa a un lote entero. Estos retrasos pueden eliminarse solamente estableciendo lotes de transporte de una pieza cada vez, de forma que cada pieza se mueva al proceso anterior.

Producción en pequeños lotes. El plazo de fabricación puede acortarse en un 90% con la producción en pequeños lotes, a través del uso del SMED, los plazos de producción pueden acortarse considerablemente aún cuando el número de cambios de útiles se incrementa, se, por ejemplo, una operación de preparación que necesitaba dos horas se reduce a tres minutos, con lo que diez repeticiones del cambio de útil todavía precisarían solamente treinta minutos.

La combinación de la reducción en los plazos de fabricación obtenibles empleando las tres estrategias descritas conduce a resultados dramáticos.

Incrementar la flexibilidad de la producción

En adición a acortar los plazos de fabricación, la adopción del SMED facilita los cambios en los productos a fabricar, haciendo posible responder rápidamente a los cambios en la demanda e incrementando sustancialmente la flexibilidad de la fabricación.

4. Metodología

Para llevar a cabo la propuesta para la reducción de tiempos de cambio de moldes en la línea de producción 2, se tiene establecida la metodología que se muestra en la **Figura 4.1**.

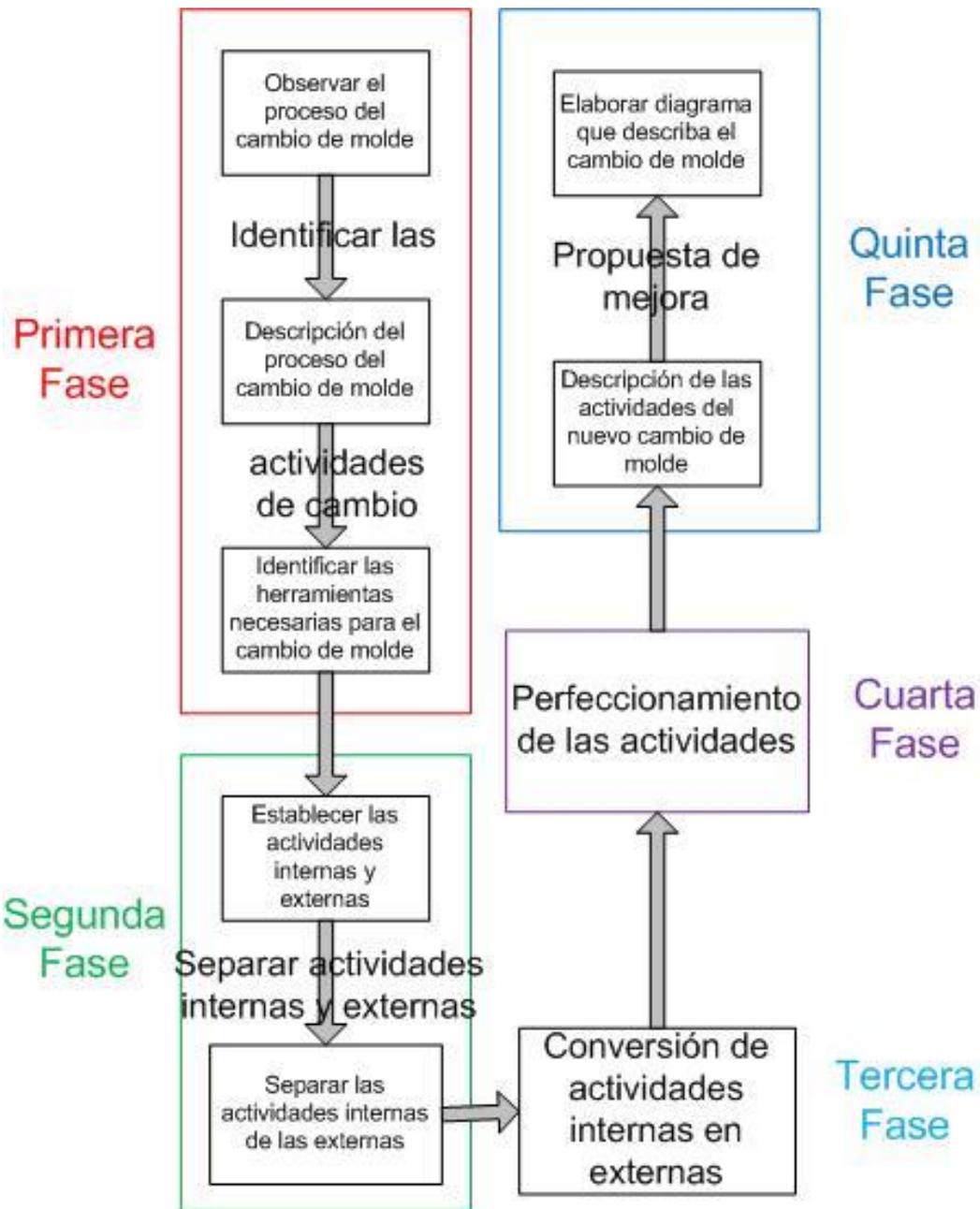


Figura 4.1 Metodología
(Fuente: elaboración propia)

4.1 Fases de la metodología

La reducción del tiempo de cambio se consigue estudiando el ciclo de las actividades que lo llevan a cabo. La metodología sigue un proceso riguroso dividido en 5 fases y 7 etapas.

Primera fase. Identificar las actividades del cambio de molde

Las actividades del cambio de molde que se observan son las del turno de la mañana de la línea 2. Esta actividad se lleva a cabo mediante las siguientes etapas y pasos.

Etapas 1. Observar el proceso de cambio de molde

Para llevar a cabo la observación del proceso de cambio de molde se realizan los siguientes pasos:

1. Colección de datos actuales sobre el cambio
2. Grabar en video las actividades del cambio de molde
3. Hacer un análisis de tiempo de las actividades

Segunda etapa. Descripción del cambio de molde

La descripción del cambio de molde se lleva a cabo realizando un análisis detallado de las actividades que se realizan en el cambio:

1. Observar cuantas veces sea necesario la grabación para identificar cuando empieza y termina una actividad.

Tercera etapa. Identificar las herramientas necesarias para el cambio de molde

Es necesario identificar todas las herramientas con las que se realiza el cambio y para que les sirve.

1. Recolectar la información con los trabajadores
2. Ver nuevamente el video para identificar donde utilizan la herramienta

Segunda fase. Separar actividades internas y externas

Es una fase importante que consiste en distinguir entre ajustes internos y externos, para mejorar el tiempo de preparación.

Primera etapa. Identificar las actividades internas y externas

Es necesario distinguir las actividades que se llevan a cabo: preparaciones externas y preparaciones internas.

Las actividades internas son aquellas que para realizarse es necesario que la máquina esta parada, en tanto que las externas son todas aquellas que se realizan mientras el equipo está funcionando.

Segunda etapa. Separar las actividades internas de las externas

Después de haber identificado las actividades se procede a separarlas para tener un mejor análisis de cada actividad para la siguiente fase.

Tercera fase. Convertir tareas internas en externas

Operaciones realizadas en tiempo interno pueden realizarse mientras la máquina trabaja reconsiderando el método de trabajo, o con una simple modificación del equipamiento o de los útiles.

Primera etapa. Conversión de actividades internas en externas

Para realizar esta actividad se reevaluarán las operaciones anteriores para saber si algunas de las actividades externas están consideradas como internas, al tener establecido cuales son las operaciones internas se buscarán los métodos para convertirlas en externas.

Cuarta fase. Perfeccionamiento de las actividades

Las operaciones internas que no se conviertan en externas deben ser objeto de mejora y control continuo.

- Una vez que los tiempos internos están bien identificados, su reducción es posible. Hay que analizar detalladamente cada tarea y perfeccionarla.

- La mayoría de las mejoras se consiguen en los procesos de ajuste. En ocasiones gracias a diferentes dispositivos técnicos, algunos pocos costosos y que permiten realizar ganancias importantes (fijaciones rápidas, estandarización de altura de útiles, posicionamientos rápidos, etc.).

Quinta fase. Propuesta de mejora

Una vez analizadas las actividades que se realizan en el cambio de molde se realiza la propuesta a implementar con los datos obtenidos.

Primera etapa. Descripción de las actividades del nuevo cambio de molde

En esta etapa se desglosan las actividades que se mejoraron para realizar el cambio de molde en el menor tiempo posible.

Segunda etapa. Elaborar un diagrama que describa el cambio de molde

Se elabora un diagrama de las actividades del cambio de molde para que sea más entendible y fácil de explicar a los trabajadores encargados del cambio.

5. Implementación de la metodología propuesta

En este capítulo se desarrollan las fases que se implementan en la metodología propuesta anteriormente.

5.1 Primera fase. Identificar las actividades de cambio

Las actividades que se han de identificar en esta fase son las que se realizan en el cambio del molde.

Etapas 1. Observar el proceso de cambio de molde

Para determinar con precisión las actividades que se realizan en la extrusora en un cambio de molde en la línea 2 de producción, se realiza un estudio de movimientos mediante una filmación de todo el procedimiento.

Se realizaron 11 grabaciones en 3 meses, la grabación se realiza en forma continua, sin cortes ni ediciones, ya que de esta manera queda registrado en su totalidad lo que el operador realiza.

Se realiza un estudio de tiempos para determinar el tiempo en el que se realiza cada actividad, los tiempos fueron cronometrados en minutos y realizado con un cronómetro digital que facilita la toma de tiempos.

Cada video se cronómetro 3 veces para tener los tiempos precisos de cada actividad realizada.

Etapa 2. Descripción del cambio de molde

El proceso de cambio de molde es realizado por cada grupo del turno en que se requiera hacer.

El cambio de molde está compuesto por tres etapas: desmontaje del molde, montaje del nuevo molde y arranque del producto.

A continuación se describe como se lleva a cabo cada etapa del proceso de cambio de molde.

Desmontaje del molde anterior

En la **Figura 5.1** se mencionan las actividades a realizar en el cabezal para el desmontaje del molde, las cuales se describen a continuación.

Purgar el herramental. Para que se dé inicio al cambio primero se tiene que limpiar el cabezal, esto se realiza colocando purga a la extrusora en lo que termina de salir el último tubo bueno del molde anterior. La purga tarda en salir después del último tubo por eso es que se tiene que esperar para realizar las actividades.

Desconectar resistencia del dado. En esta actividad el supervisor desconecta la primera resistencia del dado, la afloja y la retira para realizar la siguiente actividad.

Desconectar cabezal. El supervisor encargado del cambio desconecta el cabezal de un lado, luego se transporta al lado opuesto para terminar de desconectarlo.

Aflojar los tornillos del dado y del cono. Esta operación se realiza con la ayuda de un tubo para generar una palanca y una llave Allen de 3/4, la actividad consiste en que el supervisor afloja los tornillos de un lado y se transporta al lado opuesto para terminar de aflojar los tornillos del dado.

El tornillo del cono es aflojado por una llave de golpe 1-7/16” y un martillo o en su defecto un tubo de hierro para crear una palanca.

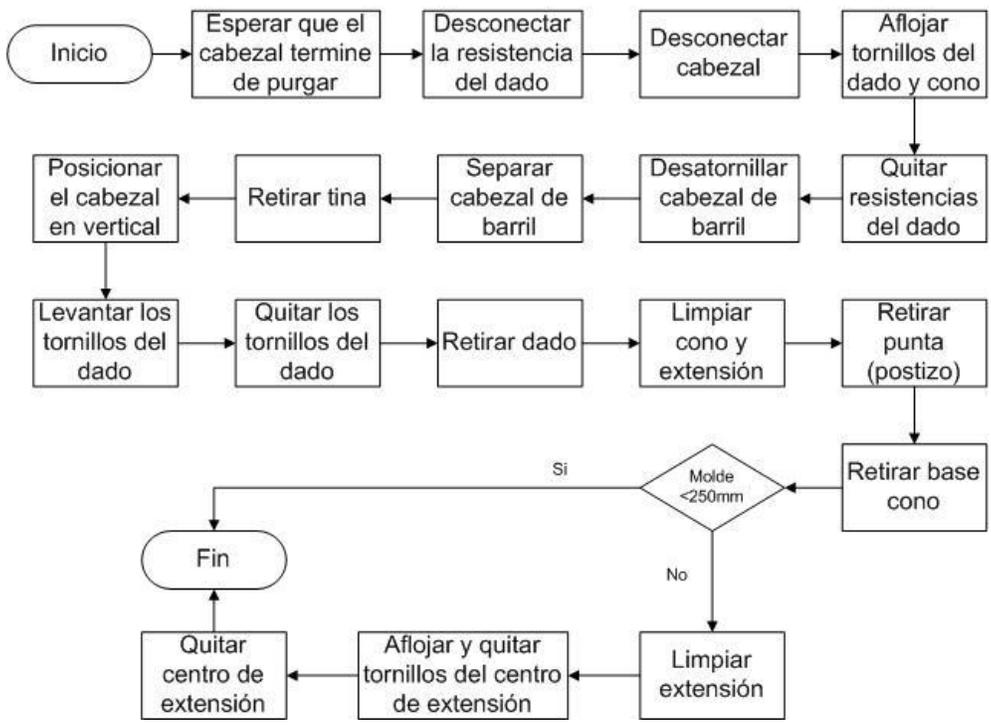


Figura 5.1 Descripción del proceso de desmontaje (Fuente: elaboración propia)

Quitar resistencias del dado. En esta actividad retiran las resistencias para evitar dañarlas en las siguientes actividades.

Desatornillar cabezal de barril. Esta actividad es realizada por el operador, este desatornilla un lado del barril en lo que el supervisor va por el montacargas, cuando el supervisor regresa con el montacargas se baja y se coloca enfrente del operador para quitar los tornillos del otro lado del barril.

Separar cabezal de barril de extrusora. La actividad es realizada por el operador con ayuda de un tubo para hacer palanca y retirar el cabezal del barril para realizar las siguientes actividades.

Retirar la tina. La tina es retirada por el supervisor y operador para que tengan espacio para mover el cabezal, la tina es movida manualmente debido a que su mecanismo de movimiento no sirve.

Posicionar cabezal en vertical. El cabezal es posicionado en forma vertical para una mayor movilidad y facilidad al realizar las actividades para el supervisor, el cabezal puede ser posicionado de forma manual utilizando la polea o con ayuda del montacargas. Si se utiliza el montacargas se coloca un lazo o liga al cabezal y al montacargas para facilitar el levantamiento. Esta actividad es realizada por el supervisor u operador.

Levantar los tornillos del dado. Una vez colocado el cabezal el supervisor desconecta la manguera de aire que va conectada al cabezal para conectar otra manguera de aire con una matraca neumática, para facilitar el levantamiento de los tornillos.

Retirar los tornillos del dado. Los tornillos son levantados de un lado y después del otro para que después el de herramientas retire los tornillos y los coloquen en la tina de agua o en el carrito de herramientas.

Retirar dado. Existen dos tipos de dados el primero es completo y se sujeta con el anillo de tornillos en la parte de abajo y el segundo dado es compuesto esto quiere decir que el anillo de tornillos esta en medio del dado.

Para el primer dado una vez que ya se retiraron todos los tornillos el supervisor coloca unos ganchos al dado con una cadena, para retirarlo con el montacargas.

El segundo tipo de dado se retira con el montacargas, porque tiene de donde sujetarse.

Limpiar cono y extensión. Entre el dado y el cono fluye el material, cuando se retira el dado el cono y la extensión quedan con los residuos de la purga por ello es necesario realizar una limpieza, la que consiste en retirar el material con ayuda de unas barras de latón y con la manguera de aire para alejar el material.

Retirar postizo o punta. La punta o postizo es retirado según el tamaño de este, si es chico (menor de 250mm) solo se le colocan los ganchos y es separado por el supervisor y retirado por el de herramientas; si es grande (mayor de 250mm) se le colocan los ganchos y cadena y es retirado con ayuda del montacargas.

Antes de que el postizo sea retirado, se quita el tornillo que sujeta al cono con la extensión; si el molde es chico primero se retira el tornillo y después el postizo, de lo contrario primero el postizo y después el tornillo.

Retirar base cono. La base del cono se retira de la misma forma que el postizo dependiendo su tamaño.

Quitar centro de extensión. Esta actividad es realizada dependiendo del tipo de molde que se va a cambiar, si es un molde de 250mm o 315mm que se cambiara de 200mm a 150mm este se tiene que quitar y se realiza con la llave Allen de 17mm es una actividad a realizar en paralelo.

Montaje del nuevo molde

En la **Figura 5.2** se indican las actividades para el montaje del molde, que se describen en seguida.

Mantenimiento del cableado del centro de extensión: quitar la protección al cable para conectar nuevo termopar que se encarga de medir la temperatura del cabezal y volver a proteger.

Colocar centro de extensión: colocar nuevo centro de extensión para el nuevo molde.

Atornillar centro de extensión: esta actividad se realiza en paralelo 3 tornillos cada trabajador con su respectiva matraca neumática.

Desconectar y desmontaje del nuevo molde. Al finalizar el desmontaje del molde en el cabezal, se va al área de precalentamiento y se desconecta la herramienta y se desmonta para realizar el montaje al cabezal.

Colocar base cono. Cuando se termina de desmontar se limpia la extensión y se va por la nueva base del cono, se levanta con ayuda del montacargas y se acerca al cabezal, es suspendida un momento en lo que se realiza limpieza y es colocado el spray que evita que el material se pegue al molde, terminado de colocar se lleva al cabezal y es colocado; se le retira la cadena y los ganchos para colocarlos al postizo.

Colocar punta o postizo. Del mismo modo que se coloca la base se coloca el postizo; primero se levanta y se acerca al cabezal, es suspendido por un rato en lo que se lija, limpia y es colocado el spray, después de esto es colocado al cabezal, se le retira la cadena y los ganchos por la que es sujeta.

Después de colocar todo el cono se coloca el tornillo que sujeta al cono con el cabezal.

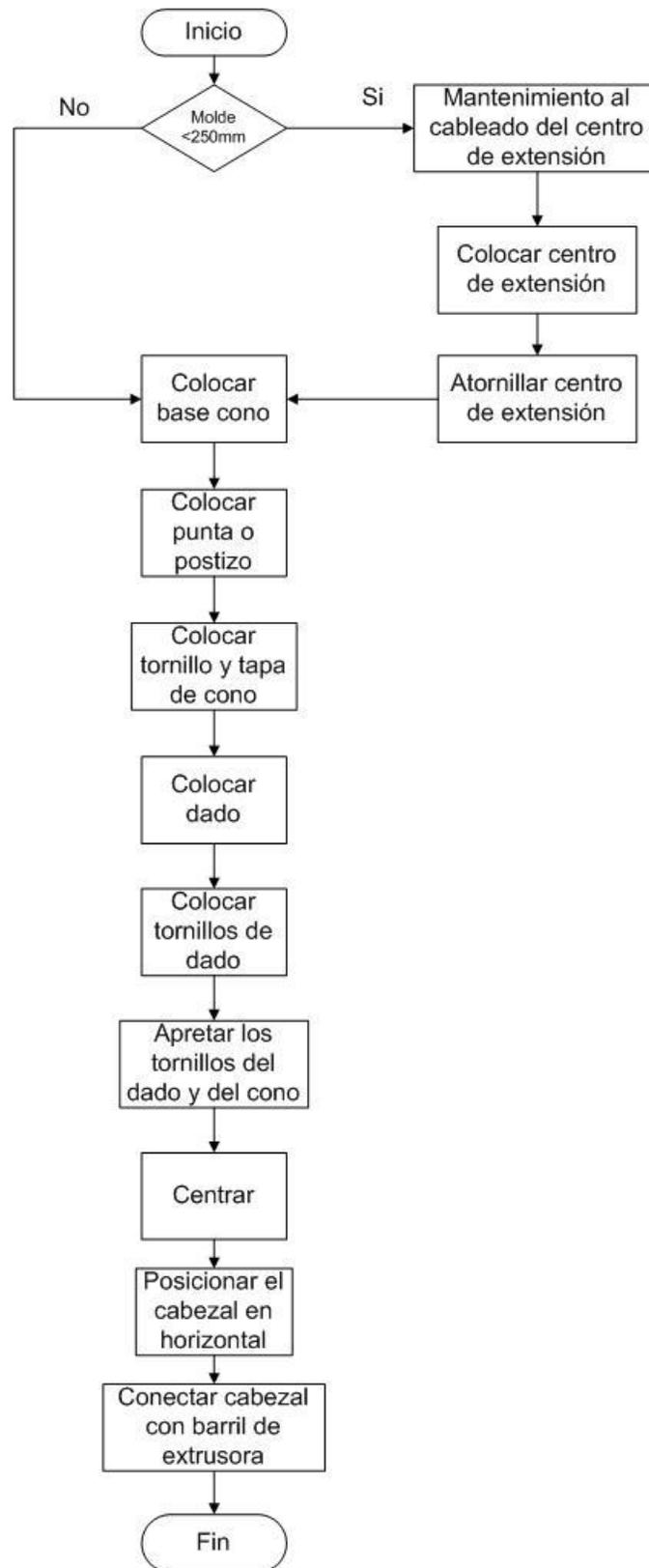


Figura 5.2 Descripción del proceso de montaje del nuevo molde

(Fuente: elaboración propia)

Colocar dado. El dado es levantado con el montacargas o colocándole los ganchos y cadena con el montacargas, queda suspendido para limpiarlo y colocarle el spray dentro del dado.

Colocar tornillos de dado. Situando el dado se buscan los tornillos para colocarlos al dado.

Apretar los tornillos del dado. Los tornillos se colocan con la matraca neumática y se aprietan con la ayuda de la llave Allen de $\frac{3}{4}$ y un tubo.

Centrado. Se verifica que la herramienta está bien colocada para que el tubo salga con los espesores deseados, de no ser así se aflojan o aprietan los tornillos correspondientes para el buen centrado.

Posicionar cabezal en horizontal. Una vez montado el nuevo molde el cabezal es colocado en su posición original para unirla con el resto de la extrusora.

Conectar cabezal con barril de extrusora. Colocado el cabezal en su posición original se conecta con el resto de la extrusora para conectarla a la corriente y comenzar el arranque.

Arranque del nuevo producto

La **Figura 5.3** describe el proceso de arranque de la máquina extrusora.



Figura 5.3 Descripción del proceso de arranque
(Fuente: elaboración propia)

Calentamiento. Después de conectar el cabezal se encienden las resistencias para que la herramienta se caliente y llegue a la temperatura deseada.

Purgar herramental. Al terminar de calentar la herramienta se coloca la purga a la extrusora para limpiar la herramienta, y se espera el tiempo necesario en que termina de salir la purga.

Colocar formador. Después de la purga termina de salir se sube material y cuando el material empieza a salir se coloca el formador, como su nombre lo indica este le da forma al tubo.

Introducir guía de tubo. Los tubos de guía son colocados para ayudar a que el tubo salga de una vez formado.

Introducir tapón y cadena. Se coloca un tornillo en la tapa del cono, su función detener la cadena y el tapón. Después de que el tubo ya está enganchado al tubo guía se corta un lateral de tubo para introducir el tapón y cadena que genera el vacío.

Colocar leyenda. Una vez que empieza a salir el tubo se colocan los protectores a la tina y se va a preparar la imprenta, esto consiste en colocarle la leyenda adecuada para su etiqueta.

Cortar el tubo. Terminando la leyenda y alcanzando la longitud deseada se procede a cortar el tubo con una sierra.

En la **Figura 5.4** se observan las actividades que se realizan en el cambio de molde actual de la empresa.

Como se observa las actividades las realizan dos personas el supervisor y operador quienes realizan las actividades en forma serial y no de forma simultánea.

También se observa que no se acercan las herramientas necesarias para realizar el cambio y es necesario ir a traerlas o buscarlas y que el tiempo de calentamiento es alto.

Las líneas de color naranja son las actividades que realiza el operador, las líneas celestes el supervisor, la línea morada son las actividades que realizan el supervisor y operador juntos y las líneas verdes hacen referencia a los tiempos de espera en el proceso.

Etapas 3. Identificar las herramientas necesarias para el cambio de molde

Las herramientas para el cambio de molde se encuentran señaladas en la **Tabla 5.1.**

Tabla 5.1 Listado de herramientas para el cambio de molde
(Fuente: elaboración propia)

Herramienta	Dimensión	Cantidad
Barras de latón		2
Cadena		1
Caladora		1
Cuchillo		1
Dado	3/4	2
Dado	17mm	2
Desarmador plano		1
Ganchos		4
Laminas de calibración		2 juegos
Llave Allen	3/16	1

Llave Allen	3/4	2
Llave Allen	17mm	2

Tabla 5.1 Listado de herramientas para el cabio de molde
(Continuación)
Fuente: elaboración propia

Herramienta	Dimensión	cantidad
Llave combinada	30mm	1
Llave de corona	7/16	1
Llave de golpe	1" 7/16	1
Llave de golpe	65 mm	1
Llave stilson	12"	1
Llave mixta	9/16	1
Martillo de golpe		1
Matraca neumática		1
Pinza eléctrica		1
Pistola de aire		1

Las herramientas marcadas de rojo de la tabla 5.1 se utilizan cuando se realiza un montaje o desmontaje de herramental para los moldes de 250 y 315 mm de diámetro.

5.2 Segunda fase. Separar actividades internas y externas

Una vez identificadas todas las actividades que se realizan en el cambio de molde se procede a separarlas para un mejor análisis.

Etapa 1. Establecer las actividades internas y externas

Con el análisis del video, se establecieron las actividades a realizar durante un cambio de molde y la duración de estas.

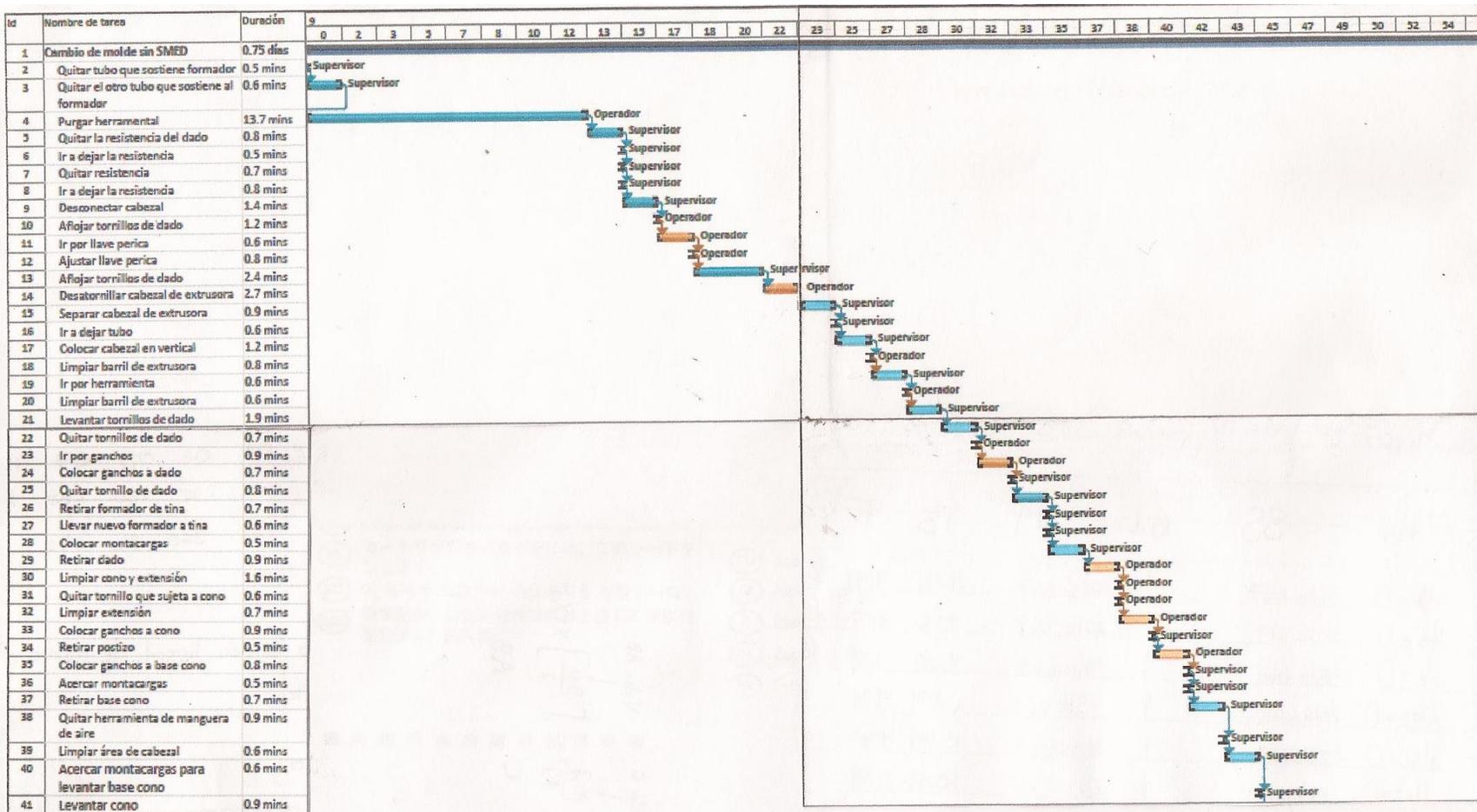


Figura 5.4 Diagrama de Gantt de las actividades para realizar un cambio de molde actual
(Fuente: elaboración propia)

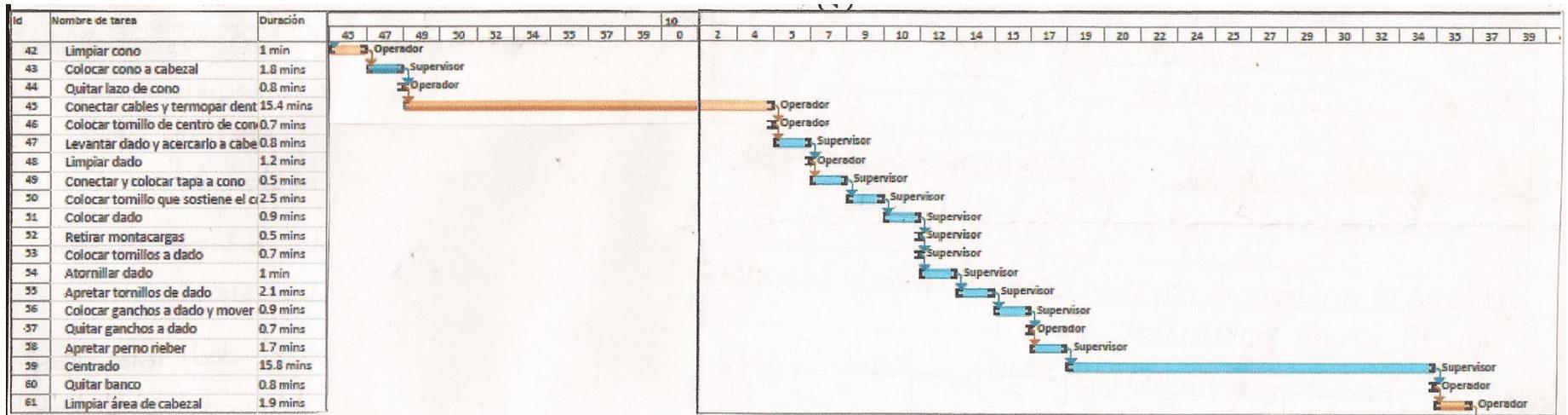


Figura 5.4 Diagrama de Gantt de las actividades para realizar un cambio de molde actual
(Continuación 1)
Fuente: elaboración propia

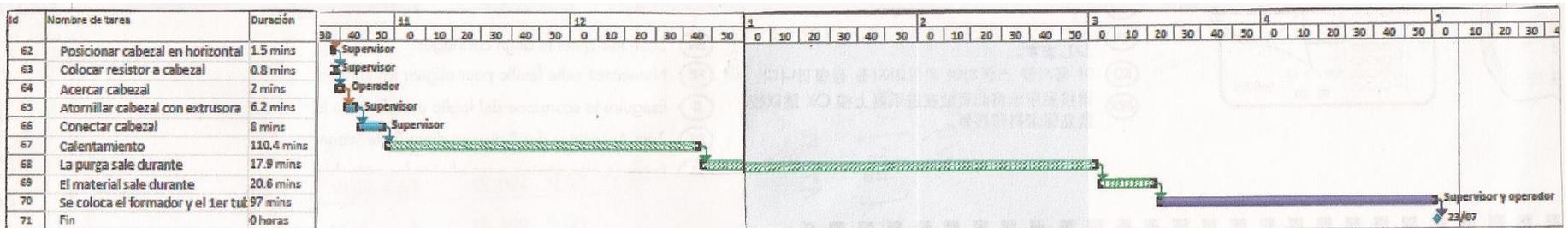


Figura 5.4 Diagrama de Gantt de las actividades para realizar un cambio de molde actual
(Continuación 2)
Fuente: elaboración propia

En la **Tabla 5.2** se identifican las operaciones que realizan actualmente los trabajadores en actividades internas o externas.

Tabla 5.2 Identificar las actividades en internas y externas
(Fuente: elaboración propia)

N°	Actividades	AI	AE	Tiempo en min. sin SMED
1	Quitar el tubo que sostiene formador del lado izquierdo		X	0.2333
2	Quitar el tubo que sostiene al formador lado derecho		X	0.2500
3	Esperar que deje de salir la purga		X	13.7000
4	Quitar la resistencia del dado		X	0.4333
5	Ir a dejar la resistencia		X	0.2667
6	Quitar resistencia		X	0.4333
7	Ir a dejar la resistencia		X	0.2667
8	Desconectar cabezal	X		1.4000
9	Aflojar tornillos de dado lado izquierdo	X		1.2000
10	Ir por llave perica	X		0.1833
12	Ajustar llave perica	X		0.2833
13	Aflojar tornillos de dado lado derecho	X		2.3667
14	Desatornillar cabezal de extrusora	X		15.2300
15	Separar cabezal de extrusora	X		0.2500
16	Ir a dejar tubo	X		0.1333
17	Colocar cabezal en vertical	X		1.7833
18	Limpiar barril de extrusora	X		0.1833
19	Ir por herramienta	X		0.1167
20	Limpiar barril de extrusora	X		0.6333
21	Levantar tornillos de dado	X		1.9333
22	Quitar tornillos de dado	X		0.2500
23	Ir por ganchos	X		0.2833
24	Colocar ganchos a dado	X		0.6667
25	Quitar tornillo de dado	X		0.2000
26	Retirar formador de tina	X		0.7000
27	Llevar nuevo formador a tina	X		0.2500
28	Colocar montacargas	X		0.5333
29	Retirar dado	X		0.8500
30	Limpiar cono y extensión	X		1.5833
31	Quitar tornillo que sujeta a cono	X		0.5667
32	Limpiar extensión	X		0.3667

33	Colocar ganchos a cono	X		0.8500
----	------------------------	---	--	--------

Tabla 5.2 Identificación de las actividades en internas y externas
(Continuación 1)
Fuente: elaboración propia

N°	Actividades	AI	AE	Tiempo en min. Sin SMED
34	Retirar postizo	X		0.5333
35	Colocar ganchos a base cono	X		0.3833
36	Acercar montacargas	X		0.1000
37	Retirar base cono	X		0.6500
38	Quitar herramienta de manguera de aire	X		0.3833
39	Limpiar área de cabezal	X		0.2833
40	Colocar cadena a anillo de tornillos	X		1.0167
41	Ir por montacargas	X		0.4667
42	Retirar anillo de tornillos	X		1.5833
43	Quitar cadena de anillo de tornillos	X		0.1000
44	Limpiar base cono	X		0.2000
45	Quitar ganchos a dado y colocar a base cono	X		0.8500
46	Acercar base cono	X		0.1500
47	Colocar base cono a cabezal	X		0.2000
48	Quitar ganchos a base cono	X		0.1833
49	Ir por postizo	X		0.3167
50	Colocar postizo	x		1.2333
51	Quitar ganchos a postizo	X		0.1167
52	Quitar resistencia a dado nuevo	X		0.6667
53	Colocar anillo de tornillos a dado	X		0.1833
54	Quitar tornillo a anillo	X		0.3500
55	Colocar tornillo que sujeta base cono y postizo	X		0.3500
56	Ir por llave perica	X		0.1833
57	Apretar tornillo que sujeta cono	X		2.5000
58	Acercar dado	X		0.9167
59	Limpiar dado	X		0.1833
60	Colocar dado a cabezal	X		0.7000
61	Girar anillo de tornillos	X		0.2667
62	Quitar ganchos a dado	X		0.4176
63	Colocar tornillos a dado	X		1.1500
64	Atornillar dado	X		1.7000
65	Buscar llave Allen	X		0.3667
66	Aflojar tornillos de dado	X		1.3000

67	Colocar ganchos a dado	X		0.2667
68	Girar dado	X		0.2833
69	Aflojar tornillos de dado	X		0.1833

Tabla 5.2. Clasificación de las actividades en internas y externas
(Continuación 2)

Fuente: elaboración propia

N°	Actividad	AI	AE	Tiempo en min. Sin SMED
70	Mover dado	X		0.4000
71	Quitar ganchos de dado	X		0.0500
72	Centrado	X		16.9833
73	Calentar restrictor	X		1.4333
74	Colocar restrictor a barril	X		1.3167
75	Colocar cabezal en horizontal	X		0.6667
76	Acercar cabezal a extrusora	X		10.1667
77	Apretar tornillo que sujeta cono	X		0.1833
78	Atornillar cabezal con extrusora	X		4.8000
79	Centrado	X		19.2667
80	Conectar cabezal	X		1.2667
81	Colocar resistencias a dado	X		2.0667
82	Conectar resistencias	X		2.7833
83	Calentamiento		X	90.4000
84	Colocan purga y sale después de		X	28.5333
85	La purga sale durante		X	40.0000
86	Colocar formador		X	0.4167
87	Colocar tornillo para tapón		X	0.1833
88	Acercar tina		X	0.2167
89	Conectar mangueras a formador		X	1.4833
90	Conectar tubo a guía y meterle tapón y cadena		X	2.9167
91	Espera y ajustes para que salga el primer tubo bueno		X	97.0167
	Total			391.6474

Como se observa la mayoría de las actividades que se realizan en el cambio del molde deben ser con la máquina parada, la realización de estas actividades se llevan a cabo en 391.6474 minutos que es igual a 6.5275 horas del cambio de molde.

Etapas 2. Clasificación de las actividades internas y externas

Posteriormente se separan las actividades que corresponden a tareas internas de las tareas externas. La finalidad principal de esto es determinar cuáles pueden realizarse con la máquina en marcha y cuáles no. Además, con el listado de herramientas es posible revisar si estas se encuentran en condiciones de operación o no.

En la **Tabla 5.3** y **Tabla 5.4** se observan todas las actividades internas y externas, respectivamente, para realizar el cambio de molde.

Con esto, los tiempos se acortan considerablemente y la tarea más larga se transforma en la que marca la pauta durante un cambio.

Tabla 5.3 Actividades externas
(Fuente: elaboración propia)

N°	Actividades
1	Quitar el tubo que sostiene formador del lado izquierdo
2	Quitar el tubo que sostiene al formador lado derecho
3	Esperar que deje de salir la purga
4	Quitar la resistencia del dado
5	Ir a dejar la resistencia
6	Quitar resistencia
7	Ir a dejar la resistencia
83	Calentamiento
84	Colocan purga y sale después de
85	La purga sale durante
86	Colocar formador
87	Colocar tornillo para tapón

88	Acercar tina
89	Conectar mangueras a formador
90	Conectar tubo a guía y meterle tapón y cadena
91	Espera y ajustes para que salga el primer tubo bueno

Tabla 5.4 Actividades internas
(Fuente: elaboración propia)

N°	Actividades
8	Desconectar cabezal
9	Aflojar tornillos de dado lado izquierdo
10	Ir por llave perica
12	Ajustar llave perica
13	Aflojar tornillos de dado lado derecho
14	Desatornillar cabezal de extrusora
15	Separar cabezal de extrusora
16	Ir a dejar tubo
17	Colocar cabezal en vertical
18	Limpiar barril de extrusora
19	Ir por herramienta
20	Limpiar barril de extrusora
21	Levantar tornillos de dado
22	Quitar tornillos de dado
23	Ir por ganchos
24	Colocar ganchos a dado
25	Quitar tornillo de dado
26	Retirar formador de tina
27	Llevar nuevo formador a tina
28	Colocar montacargas
29	Retirar dado
30	Limpiar cono y extensión
31	Quitar tornillo que sujeta a cono
32	Limpiar extensión
33	Colocar ganchos a cono
34	Retirar postizo
35	Colocar ganchos a base cono
36	Acercar montacargas
37	Retirar base cono
38	Quitar herramienta de manguera de aire
39	Limpiar área de cabezal
40	Colocar cadena a anillo de tornillos

41	Ir por montacargas
42	Retirar anillo de tornillos
43	Quitar cadena de anillo de tornillos
44	Limpiar base cono
45	Quitar ganchos a dado y colocar a base cono
46	Acercar base cono

Tabla 5.4 Actividades internas
(Continuación)
Fuente: elaboración propia

N°	Actividad
47	Colocar base cono a cabezal
48	Quitar ganchos a base cono
49	Ir por postizo
50	Colocar postizo
51	Quitar ganchos a postizo
52	Quitar resistencia a dado nuevo
53	Colocar anillo de tornillos a dado
54	Quitar tornillo a anillo
55	Colocar tornillo que sujeta base cono y postizo
56	Ir por llave perica
57	Apretar tornillo que sujeta cono
58	Acercar dado
59	Limpiar dado
60	Colocar dado a cabezal
61	Girar anillo de tornillos
62	Quitar ganchos a dado
63	Colocar tornillos a dado
64	Atornillar dado
65	Buscar llave Allen
66	Aflojar tornillos de dado
67	Colocar ganchos a dado
68	Girar dado
69	Aflojar tornillos de dado
70	Mover dado
71	Quitar ganchos de dado
72	Centrado
73	Calentar restrictor
74	Colocar restrictor a barril
75	Colocar cabezal en horizontal
76	Acercar cabezal a extrusora

77	Apretar tornillo que sujeta cono
78	Atornillar cabezal con extrusora
79	Centrado
80	Conectar cabezal
81	Colocar resistencias a dado
82	Conectar resistencias

El objetivo, es que los encargados del cambio realicen la mayor cantidad de actividades externas posibles, de esta manera es posible reducir el tiempo del cambio de molde.

5.3 Tercera fase. Convertir tareas internas en externas

Para convertir las actividades internas en externas es necesario reorganizar las actividades, con el propósito de realizar la mayor cantidad de actividades externas como sea posible.

Etapa 1. Conversión de las actividades internas en externas

Las actividades que se deben de realizar antes de iniciar el cambio están indicadas en la **Tabla 5.5**.

Tabla 5.5 Actividades que cambian de internas a externas
(Fuente: elaboración propia)

N°	Actividades	AI	AE	Tiempo
10	Ir por llave perica		X	1.1833
12	Ajustar llave perica		X	2.2833
16	Ir a dejar tubo		X	.1333
19	Ir por herramienta		X	1.1167
23	Ir por ganchos		X	1.2833
26	Retirar formador de tina		X	.7
41	Ir por montacargas		X	3.4667
65	Buscar llave Allen		X	1.033
	Total			11.1996

Como se observa en la tabla, las actividades que se cambian de internas a externas, se refiere a la preparación de las herramientas necesarias para el cambio de molde, si esto se realizará se disminuye el cambio de molde por lo menos en 11.1996 minutos.

Realizar estas actividades antes de iniciar el cambio de formato permite reducir el tiempo del mismo, ya que se tienen listas todas las herramientas y piezas necesarias para el cambio, para no estarlas buscando en el momento.

Si un operador no cuenta con la herramienta necesaria en el momento del cambio, este tiene que ir al tablero de herramientas por esta, o preguntar con otros trabajadores si no ellos se la llevaron. Esto genera desperdicio de tiempo al final del cambio de molde.

5.4 Cuarta fase. Perfeccionamiento de las actividades

Se busca perfeccionar las actividades que no se convierten a externas para simplificar el cambio de molde y realizarlo en menos tiempo.

Una de las modificaciones que se realizaron es incrementar el número de trabajadores que realicen el cambio, de esta manera se evita el desperdicio de tiempo, y se agilizan las operaciones para realizar el cambio de molde, lo que da como resultado 3 personas trabajando simultáneamente, reduciendo el tiempo para completar el cambio.

Las actividades a mejorar se presentan a continuación.

Aflojar los tornillos del dado. Esta actividad se realiza con dos trabajadores, uno de cada lado y cada uno con su llave y tubo necesario para aflojarlos.

Mientras se realiza esta actividad otro trabajador realiza la actividad de **Desatornillar el cabezal de la extrusora:** con sus respectivas herramientas.

Levantar y quitar los tornillos del dado. Esta actividad se realiza con dos trabajadores y cada uno con una matraca neumática; para que esto sea posible se instala una toma de aire del lado derecho de la extrusora, así cada trabajador tiene su toma y no es necesario que el trabajador encargado de vueltas para quitar todos los tornillos.

Desmontar el nuevo herramental a utilizar. Esta actividad se refiere a que mientras el supervisor está limpiando la extensión del cabezal, otros dos operarios desconecten el herramental que se está precalentando y que lo desarmen.

Colocar el anillo de tornillos al nuevo dado. Esta actividad se realiza antes del desmontaje al nuevo herramental o después depende del tipo de dado que este sea. Si se realiza antes del desmontaje se debe de colocar en lo que el supervisor limpia la extensión del cabezal. Si se realiza después se debe llevar a cabo mientras colocan la base cono y el postizo al cabezal.

Colocar los tornillos al dado. De igual forma que se quitan esta actividad se debe realizar en paralelo o sea con dos trabajadores uno de cada lado de la extrusora.

Centrado del molde. Esta actividad necesita de precisión por lo que es necesario que lo realicen 3 trabajadores (el supervisor, el operador y el de

herramientales) el operador y el de herramientas deben colocarse uno en cada lado de la extrusora con su respectiva llave Allen y tubo para apretar los tornillos; el supervisor con ayuda de un banco se encarga de ver que la herramienta este bien centrada con la ayuda de dos juegos de laminas de calibración y si no está centrada se encarga de avisarle a los trabajadores cual y cuando apretar o aflojar a cada tornillo.

Atornillar cabezal a la extrusora. Esta actividad se lleva a cabo con dos trabajadores uno de cada lado y cada uno con su respectiva herramienta.

Eliminar el calentamiento. El calentamiento de la máquina se eliminó porque el tiempo en el que sale la purga es suficiente para que la herramienta alcance la temperatura deseada. Sin embargo, si la herramienta está fría el material sale por unos ductos y tarda más tiempo en salir la purga.

Para evitar esto se retira el restrictor del barril y se limpia, después de eliminarle el material del cambio anterior, se procede a calentarlo, esta actividad se debe llevar a cabo mientras el nuevo herramental se está montando al cabezal.

Con el perfeccionamiento de las actividades se logra reducir el tiempo considerablemente, estos tiempos se ven reflejados en el diagrama de Gantt de la **Figura 5.5.**

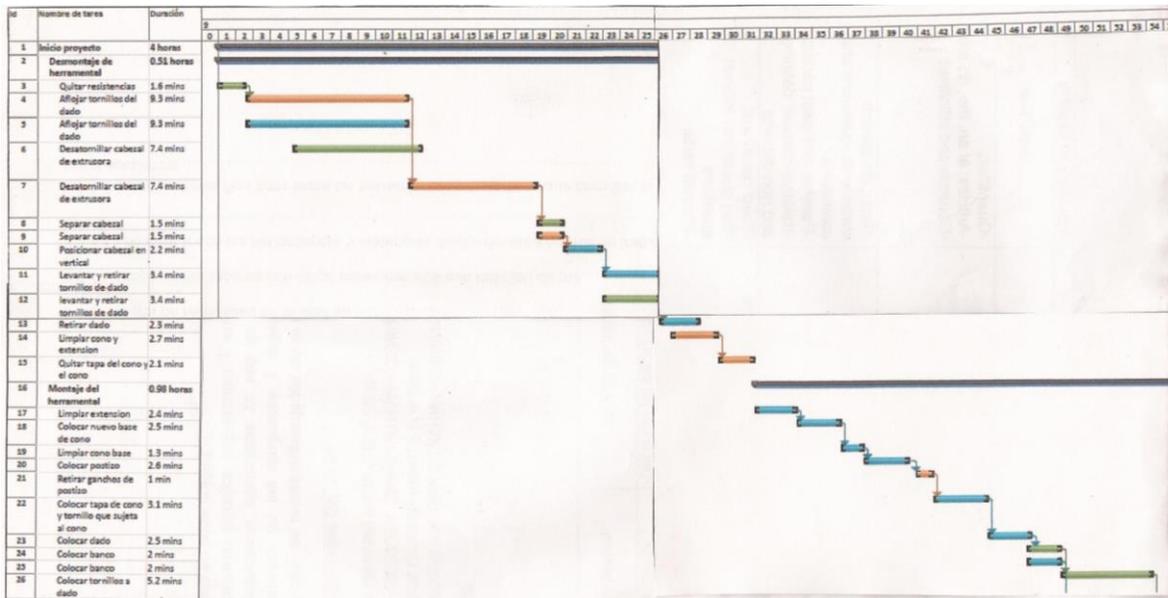


Figura 5.5 Diagrama de Gantt de tiempos con propuesta de mejora
(Fuente: elaboración propia)

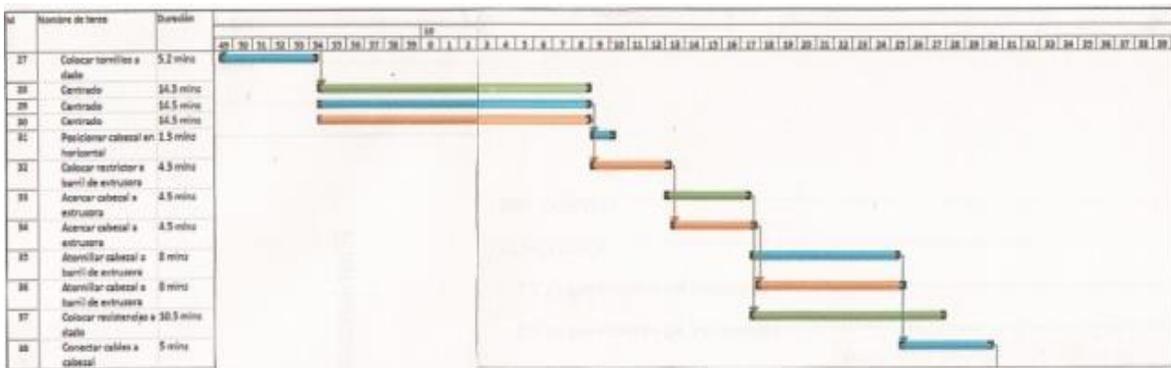


Figura 5.5 Diagrama de Gantt de tiempos con actividades perfeccionadas
(Continuación 1)
Fuente: elaboración propia

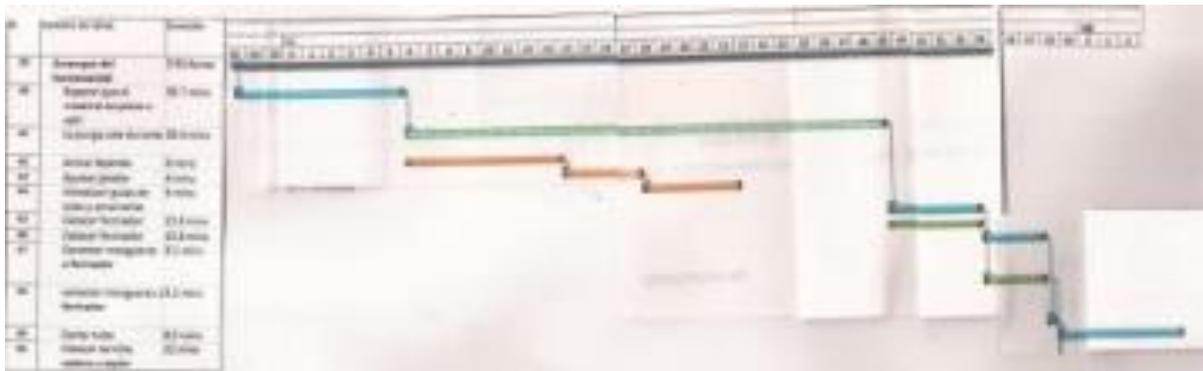


Figura 5.5 Diagrama de Gantt de tiempos con actividades perfeccionadas (Continuación 2)
Fuente: elaboración propia

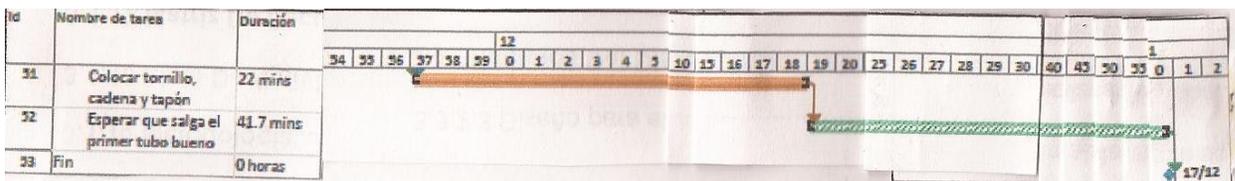


Figura 5.5 Diagrama de Gantt de tiempos con actividades perfeccionadas (Continuación 3)
Fuente: elaboración propia

En las figuras de arriba se puede observar que las actividades de cambio las realizan 3 trabajadores los cuales son: de color celeste el supervisor, color naranja el operador y color verde el encargado de herramientas.

5.5 Quinta fase. Propuesta de mejora

Antes de empezar el cambio de molde las herramientas necesarias para esta actividad se colocan en una mesa de comprobación para evitar que a los trabajadores se les olvide alguna herramienta.

Además se propone que para reducir el tiempo de espera para que salga el primer tubo bueno, hay que empezar a realizar pruebas mientras el tubo llega a la cortadora para llevar a cabo los ajustes necesarios si este lo requiere.

Etapa 1. Descripción de las actividades del nuevo cambio de molde

A continuación se describen las actividades que se realizan para el cambio de molde ahora de manera simultánea y paralela.

La primer actividad para el cambio de molde se observa en la **Figura 5.6** que es quitar las resistencias del cabezal para lograr reducir el tiempo en esta actividad se observa que se realiza mientras el operador retira el material que sigue saliendo del cabezal y mientras otro trabajador se encarga de quitarla.



Figura 5.6 Quitar resistencias

(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

Las actividades 2 y 3, para realizar el cambio de molde, se ejemplifica en la **Figura 5.7**.

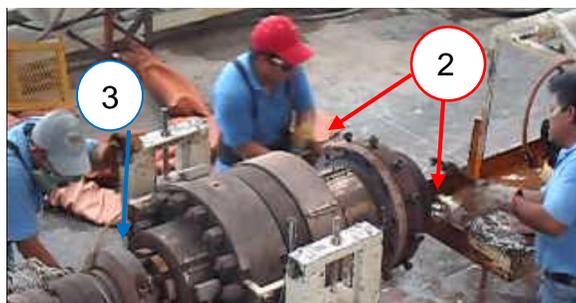


Figura 5.7 Aflojar tornillos del cabezal y desatornillar cabezal del barril
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

La actividad 2 se refiere a que los dos trabajadores realicen la actividad de aflojar los tornillos del cabezal en paralelo, simultáneamente con la actividad 3 desatornillar cabezal de barril de la extrusora.

La actividad 4 es separar el cabezal del barril de la extrusora, la cual se realiza en paralelo para que sea más fácil moverla debido a su peso, se representa en la **Figura 5.8**.

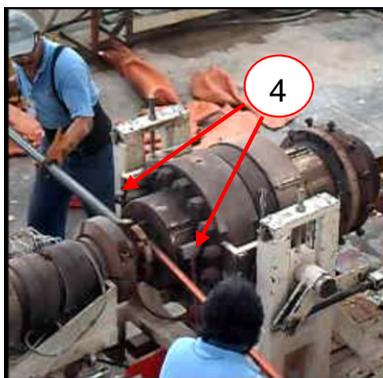


Figura 5.8 Separar cabezal de barril de extrusora
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

En la **Figura 5.9** se observa la actividad 5 que es colocar una paila de bajo de la separación de la extrusora con el cabezal para el material que cae, simultáneamente colocar la liga al cabezal para levantarlo.

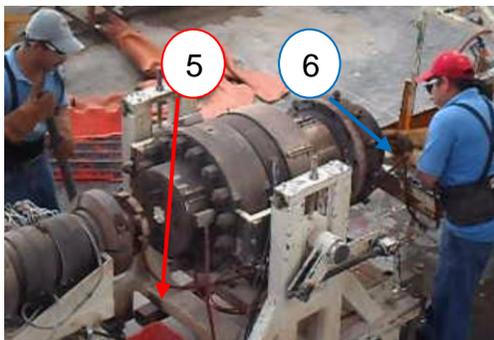


Figura 5.9 Colocar paila debajo y liga a cabezal
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

El operador se sube al montacargas y otro detiene la liga para que se coloque al montacargas, después de que la liga está en la herramienta, se empieza a levantar, mientras que el otro lo levanta manualmente con una polea (actividad 7).

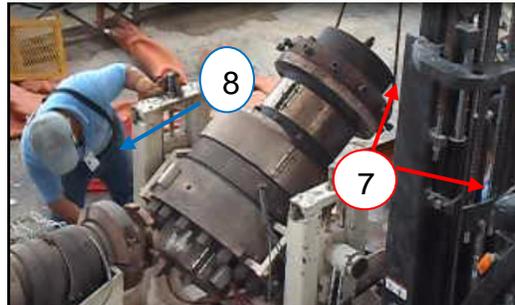


Figura 5.10 Levantar cabezal y limpiar restrictor
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

En la **Figura 5.10** se observa que la actividad 8 se realiza simultáneamente con la 7 y se refiere a que mientras el cabezal está siendo colocado en posición el trabajador levante el restrictor y lo limpie.

Una vez posicionado el cabezal se procede a quitar los tornillos del cabezal, esta actividad se realiza en paralelo, un trabajador enfrente de otro y cada uno se encarga de desatornillar la mitad (7 tornillos cada uno) de abajo y (12 tornillos) de la parte de arriba como se observa en la **Figura 5.11**.



Figura 5.11a Colocar montacargas

Figura 5.11 Quitar tornillos de cabezal
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

Cada uno con su respectiva herramienta, en este caso es usar una pistola neumática cada uno. Mientras el otro trabajador está colocando las tenazas del montacargas a la medida necesaria como se observa en la **Figura 5.11a**.

La siguiente actividad es acercar el montacargas para levantar y retirar el dado como se ejemplifica en la **Figura 5.12** y **Figura 5.12a** (actividad 11). La **Figura 5.13** indica que una vez retirado el dado y mientras lo van a colocar en su lugar, el otro trabajador procede a limpiar el cono y la extensión (actividad 12).

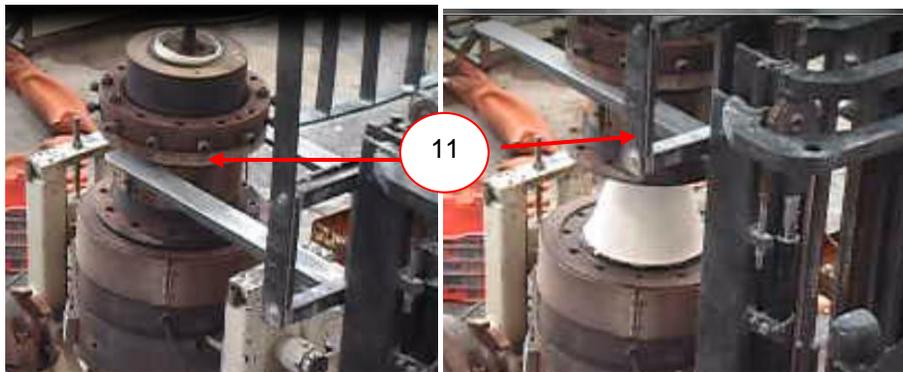


Figura 5.12 Acercar montacargas **Figura 5.12a** Levantar y retirar dado
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)



Figura 5.13 Limpiar cono y extensión
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

Una vez limpio el cono y la extensión se retira la tapa del cono como se observa en la **Figura 5.14**.



Figura 5.14 Retirar tapa del cono

(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

Retirada la tapa se colocan los ganchos al cono para levantarlo y retirarlo como se indica en la **Figura 5.15** y **Figura 5.15a**.



Figura 5.15 Colocar ganchos a cono

Figura 5.15a Retirar cono

(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

En la **Figura 5.16** se observa que mientras el cono está siendo retirado se procede a limpiar la extensión del cabezal (actividad 15).



Figura 5.16 Limpiar extensión



Figura 5.16a Desmontar el molde del nuevo producto

(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

El molde del nuevo producto a colocar en el cabezal que se está precalentando se desconecta y se desmonta, mientras se limpia la extensión **Figura 5.16a** (actividad 16).

En la actividad 17 se coloca la base del cono para el nuevo molde como se observa en la **Figura 5.17**, antes de colocarlo se acerca al cabezal para limpiarlo y aplicarle el espray.

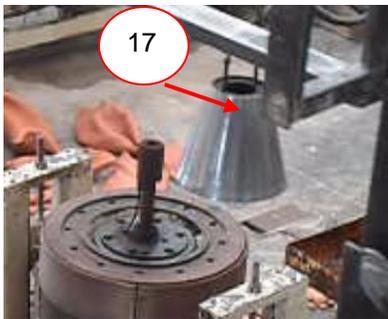


Figura 5.17 Colocar base cono
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)



Figura 5.17a Retirar ganchos a base cono
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

Una vez colocada la base del cono se retiran los ganchos y el montacargas para ir por la siguiente pieza (actividad 18) **Figura 5.17a**.

En la **Figura 5.18** se observa la actividad 19 que es acercar y colocar el postizo a base cono y retirar los ganchos.



Figura 5.18 Colocar postizo
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

En la **Figura 5.19** se representa la actividad 20, colocar y apretar el tornillo que sujeta al cono.



Figura 5.19 Colocar y apretar el tornillo que sujeta al cono
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

Siguiente actividad es colocar el dado del nuevo producto al cabezal representada en la **Figura 5.20**.



Figura 5.20 Colocar dado a cabezal
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

En la **Figura 5.21** se observa la actividad 22 la cual es colocar banco para alcanzar la altura del dado.



Figura 5.21 Colocar banco
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

Acomodar el anillo de tornillos y colocar los tronillos actividad 23 se observa en la **Figura 5.22**.



Figura 5.22 Colocar tornillos al anillo del dado
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

La siguiente actividad es retirar los ganchos del dado, apretar el tornillo del cono (actividad 24) y simultáneamente empezar a apretar los tornillos del dado (actividad 25) **Figura 5.23** que se realiza en paralelo.



Figura 5.23 Apretar tornillos del dado
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

La actividad 26 corresponde al centrado de la herramienta; es una actividad que se perfecciona y se observa en la **Figura 5.24**.

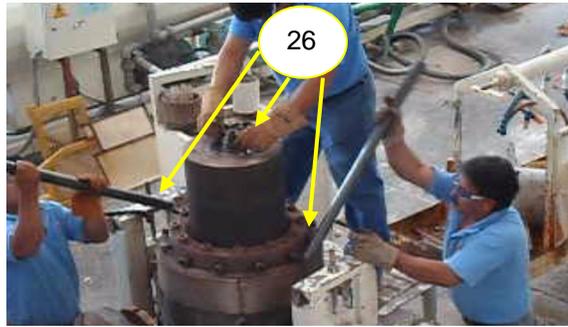


Figura 5.24 Centrado de herramienta
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

Esta actividad era realizada por una persona, se propone que sea llevada a cabo por tres, reduciendo el tiempo de centrado del herramienta; se plantea que los dos operadores adicionales aprietan los tornillos, según les indique el operador que está arriba chequeando el centrado.

En la **Figura 5.25** se observa la actividad que se realiza después del centrado de la herramienta se procede a retirar el banco (actividad 27), para posteriormente colocar el cabezal en su posición original (actividad 28); al mismo tiempo que se posiciona el cabezal otro operador limpia el área del cabezal (actividad 29) como se observa en la **Figura 5.25a**.



Figura 5.25 Retirar banco

(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

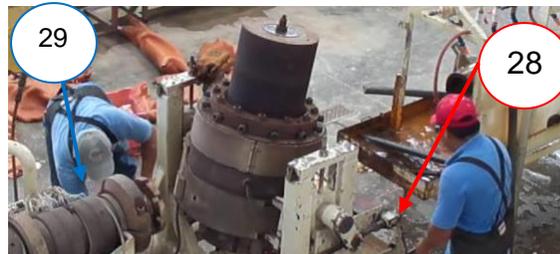


Figura 5.25a Colocar cabezal en posición original y limpiar

Colocado el cabezal en horizontal se introduce dentro del barril de la extrusora el restrictor ya previamente calentado (actividad 30), después se acerca el cabezal al barril y se colocan los tornillos (actividad 31 y 32 respectivamente) como se indica con la **Figura 5.26**.

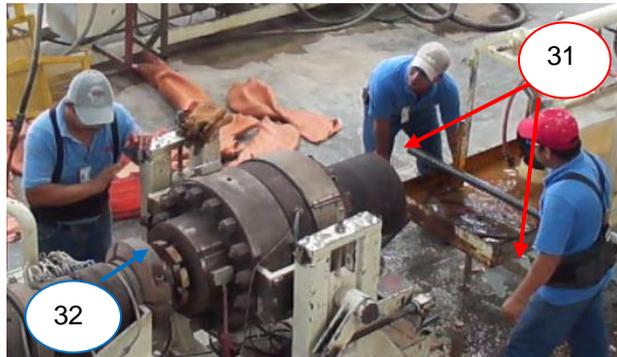


Figura 5.26 Acercar cabezal a extrusora
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

El aproximar el cabezal lo deben de realizar tres trabajadores como se muestra en la figura de arriba, dos para acercar el cabezal y uno para verificar que el cabezal está en la dirección correcta y colocarle los tornillos, para detener la posición.

Después de colocar los tornillos se giran para apretarlos esta es una actividad a realizar en paralelo, un operador enfrente del otro para realizarlo como se observa en la **Figura 5.27** (actividad 33).



Figura 5.27 Atornillar cabezal a extrusora
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

En la **Figura 5.28** se observa la actividad que se realiza después de conectar el cabezal con el barril de la extrusora, se colocan las resistencias al dado y se colocan los termopares y conecta el cabezal (actividad 34 y 35 respectivamente) actividad realizada simultáneamente.

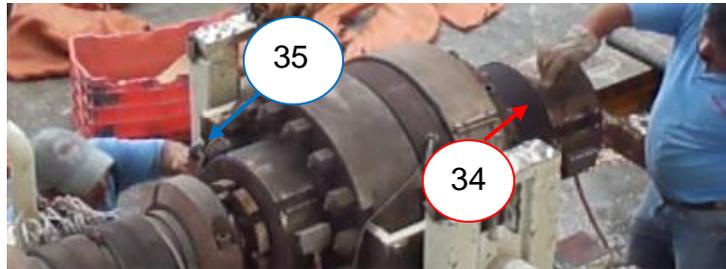


Figura 5.28 Conectar cabezal y colocar resistencias
(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

Cuando el herramental ya está armado con el nuevo molde, la siguiente actividad 36 es arrancar la máquina para que salga la purga, en lo que tarda en salir la purga y dura saliendo es el tiempo necesario para que el molde se termine de calentar y alcance la temperatura deseada para la transformación de la materia prima.

Actividad 37 colocar el formador cuando el material del nuevo molde empieza a salir completo, esta actividad la realizan dos personas como se observa en la **Figura 5.29**.



Figura 5.29 Colocar formador

(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

En la **Figura 5.30** se observa la actividad 38 colocar las mangueras al formador para endurecer el tubo.



Figura 5.30 Colocar mangueras a formador

(Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa)

Actividad 39 esperar que salga un poco de material para colocar el tubo de guía y después introducir cadena y tapón para generar el vacío, esperar que salga el primer producto bueno.

Etapas 2. Elaboración del diagrama de actividades que describe el cambio de molde

En esta etapa se propone un diagrama de las actividades que se organizaron y simplificaron para obtener los resultados deseados

En la **Figura 5.31** se describe el diagrama de actividades del nuevo método para realizar el cambio de molde.

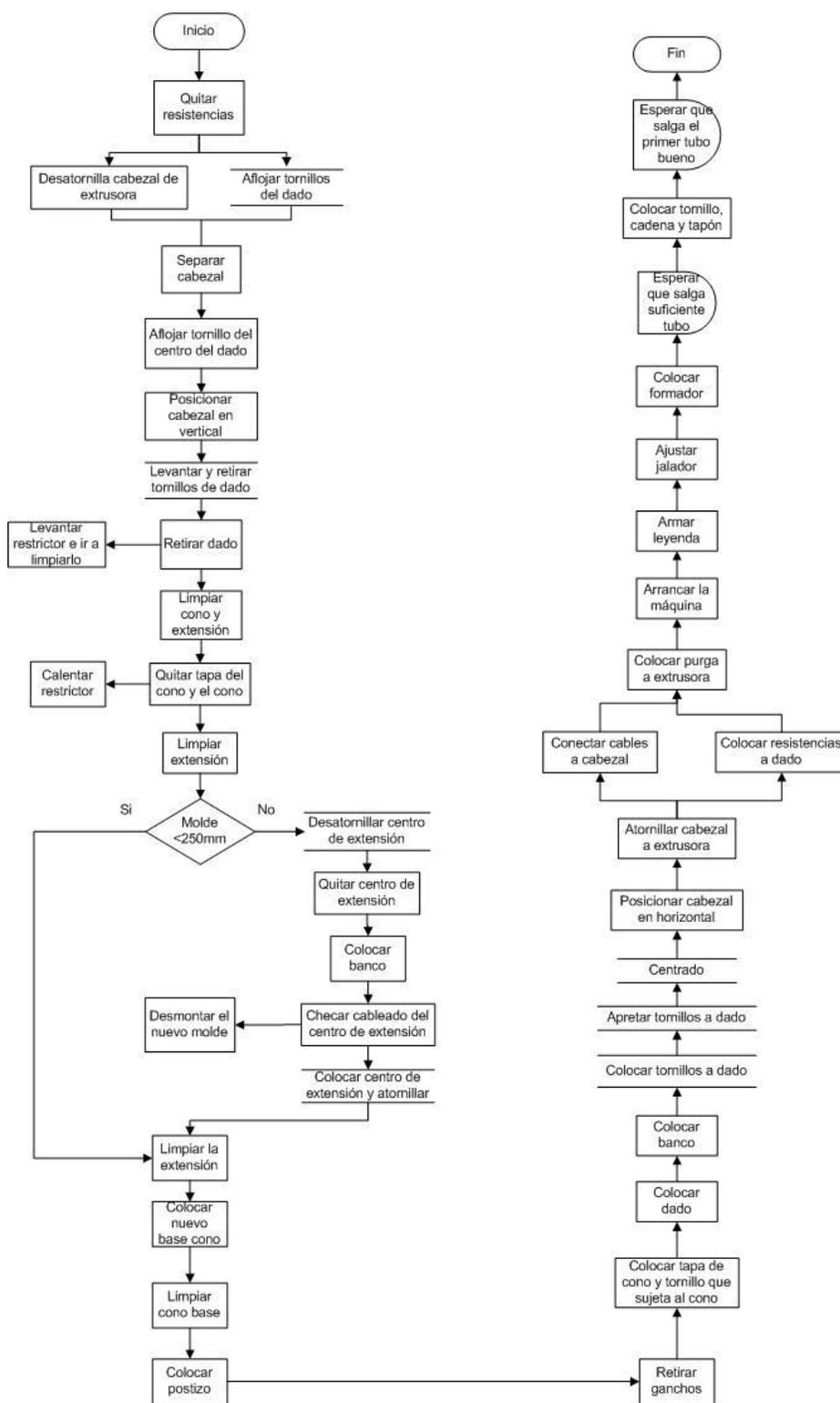


Figura 5.31 Diagrama de flujo propuesto para el cambio de molde.
(Fuente: elaboración propia)

6. Análisis de resultados

6.1 Resultados previos

Las pruebas se realizaron en el turno de la mañana, y el propósito principal de la misma es validar la metodología propuesta de tal manera que se observara una reducción significativa en el tiempo para completar el cambio de formato.

En total se realizaron 6 pruebas, en las que es posible observar que la reducción del tiempo para completar el cambio de formato es posible.

La **Tabla 6.1** se muestra el resumen de las pruebas realizadas en el primer turno con los tres grupos diferentes.

Tabla 6.1 Resultados previos
(Fuente: elaboración propia)

Tiempos	Molde	Observaciones por grupo		
		1	2	3
Inicial	<250mm	5:00:00 h	5:52:00 h	6:03:00 h
	>250mm	6:38:00 h	7:26:58 h	7:40:15 h
Estimado	<250mm	4:00:00 h	4:00:00 h	4:00:00 h
	>250mm	4:15:00 h	4:15:00 h	4:15:00 h
Actual	<250mm	4:05:00 h	4:01:21 h	4:05:00 h
	>250mm	4:31:52 h	5:12:00 h	4:32:52 h

La programación de la empresa es variable por lo que se complica tener lectura de los tiempos de cambio de molde con la propuesta implementada, es por ello que se presentan pocos resultados.

En la **Tabla 6.2** se muestran los resultados obtenidos, comparando los tiempos de cambio del método inicial con los tiempos del método basado en la metodología SMED.

Tabla 6.2 Resultados del antes y después de implementar la metodología SMED
(Fuente: elaboración propia)

N°	Actividades	Tiempo en min. sin SMED	Tiempo en min con SMED
1	Quitar el tubo que sostiene formador del lado izquierdo	0.2333	
2	Quitar el tubo que sostiene al formador lado derecho	0.2500	
3	Esperar que deje de salir la purga	13.7000	13.7000
4	Quitar la resistencia del dado	0.4333	0.2500
5	Ir a dejar la resistencia	0.2667	0.2333
6	Quitar resistencia	0.4333	0.2500
7	Ir a dejar la resistencia	0.2667	
8	Desconectar cabezal	1.4000	0.9469
9	Aflojar tornillos de dado lado izquierdo	1.2000	9.1800
10	Ir por llave perica	0.1833	
12	Ajustar llave perica	0.2833	
13	Aflojar tornillos de dado lado derecho	2.3667	
14	Desatornillar cabezal de extrusora	15.2300	7.2400
15	Separar cabezal de extrusora	0.2500	0.2000
16	Ir a dejar tubo	0.1333	
17	Colocar cabezal en vertical	1.7833	1.7833
18	Limpiar barril de extrusora	0.1833	0.1833
19	Ir por herramienta	0.1167	
20	Limpiar barril de extrusora	0.6333	0.6333
21	Levantar tornillos de dado	1.9333	
22	Quitar tornillos de dado	0.2500	
23	Ir por ganchos	0.2833	
24	Colocar ganchos a dado	0.6667	0.8833
25	Quitar tornillo de dado	0.2000	
26	Retirar formador de tina	0.7000	
27	Llevar nuevo formador a tina	0.2500	
28	Colocar montacargas	0.5333	
29	Retirar dado	0.8500	0.8500
30	Limpiar cono y extensión	1.5833	2.5500
31	Quitar tornillo que sujeta a cono	0.5667	0.5667

32	Limpiar extensión	0.3667	0.3667
33	Colocar ganchos a cono	0.8500	0.8500
34	Retirar postizo	0.5333	0.5333
35	Colocar ganchos a base cono	0.3833	0.3833
36	Acercar montacargas	0.1000	

Tabla 6.2 Resultados antes y después de la metodología en el cambio de molde
(Continuación 1)
Fuente: elaboración propia

N°	Actividad	Tiempo en min sin SMED	Tiempo en min. con SMED
37	Retirar base cono	0.6500	0.6500
38	Quitar herramienta de manguera de aire	0.3833	
39	Limpiar área de cabezal	0.2833	0.2833
40	Colocar cadena a anillo de tornillos	1.0167	
41	Ir por montacargas	0.4667	
42	Retirar anillo de tornillos	1.5833	1.5833
43	Quitar cadena de anillo de tornillos	0.1000	0.1000
44	Limpiar base cono	0.2000	0.2000
45	Quitar ganchos a dado y colocar a base cono	0.8500	0.8500
46	Acercar base cono	0.1500	0.1500
47	Colocar base cono a cabezal	0.2000	0.2000
48	Quitar ganchos a base cono	0.1833	0.1833
49	Ir por postizo	0.3167	0.3167
50	Colocar postizo	1.2333	1.2333
51	Quitar ganchos a postizo	0.1167	0.1167
52	Quitar resistencia a dado nuevo	0.6667	0.6667
53	Colocar anillo de tornillos a dado	0.1833	3.1200
54	Quitar tornillo a anillo	0.3500	
55	Colocar tornillo que sujeta base cono y postizo	0.3500	7.5400
56	Ir por llave perica	0.1833	
57	Apretar tornillo que sujeta cono	2.5000	
58	Acercar dado	0.9167	0.9167
59	Limpiar dado	0.1833	0.1833
60	Colocar dado a cabezal	0.7000	4.3100
61	Girar anillo de tornillos	0.2667	0.2667
62	Quitar ganchos a dado	0.4176	
63	Colocar tornillos a dado	1.1500	3.3200
64	Atornillar dado	1.7000	
65	Buscar llave Allen	0.3667	

66	Aflojar tornillos de dado	1.3000	
67	Colocar ganchos a dado	0.2667	0.2667
68	Girar dado	0.2833	0.2833
69	Aflojar tornillos de dado	0.1833	0.1833
70	Mover dado	0.4000	0.4000
71	Quitar ganchos de dado	0.0500	0.0500
72	Centrado	16.9833	12.5000

Tabla 6.2 Resultados antes y después de la metodología en el cambio de molde
(Continuación 2)
Fuente: elaboración propia

N°	Actividad	Tiempo en min. Sin SMED	Tiempo en min. Con SMED
73	Calentar restrictor	1.4333	2.9333
74	Colocar restrictor a barril	1.3167	
75	Colocar cabezal en horizontal	0.6667	0.6667
76	Acercar cabezal a extrusora	10.1667	9.4100
77	Apretar tornillo que sujeta cono	0.1833	
78	Atornillar cabezal con extrusora	4.8000	3.5000
79	Centrado	19.2667	
80	Conectar cabezal	1.2667	10.5000
81	Colocar resistencias a dado	2.0667	
82	Conectar resistencias	2.7833	
83	Calentamiento	90.4000	10.6833
84	Colocan purga y sale después de	28.5333	28.5333
85	La purga sale durante	40.0000	33.3500
86	Colocar formador	0.4167	15.5000
87	Colocar tornillo para tapón	0.1833	
88	Acercar tina	0.2167	
89	Conectar mangueras a formador	1.4833	
90	Conectar tubo a guía y meterle tapón y cadena	2.9167	
91	El primer tubo bueno sale después de	97.0167	43.3167
	Total	391.6474	240

Como se observa en la tabla las actividades con la metodología SMED son menos por que se realizan simultáneamente y en paralelo. El tiempo se reduce 38.7208% de 391.6474 a 240 minutos (6.5275 a 4 horas respectivamente) para efectuar el cambio de molde.

Las actividades de la tabla que no cuentan con tiempo cuando se realiza con SMED son porque la actividad ya no se lleva a cabo, y cuando se combinan las celdas es porque las actividades se realizan simultáneamente.

La **Tabla 6.3** da a conocer un resumen de los tiempos de cambio del antes y después de la implementación de la propuesta, en las 3 etapas del cambio.

Tabla 6.3 Resumen del antes y después de implementar la metodología SMED
(Fuente: elaboración propia)

Etapa \ Tiempos	Antes	Después
Desmontaje	0.6333 horas	0.51 horas
Montaje	1.21 horas	1.7 horas
Arranque	2.98 horas	2.17 horas

7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

La aplicación del SMED en la actualidad es una herramienta que permite la competitividad de las empresas, porque su adecuada aplicación nos ayuda a reducir los tiempos de cambio de herramientas de tal manera que la capacidad se incremente.

La reducción del tiempo de cambio de molde es posible mediante la implementación de la metodología SMED, los resultados se pueden observar en el capítulo anterior.

Con la aplicación de la metodología SMED se redujo el tiempo de cambio de molde de 6.5275 a 4 horas, eliminando el tiempo ocioso y organizando las actividades y a los trabajadores.

7.2 Recomendaciones

Para seguir mejorando las actividades, para reducir los tiempos del cambio de molde se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Dar seguimiento a la propuesta implementada para seguir mejorando las actividades de cambio.
- Seguimiento de los problemas que ocurran en la línea de producción, para que los trabajadores sepan darle solución o prevenirlo.
- Comunicación e interés entre los trabajadores del área de mantenimiento y los de producción para buscar soluciones a los problemas referentes al cambio de molde.

Referencia bibliográfica

Bibliografías

1. BOCKERSETTE J., R. L., (1993); "Time based manufacturing"; McGraw-Hill; New York.
2. CUATRECASAS Arbos Lluís, TORRELL Martínez Francesca, (2010); "TPM en un entorno lean management: estrategia competitiva"; Profit Editorial; Barcelona.
3. CUATRECASAS Lluís, (2009); "Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible: Técnicas de diseño y herramientas graficas con soporte informático"; Profit editorial; Barcelona.
4. CUATRECASAS Lluís, (2010); "Lean Management: La gestión competitiva por excelencia, implantación progresiva en 7 etapas"; Profit editorial; Barcelona.
5. DE LA FUENTE García David, (2006); "Organización de la producción en ingenierías"; Universidad de Oviedo.
6. GALGANO Alberto, (2003); "Las tres revoluciones: Caza de desperdicio: doblar la productividad con la Lean production"; Ediciones Díaz de Santos; Barcelona.
7. JACKA J. Mick, KELLER Paulette J., (2009); "Bussines process mapping workbook: improving customer satisfaction"; John Wiley & Sons; New Jersey.
8. MAHADEVAN B., (2010); "Operations Management: theory and practice"; Pearson education; India.

9. OHNO Taiichi, (1988); "Toyota production system: beyond large-scale production"; Productivity press; New York.
10. OLAVARRIETA de la Torre Jorge, (1999); "Conceptos generales de productividad, sistemas, normalización y competitividad para la pequeña y mediana empresa"; Universidad Iberoamericana; México.
11. ORBEGOSO, M. L., (2005); "Reducción de tiempos en preparación de máquinas: un apunte desde la filosofía lean"; Nuricumbo; Barcelona.
12. PRODUCTIVITY Press, development team, Shigeo Shingo, (1996); "Quick changeover for operators: the SMED system"; Productivity press; New York.
13. RAJADELL Carreras Manuel, SANCHEZ García José Luis, (2010); "Lean manufacturing. La evidencia de una necesidad"; Ediciones Díaz de Santos; España.
14. REY Sacristan, Francisco, (2005); "Las 5 S's: orden y limpieza en el puesto de trabajo"; FC Editorial; Madrid.
15. RODRIGUEZ Méndez Manuel, (2003); "El proceso de útiles: la flexibilidad de una fabrica"; FC editorial; Madrid, España.
16. SHIGEO Shingo, (1985); "Una revolución en la producción: el sistema SMED"; Productivity Press; Cambridge.
17. SHIGEO Shingo, (1989); "A study of the Toyota production system: from an industrial engineering viewpoint"; Productivity press; New York.
18. UDAONDO Durán Miguel, (1991); "Gestión de calidad"; Ediciones Díaz de Santos; Madrid, España.

19. URZELAI Inza Aitor, (2006); “Manual básico de logística integral”; Ediciones Díaz de Santos; Madrid.

Artículos

1. DEL VIGO García Inmaculada, VILLANUEVA Castellón José; “Reducción del tiempo de fabricación con el sistema SMED”;
<http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/55/40/a40.pdf>
(8/09/2012)

2. DURMAN Esquivel S.A de C.V., (2012); “SMED Durman”; Archivo en ppt; Durman Esquivel S.A de C.V.; México.

Páginas web

<http://www.lean-sigma.es/pdf/SMED.PDF> (13/08/2012)

http://www.navactiva.com/es/descargas/pdf/acal/AIN_SMED.pdf (18/07/2012)

Glosario de términos

Bancada: parte del basamento de una máquina herramienta que sirve de soporte a las mesas o carros de esta; tiene que ser muy robusta, ya que debe soportar tanto el peso de los elementos propios de la máquina como el de las piezas.

Cabezal: dispositivo, generalmente móvil, de algunos aparatos que sirve para poner en él la pieza que realiza la función principal.

Extrusora: es una máquina que alimentada por medio de una tolva (manualmente o por un dosificador), hace pasar el material por un husillo (un tornillo sin fin), que calentado derrite el material para al final, al ser expulsado a presión por la máquina, y por medio de un dado (molde), obtienes una forma dada solicitada bajo diseño (perfiles, postes, ángulos, etc.), de metales, de plásticos y hasta de comida.

Fluctuaciones: variación en el valor o medida de una cosa.

Gamas: serie de cosas de la misma clase pero distintas en alguno de sus elementos constitutivos.

Helicoidales: pieza de un motor compuesta por varias palas que giran alrededor de un eje, y que sirve, especialmente, para dar impulso a un vehículo o mover un fluido.

Punta o postizo: pieza que es añadida o imitada y puede sustituirse.

Receptivo: se aplica a la persona que recibe o tiene capacidad para recibir estímulos externos y para escuchar o aceptar con facilidad de interés lo que alguien dice o propone.

Restrictor: adaptador del cabezal que controla la entrada del material al dado (molde).

Vástagos: varilla, barra que transmite el movimiento a algún mecanismo.

Versatilidad: facilidad grande para el cambio, sobre todo de genio o carácter.