



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA

*“Uso de la técnica SMED
para el proceso de maquinado del
motor eléctrico de tren subterráneo”*

TESINA

Que como parte de los requisitos para obtener el
grado de Ingeniero en Electromecánica

Que como parte de los requisitos para obtener el
grado de Ingeniero en Automatización

PRESENTA:

Joan Paúl Vázquez Puente

Marco Antonio Estrada Higareda

DIRIGIDO POR:

M. en C. Martha Patricia Magaña Murguía

Santiago de Querétaro, Febrero de 2012

Resumen

Para empresas que quieren incrementar su flexibilidad y al mismo tiempo disminuir sus niveles de stock resulta crítico reducir al mínimo los tiempos tanto para los cambios de herramientas como para las preparaciones.

Esta necesidad viene a su vez insertada dentro de la filosofía de reducción de tiempo o máxima velocidad, que hoy todo lo invade. El tiempo vale oro, y cada día ello toma mayor importancia tanto desde el punto de vista de la satisfacción del cliente, como desde los costos y de la capacidad competitiva de la empresa.

Eliminar el concepto de lote de fabricación reduciendo al máximo el tiempo de preparación de máquinas y de materiales, esta es en esencia la filosofía **SMED**. Hoy se apuesta no sólo a reducir al mínimo los tiempos de preparación, sino también los tiempos de reparación y mantenimiento.

El presente trabajo consiste en el uso de la técnica **SMED**, por sus siglas en inglés, “Single-Minute Exchange of Die”, en el área de maquinado de un motor eléctrico de tren subterráneo con torno vertical; teniendo como finalidad emplear los conceptos teóricos y técnicas de **SMED** para realizar las actividades en el proceso de maquinado en menos de diez minutos. Aunque no todas las actividades se lograron completar *literalmente* en menos de diez minutos, se tienen como consecuencias dramáticas reducciones en el tiempo.

Por otro lado, este trabajo integra la filosofía de las **5´s**, la cual maximiza la eficiencia del área de trabajo, al simplificar el tiempo de búsqueda de material y herramental de trabajo.

Dedicatorias

Dedicatorias Joan Paúl Vázquez Puente

Dedicado a mi madre por haberme brindado todo el apoyo necesario para terminar la carrera, por apoyarme tanto en mis buenas como malas decisiones, créiste en mí y al parecer no te defraudé, ésto es para ti mami, mi primer logro en la vida y espero que sean muchos más.

Dedicatorias Marco Antonio Estrada Higareda

*Dedicada a mi madre, inseparable compañera y amiga,
definitivamente mis logros son dedicados siempre a ti,
espero y dios me brinde salud para lograr todas mis
metas y poderte dedicar mas victorias.*

Agradecimientos

Agradecimientos Joan Paúl Vázquez Puente

Quiero agradecer a mi familia por confiar en mí, a cada uno de ellos mil gracias.

*A mi hermano quien es mi motivación día a día, gracias hermano por ser mi mejor amigo. **Yamile** no podías faltar, no sé de qué manera agradecerte todo lo que has hecho por mí, por tu apoyo incondicional fue que pude lograr esto, gracias por todo el amor que me has brindado.*

*A todos mis amigos de SJR, **Eduardo, Nieto, Chili, Willy, Beckham, Mito, Adrian, Astrid, Alan, Maicol, Erick, Jovas, etc.***

*Del Df, **Fla** gracias hermano por tu amistad.*

*Por último y no por ello menos importantes a mis amigos de León, **Barney, Pelón, Miguel, Nancy, Lore, Paty, Chio**, los abandoné en Guanajuato pero siempre estarán en mi corazón, gracias.*

Agradecimientos Marco Antonio Estrada Higareda

Agradezco a mis padres ya que a lo largo de mi vida me han brindado su amor, comprensión y apoyo para poder cumplir mis objetivos personales y ahora profesionales, les agradezco la confianza que me brindaron siempre y la cual en ningún momento deshonré ni deshonraré, gracias a esto soy una persona íntegra y responsable.

Agradezco a mis hermanos que de igual manera me brindaron apoyo de todo tipo y en cualquier circunstancia, sin duda alguna he podido llegar hasta este punto ya que gracias a sus consejos he podido reflexionar y así tomar decisiones correctas en mi vida.

En conjunto agradezco a mi familia que sin duda alguna me han brindado siempre amor, apoyo y comprensión, muchas gracias por estar siempre conmigo sin duda alguna siempre estarán conmigo.

Índice general

Resumen	I
Dedicatorias	II
Agradecimientos	IV
Índice de figuras	IX
Índice de tablas	XI
I. Introducción	1
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos particulares	3
II. Antecedentes	4
2.1. Proceso de Manufactura de motor eléctrico en Torno Vertical	4
III.Revisión de literatura	9
3.1. Manufactura Esbelta	9
3.1.1. Historia	9

3.2. S.M.E.D	11
3.2.1. Antecedentes históricos	11
3.2.2. Definición	12
3.2.3. Método anterior de trabajo	12
3.2.4. Efectos de la aplicación del SMED	14
3.2.5. Técnica para aplicación del SMED	14
3.2.6. Implementación en la máquina	17
3.3. Las 5 S's.	19
3.3.1. Objetivos de las 5'S.	20
3.3.2. Beneficios de las 5'S.	20
3.3.3. Definición de las 5S's.	23
IV. Metodología	31
4.1. Implementación de la técnica SMED	32
4.1.1. Observar y medir	32
4.1.2. Separar actividades internas y externas para el primer proceso	50
4.1.3. Convertir actividades internas a externas para el primer proceso de maquinado	60
4.1.4. Perfeccionar tareas para el primer proceso de maquinado	63
4.1.5. Separar actividades internas y externas para el segundo proceso	66
4.1.6. Convertir actividades internas a externas para el segundo proceso de maquinado	75
4.1.7. Perfeccionar tareas para el segundo proceso de maquinado	78
4.2. Importancia de las "5'S" en la aplicación del SMED	80
4.2.1. Orden y Limpieza	80
4.2.2. Organizar	83
4.2.3. Disciplina	84

V. Conclusiones	85
Bibliografía	87

Índice de figuras

2.1. Motor sin maquinar para primer proceso.	5
2.2. Primer proceso de motor maquinado.	5
2.3. Motor sin maquinar para segundo proceso.	6
2.4. Segundo proceso de motor maquinado lado P e interior de lado P.	7
2.5. Maquinado del fondo del lado P.	7
2.6. Motor maquinado segundo proceso (parte superior) y motor sin maquinar (parte inferior).	8
4.1. Metodología del trabajo.	31
4.2. Ajuste de la plantilla al chuck del torno vertical	52
4.3. Subir la pieza	53
4.4. Ajustes de la pieza	54
4.5. Ajuste en la máquina	55
4.6. Tiempo de actividades realizadas por operador para primer proceso	58
4.7. Porcentaje de tiempo en actividades para primer proceso	58
4.8. Tiempo de actividades internas y externas para el primer proceso	59
4.9. Porcentaje de tiempo para actividades internas y externas para el primer proceso	59
4.10. Tiempo de actividades internas por etapa para primer proceso	62
4.11. Tiempo de actividades externas por etapa para primer proceso	62
4.12. Tiempo de actividades internas por etapa para primer proceso	64

4.13. Tiempo de actividades externas por etapa para primer proceso	65
4.14. Subir la pieza para segundo proceso	68
4.15. Ajustes de la pieza para segundo proceso	69
4.16. Segundo proceso de maquinado	72
4.17. Tiempo de actividades realizadas por operador para segundo proceso	73
4.18. Porcentaje de tiempo consumido en actividades del segundo proceso	73
4.19. Tiempo de actividades internas y externas para segundo proceso	74
4.20. Porcentaje de tiempo para actividades internas y externas para el segundo proceso	74
4.21. Tiempo de actividades internas por etapa para segundo proceso	77
4.22. Tiempo de actividades externas por etapa para segundo proceso	77
4.23. Tiempo de actividades internas por etapa para segundo proceso.	79
4.24. Tiempo de actividades externas por etapa para segundo proceso	80
4.25. Almacenamiento de herramientas en desorden.	81
4.26. Material innecesario y desordenado.	81
4.27. Almacenamiento de herramientas en orden.	82
4.28. Plantilla previamente preparada.	82
4.29. Plantilla en desorden.	83
4.30. Material desorganizado para proceso.	83
4.31. Material organizado para proceso.	84
4.32. Poster de 5's.	84

Índice de tablas

3.1. Descripción de Seiri y Seiton	21
3.2. Descripción de Seiso	22
3.3. Descripción de Seiketsu y Shitsuke	22
4.1. Actividades	32
4.2. Actividades (continuación)	33
4.3. Actividades (continuación)	34
4.4. Actividades (continuación)	35
4.5. Actividades (continuación)	36
4.6. Actividades (continuación)	37
4.7. Actividades (continuación)	38
4.8. Actividades (continuación)	39
4.9. Limpieza de la plantilla y motor en la máquina	40
4.10. Limpieza de la plantilla y motor en la máquina (continuación)	41
4.11. Conseguir herramienta	42
4.12. Centrado y planidad de la plantilla	43
4.13. Inicio del programa desbaste primer y segundo lado	43
4.14. Inicio del programa desbaste primer y segundo lado (continuación)	44
4.15. Apriete, desapriete y colocación de pisadores y aditamentos de la plantilla	44

4.16. Apriete, desapriete y colocación de pisadores y aditamentos de la plantilla (continuación)	45
4.17. Inicio del programa acabado primer y segundo lado	46
4.18. Montar y desmontar motor y accesorios a la plantilla	46
4.19. Tomar medidas del motor antes y después de maquinados	47
4.20. Ajuste en la máquina	48
4.21. Otros	49
4.22. Quitar plantilla anterior	50
4.23. Ajuste de plantilla	51
4.24. Ajuste de plantilla (continuación)	52
4.25. Subir la pieza	53
4.26. Ajustes de la pieza	54
4.27. Ajuste en la máquina	55
4.28. Ajuste en la máquina (continuación)	56
4.29. Máquina	56
4.30. máquina (continuación)	57
4.31. Actividades externas de ajustes de plantilla	60
4.32. Actividades externas de ajustes de la pieza	61
4.33. Actividades externas de ajustes de la máquina	61
4.34. Actividades eliminadas de ajustes de la plantilla	64
4.35. Actividades eliminadas de ajustes de la máquina	65
4.36. Preparación de la plantilla para segundo lado	66
4.37. Preparación de la plantilla para segundo lado (continuación)	67
4.38. Ajuste de plantilla del segundo proceso	67
4.39. Subir la pieza en el segundo proceso	68
4.40. Ajuste la pieza en el segundo proceso	69
4.41. Postmaquinado	70

4.42. Máquina del segundo proceso	70
4.43. Máquina del segundo proceso (continuación)	71
4.44. Actividades externas de la preparación de la plantilla para segundo lado . . .	75
4.45. Actividades externas de ajuste de la pieza	76
4.46. Actividades externas de postmaquinado	76
4.47. Actividades eliminadas de preparación de la plantilla para segundo lado . . .	79

Capítulo I

Introducción

Una de las mejoras más importantes, requeridas por la mayoría de las industrias, es, *la reducción de los tiempos de cambio de herramental en máquinas, en los procesos de producción*, cambios que pueden generar grandes ganancias. El presente trabajo contempla una aplicación práctica de la técnica denominada **SMED** (single minute exchange of die), cuyo objetivo es reducir el tiempo de cambio de herramental hasta en 10 minutos; aunque dicho cambio no se logre realizar en ese tiempo, se presenta reducciones significativas. Las exigencias del mercado actual apuntan hacia lotes de producción cada vez más cortos, en consecuencia, resulta necesario optimizar el rendimiento de máquinas e instalaciones para seguir siendo competitivos.

El Capítulo I muestra la introducción, donde se describe brevemente el cuerpo de la tesina.

El Capítulo II se refiere al marco teórico, el cual ha sido utilizado para desarrollar la metodología que se muestra en el Capítulo III.

En el Capítulo III se detalla la metodología que se siguió en este trabajo, el cual comienza con la aplicación de la técnica **SMED** que se ha dividido en 4 etapas de estudio y finaliza con el seguimiento de la filosofía de las 5's.

Finalmente, en el Capítulo 5 se discuten las conclusiones de haber utilizado la técnica **SMED** y la filosofía de las 5's, ahí se pueden observar los beneficios que tiene aplicar ambas técnicas, cabe destacar los resultados la notable disminución de tiempo que se tiene en el

maquinado de un motor para tren subterráneo en torno vertical.

1.1. Descripción del problema

Debido a que las acciones de preparación y ajuste del motor en un torno vertical, para los procesos de maquinado (proceso 1 y 2) consumen demasiado tiempo, principalmente las acciones de ajuste (pieza y plantilla) y búsqueda de herramienta, es necesario implementar la técnica **SMED** que permitirá la optimización del tiempo, así como la eliminación de actividades innecesarias para este proceso.

Por otra parte, el uso de la filosofía 5's ayuda a eliminar el tiempo de búsqueda de la herramienta del operador, lo que lleva a que este no tenga la urgencia de invertir más tiempo del necesario en sus actividades.

1.2. Justificación

Debido a que la pérdida de tiempo mencionada en el apartado anterior influye directamente con el tiempo total de ejecución del proceso de maquinado del motor, es importante, eliminar actividades que son innecesarias para dicho proceso: una de ellas, es la búsqueda de herramienta, deficiencia latente que hace tener una pérdida del 10% del tiempo efectivo de un operador en una máquina de CNC. Las acciones de centrado y ajuste implican un aproximado del 50% del total del tiempo de proceso, lo que representa un elevado consumo. En casos reales, en una línea de producción, se ha logrado reducir tiempos hasta un 50%; en ciertos casos hasta un 90% o más del tiempo original. Esto posibilita a cualquier empresa a aumentar la productividad y cumplir con expectativas y necesidades de los clientes sin llegar a comprometer la calidad, seguridad y utilidades. Adicional a ello, se obtienen beneficios tales como: menos inventario, entregas más rápidas, la posibilidad de entregas inesperadas, entre otros.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Reducir el tiempo de preparación y ajuste en torno vertical para el maquinado del motor.

1.3.2. Objetivos particulares

- Simplificar actividades mediante la técnica de **SMED**.
- Eliminar tiempo de búsqueda de herramientas para ajuste aplicando la filosofía de **5´s**.

Capítulo II

Antecedentes

2.1. Proceso de Manufactura de motor eléctrico en Torno Vertical

El proceso de manufactura de un motor eléctrico en torno vertical se divide en dos procesos:

- **Primer proceso.**
- **Segundo proceso.**

Primer proceso

El primer proceso de maquinado en Torno Vertical específicamente para los motores de fundición tipo tubo, comienza en lado C (lado Contra piñón), que es mostrado en la Figura 2.1.

Se realiza una serie de desbastes y bordeados en la cara superior, de tal forma que permita ensamblar el juego de rodamientos. Concretamente, se realiza el maquinado de la cara trasera del motor (lado C), esto con el fin de conseguir la altura total del mismo para el montaje del equipo en el tren subterráneo, posteriormente se realiza el bordeado en el diámetro interior del lado C para poder ensamblar el *cartridge* (cartucho) y *sensor case* (tapa de sensor).

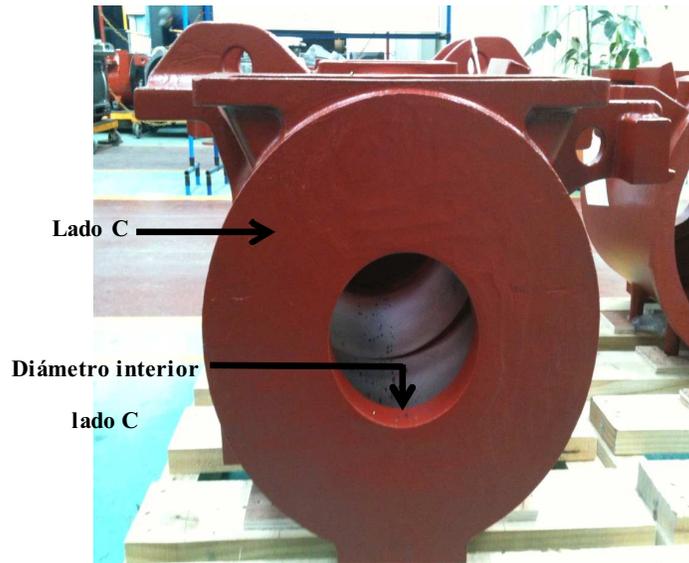


Figura 2.1: Motor sin maquinar para primer proceso.

La pieza requiere de un centrado manual para conservar la concentricidad del motor con los diámetros maquinados. El motor maquinado durante el primer proceso se visualiza en la Figura 2.2.

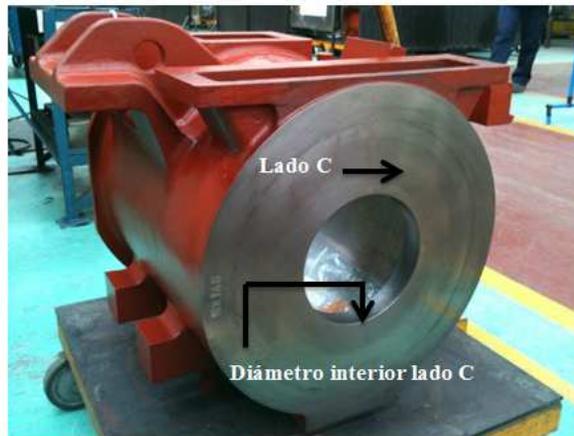


Figura 2.2: Primer proceso de motor maquinado.

Segundo proceso

En el segundo proceso o maquinado del lado P (Piñón) que se observa en la Figura 2.3 se requiere de más tiempo de maquinado, debido a los recorridos considerables que realiza la máquina, así como los diferentes ajustes necesarios para proporcionar los requerimientos del cliente.

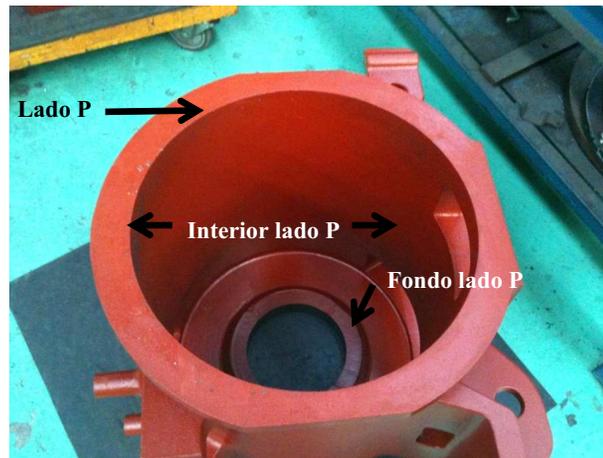


Figura 2.3: Motor sin maquinar para segundo proceso.

La referencia para el centrado de la pieza se toma del diámetro menor maquinado en el primer proceso, esto con el fin de asegurar la concentricidad de $0,04mm$ respecto al diámetro exterior. Posteriormente se realiza el desbaste o remoción del exceso de material, en la parte superior, en el interior y en el fondo del motor, de tal forma que sea posible ensamblar el núcleo por medio de dilatación del motor, además permite el ensamble del juego de rodamientos (ver Figuras 2.4 y 2.5).

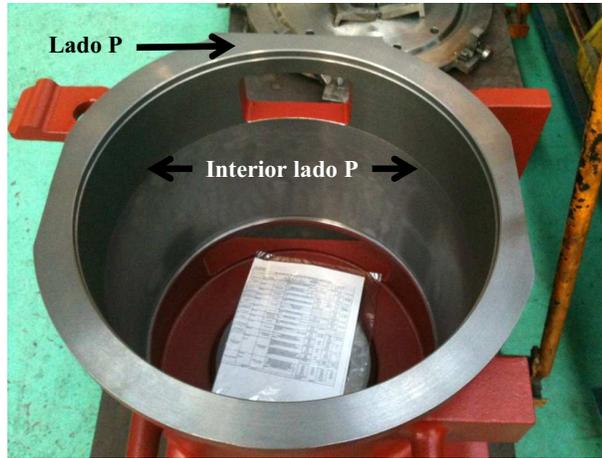


Figura 2.4: Segundo proceso de motor maquinado lado P e interior de lado P.



Figura 2.5: Maquinado del fondo del lado P.

El proceso se realiza en un Torno Vertical, debido al volumen y geometría de la carcasa, se requiere de un plantilla especial que permita la sujeción adecuada. El motor maquinado en el segundo proceso es observado en la Figura 2.6.



Figura 2.6: Motor maquinado segundo proceso (parte superior) y motor sin maquinar (parte inferior).

Capítulo III

Revisión de literatura

3.1. Manufactura Esbelta

3.1.1. Historia

Después de la Primera Guerra Mundial Henry Ford y Alfred Sloan (General Motors) cambiaron la manufactura artesanal *utilizada por siglos y dirigida por las empresas europeas* por manufactura en masa. En gran parte como resultado de ello, Estados Unidos pronto dominó la economía mundial.

Luego de la Segunda Guerra Mundial, Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, de la fábrica de automóviles Toyota, empezaron a utilizar el concepto de Manufactura Esbelta.

En 1950 Eiji Toyoda visitó por tres meses la planta de Rouge de Ford en Detroit, un tío la había visitado en 1929. La Toyota Motor Company fue fundada en 1937. En 1950, después de 13 años de trabajo y esfuerzo producían 2,685 automóviles, comparados con los 7,000 que producían diariamente en Rouge.

Después de estudiar cuidadosamente cada centímetro de la planta Rouge, que era la más grande y eficiente del mundo, Eiji indicó a la sede que había encontrado algunas posibilidades para mejorar el sistema de producción.

Se encontró que copiar y mejorar lo que había visto en Rouge sería muy difícil, por lo que Eiji Toyoda y Taiichi Ohno concluyeron que la producción en masa no iba a funcionar

en Japón. De esta conclusión, nació lo que llamaron “Sistema de Producción Toyota”, a lo que actualmente se le conoce como **Manufactura Esbelta** (*Lean Manufacturing*).

El surgimiento de Japón a su preeminencia económica actual, rápidamente fue seguido por otras empresas, copiando este notable sistema.

La Manufactura Esbelta promueve un ambiente de mejora continua siempre velando por la satisfacción del cliente. La filosofía Lean anima a buscar el desperdicio en los procesos y eliminarlo: sobreproducción, inventarios innecesarios, sobreprocesamiento, retrabajo, transporte, movimientos, esperas.

Esta filosofía nació en Japón y fue concebida por los grandes gurúes del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda entre otros. El sistema de Manufactura Esbelta se ha definido como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- Mejora continua: Kaizen.
- La mejora consistente de Productividad y Calidad.

La Manufactura Esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida.

La implantación de Manufactura Esbelta es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que genera son:

- Reducción de 50 % en costos de producción.
- Reducción de inventarios.
- Reducción del tiempo de entrega (lead time).

- Mejor Calidad.
- Menos mano de obra.
- Mayor eficiencia de equipo.
- Disminución de los desperdicios.
- Sobreproducción.

En este trabajo solo se aplicaran 2 herramientas utilizadas en Manufactura Esbelta que ayudaran a la solución de los problemas que presenta la fabricación de motores eléctricos, las cuales son:

- S.M.E.D
- 5´s

3.2. S.M.E.D

3.2.1. Antecedentes históricos

Esta técnica es desarrollada por el japonés Shigeo Shingo; a continuación se mencionan las actividades más relevantes de este personaje desde su nacimiento hasta la obtención del concepto de la técnica del SMED:

- 1909 Nace en Saga Japón.
- 1930 Se gradúa como Ingeniero Mecánico y trabaja en la planta de Ferrocarriles de Taiwán.
- 1937 Toma la especialidad de Ingeniería Industrial.
- 1955 Trabajando en la planta de Toyota inicia la aplicación de la Ingeniería Industrial.

- 1962 Trabajando para Matsushita Electronics, capacita a 7000 Ingenieros en Ingeniería Industrial.
- 1970 Desarrolla el concepto de producción con “cero defectos”.
- Consolida el concepto del SMED.
- Desde 1979 inicia a dar conferencias en Alemania, Suiza y Estados Unidos.

3.2.2. Definición

SMED es el acrónimo de *Single Minute Exchange Of Die*, que literalmente quiere decir “cambio de una herramienta en minutos de un solo dígito”. En la práctica atiende a una sistemática que nos permitirá ahorrar tiempo en los cambios de máquina. Pero ¿cuánto tiempo se puede ahorrar? Lógicamente todo el que se quiera, a costa de realizar inversiones, pero la idea es ahorrar todo el tiempo que se pueda realizando pocas inversiones. Es difícil dar un porcentaje exacto, pues depende de varios factores:

- Generalmente es más sencillo conseguir ahorros más importantes de tiempo cuando la duración del cambio es superior a varias horas.
- La capacitación de los operarios, pues el tiempo de cambio para una misma máquina es muy diferente en el caso de grupos de trabajo compenetrados que de grupos de trabajo que están empezando a trabajar conjuntamente y a conocer la máquina.

Aun así, con relativa facilidad es posible reducir en torno a un 30 o 40 %, aunque sin conocer la situación particular de cada caso es muy poco recomendable aventurarse a dictaminar porcentajes de ahorro.

3.2.3. Método anterior de trabajo

Generalmente se pensaba que una producción diversificada y en volúmenes pequeños, siempre tenían influencia negativa en la productividad de la compañía.

Esto se basaba en que el tiempo de preparación de cambios de herramientas es variable y para optimizar el tiempo de operación de la maquinaria se fabrican grandes lotes de producción.

Cuando se diversifica la producción, se disminuye inevitablemente la cantidad producida de cada modelo ya que para lograr una producción diversificada se requiere un mayor número de cambios de herramientas. Al producir en grandes lotes se tienen las siguientes ventajas:

- El tiempo de operación por unidad disminuye entre mas grande sea el lote.
- Al generar inventarios se tiene una carga de trabajo nivelada.
- El inventario sirve de “colchón” amortiguando problemas cuando aparecen defectos o cuando la maquinaria se descompone.
- El inventario puede ser utilizado para responder rápidamente ante pedidos urgentes.

Al producir en grandes lotes se tienen las siguientes desventajas:

- Almacenar inventarios requiere invertir en equipo para contención (contenedores metálicos, tarimas, cajas, etc.), lo cual incrementa los costos que generalmente no son pagados por los clientes.
- El transporte y almacenamiento del inventario además de ocupar espacio físico, requerirá horas hombre, energéticos, combustible, etc.; para su manejo.
- El inventario corre el riesgo de volverse obsoleto y para poder ser vendido, este deberá ser a menor precio o en definitiva se desecha.
- La calidad de los inventarios se deteriora a lo largo del tiempo, por ejemplo la oxidación en partes metálicas nos llevara a realizar un retrabajo además de una reinspección antes de vender o utilizar las piezas.

- Se puede concluir que la producción en grandes lotes abarata los costos asociados con los tiempos largos de cambios de herramientas, pero incrementa los costos al generar inventarios.

3.2.4. Efectos de la aplicación del SMED

Como se puede observar, la técnica de la aplicación del SMED, tiene como principal objetivo realizar actividades mientras la maquinaria o equipo están trabajando para eliminar aquellas actividades (buscar, traer, conseguir, ajustar, etc.), que alargaran el tiempo de cambio de herramientas.

Algunos de los efectos benéficos que se obtienen al dominar y aplicar esta técnica son:

- Incremento en la rotación de inversión de capital.
- Uso eficiente del espacio de la planta.
- Eliminación del riesgo de obsolescencia.
- Es posible la producción diversificada.
- Reducción de costos por manejos de inventarios.
- Mejora en la calidad de los productos.
- Se simplifica el manejo y administración de las herramientas y accesorios de piso.

3.2.5. Técnica para aplicación del SMED

A continuación se mencionan las etapas para la aplicación del SMED, es importante insistir que esta es una técnica que se aplica principalmente para realizar cambios rápidos en la industria, pero al analizarla podemos observar que el SMED se puede aplicar en una gran variedad de eventos cotidianos.

Etapa 1. *Observar y medir.* Es la primera de las etapas del método, y fundamental para el éxito del análisis posterior. En ella se ha de realizar un análisis profundo de las operaciones que se realizan en el cambio, desglosándolas todo lo posible y determinando el tiempo que requiere cada una de ellas, además de los utillajes y herramientas que se precisan. No hemos de conformarnos simplemente con conocer las operaciones que se realizan, sino que debemos comprender por qué se realizan. En algunos casos será muy evidente, en otros, todo lo contrario. Es muy posible que incluso nadie sepa por qué se realiza una tarea, ya que simplemente se deba al hábito y no a la necesidad. Dos herramientas que nos ayudan en esta etapa son:

- Manual de la máquina, muchas veces olvidado, pero que en numerosas ocasiones nos ayudará a entender algunas de las operaciones del cambio y a responder muchas de las preguntas que nos hacemos.
- La cámara de vídeo, con la que podremos grabar los cambios, para desglosar más fácilmente las operaciones pues lo podremos ver en repetidas ocasiones. Por otro lado, será muy útil para determinar los tiempos de cada una de ellas. En el caso de que existan dos personas, se recomienda bien tomar un plano donde entren todas las personas o bien que existan tantas cámaras como personas, lo cual favorecerá la realización de grabaciones mucho más detalladas.

Etapa 2. *Separar operaciones internas y externas.* La segunda etapa es la más sencilla de todas, simplemente debemos ver aquellas operaciones que se realizan con la máquina en marcha y con la máquina parada.

Etapa 3. *Convertir operaciones internas a externas.* Una vez se han desglosado todas las operaciones con el mayor rigor que sea posible, es necesario estudiar una por una, haciéndonos siempre la misma pregunta: ¿Esta operación se podría hacer con la máquina en marcha? Lógicamente todas aquellas operaciones que se puedan realizar con la máquina en marcha acortaran el tiempo de cambio. En un primer momento puede

pensarse que todas las operaciones que se realizan durante el cambio son necesarias, pero la experiencia nos indica que son muchos los movimientos innecesarios que se realizan durante el cambio, en algunos casos simplemente por no tener todos los útiles organizados. Para convertir las operaciones internas en externas se ha de estar pensando en modificaciones técnicas, modificaciones del método de trabajo, redistribuciones de operaciones, sincronización de tareas, etc. Por otro lado, destacar que cuando estamos haciendo un proyecto SMED en una máquina, no sólo hemos de estar pendientes de los instantes que dura el cambio, sino también de los periodos de fabricación, que influyen directamente de distintas maneras:

- En el caso de corridas de producción muy cortas puede darse el caso de que los operarios no tengan tiempo suficiente para poder realizar todas las operaciones externas.
- Si se trata de una máquina que no es completamente automática, o simplemente que los operarios están saturados de trabajo en otras operaciones, será necesario ver cuál es la carga de trabajo de los mismos, de tal manera que se determine si tienen tiempo suficiente para realizar las tareas o no.

Encontrarse con estos problemas no suele ser frecuente, aunque cuando se presenten deben ser tratados con sumo cuidado, buscando soluciones para los mismos.

Etapa 4. *Perfeccionar tareas.* Una vez que ya hemos pasado todas aquellas operaciones internas (y que se pueden realizar con la máquina en funcionamiento), a externas, aún podemos recortar más tiempo.

En el caso de que en un cambio intervenga más de una persona, la distribución de tareas puede ser crucial para ahorrar tiempo. La idea es repartir equitativamente la carga de trabajo entre todos los operarios que intervienen en el cambio, es decir, que si un cambio lo realiza una sola persona y dura 10 minutos, al realizarlo dos personas durará cinco

minutos. Lógicamente, debido a la naturaleza de las tareas que se han de realizar, es muy difícil que se consigan estos repartos de tareas completamente equitativos.

Una vez que ya se han repartido las tareas entre las personas, en el caso de que dos o más personas intervengan en el cambio, es el momento de empezar a pensar en ideas que nos ayuden a reducir tiempo. Estas ideas deben enfocarse a aquellas tareas que aumentan directamente el tiempo total del cambio. En algunos casos, pasará simplemente por pequeñas actuaciones técnicas, como adquirir destornilladores eléctricos o neumáticos que acorten los tiempos de atornillar o aflojar tornillos.

En otros casos se tratará de proyectos de mejora que eliminen operaciones o las hagan más sencillas, y que requerirán un estudio del costo, de la ganancia en segundos y de la relación costo/ganancia, llegando incluso a automatizar algunas de las tareas.

3.2.6. Implementación en la máquina

Una vez que ya se tiene completamente definido el método y que ya tenemos una estimación teórica del cambio, es el momento de ponerlo en práctica. Ahora es cuando tienen que entrar en juego las personas que realizan el cambio, desterrando en muchos casos viejas costumbres y un método de trabajo adquirido durante muchos años. Es por eso por lo que esta fase es muy delicada, puesto que la actitud de las personas a los cambios de hábitos suele ser negativa. Para erradicar estas posibles dificultades es preciso realizar nuevas tareas de formación e información, no sólo de la filosofía SMED, sino del caso particular que nos ocupa, explicando detenidamente cuál es la nueva forma de trabajar, hasta que la nueva forma de trabajo se convierta en la habitual. Destacar, también, que es muy importante realizar un seguimiento detallado al menos hasta que se consiga trabajar de la manera deseada. La mejor manera no pasa simplemente por medir los tiempos de cambio, sino por observar y grabar los mismos con el fin de detectar las desviaciones que se pueden producir sobre el método de trabajo estándar, para así poder corregirlas, o bien para corregir el propio método

de trabajo. Como ya se explicó anteriormente, el método de trabajo estándar se convertirá en el habitual, pero aun así, de manera periódica se debe hacer un seguimiento, no sólo para detectar desviaciones del método, sino para incrementar la motivación de los trabajadores cuando éstos hayan cumplido con los objetivos del proyecto.

Pautas para la correcta aplicación.

Para asegurar el éxito de un proyecto SMED se recomienda seguir las pautas que a continuación se presentan:

Constitución de un equipo de trabajo y desarrollo de técnicas de grupo.

El equipo deberá estar constituido por varias personas, entre las que se destacan:

- Una persona que tenga un elevado conocimiento de la máquina y de los trabajos que en ella se realizan. Podría tratarse del operador o de un encargado, en su defecto.
- Una persona con experiencia en la reducción de tiempos de cambio para que lidere el proyecto en base a su experiencia.
- Suele ser bastante importante, sobre todo en la fase de reducción de tareas, contar con personal de mantenimiento.
- Finalmente, contar con el responsable de producción o de mejora continua será fundamental para alcanzar los objetivos.

Formación en la filosofía y técnicas del cambio rápido.

Se debe dar a conocer el proyecto SMED no sólo a los operarios que trabajan con la máquina objeto del proyecto, sino al resto de la organización, pues así se creará un clima general que ayudará muy positivamente a la ambición por la reducción de los tiempos de cambio.

Seleccionar una prueba piloto.

En el caso de que se pretenda realizar dicha técnica en más de una máquina, se recomienda elegir una atendiendo simplemente a factores de criticidad como sobrecarga de trabajo. Después, una vez que se haya culminado con esta máquina, y con la experiencia adquirida en ella, se pasará a otra máquina y así sucesivamente.

Establecer un objetivo de reducción en los tiempos de cambio.

Tras realizar un pequeño análisis previo de la situación y en base a la experiencia, o simplemente a la necesidad de reducción, se establecerá un objetivo en forma de porcentaje de tiempo a reducir.

Llevar a cabo las cuatro etapas del SMED.

Dichas etapas se han explicado anteriormente de una manera detallada.

Implantación de las medidas llevadas a cabo y del nuevo estándar de trabajo.

Una vez se tenga el nuevo método de trabajo desarrollado y las contramedidas necesarias, se han de implantar. El primer paso para la implantación será la formación de los trabajadores en el caso particular de SMED que nos ocupa.

3.3. Las 5 S's.

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor “*calidad de vida*” al trabajo.

Las 5'S provienen de términos japoneses que diariamente ponemos en práctica en nuestra vida cotidiana y no son parte exclusiva de una “*cultura japonesa*” ajena a nosotros, es

más, todos los seres humanos, o casi todos, tenemos tendencia a practicar o hemos practicado las 5´S, aunque no nos demos cuenta.

Cuando nuestro entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza perderemos la eficiencia y la moral en el trabajo se reduce.

3.3.1. Objetivos de las 5´S.

El objetivo central de las 5´S es lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo.

3.3.2. Beneficios de las 5´S.

La implantación de una estrategia de 5´S es importante en diferentes áreas, por ejemplo, permite eliminar despilfarros y por otro lado permite mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando así a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que genera la estrategias de las 5´S son:

- Mayores niveles de seguridad que redundan en una mayor motivación de los empleados.
- Mayor calidad.
- Tiempos de respuesta más cortos.
- Aumenta la vida útil de los equipos.
- Genera cultura organizacional.
- Reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos.

Las 5´S son cinco palabras de origen japonés que conforman los pasos a desarrollar para obtener un lugar óptimo de trabajo; siendo estas acuñadas por Toyota:

1. Seiri.

2. Seiton.
3. Seiso.
4. Seiketsu.
5. Shitsuke.

Estas se dividen en dos partes importantes:

1. Lo que está orientado a las cosas; como las condiciones de trabajo y en general al entorno físico, que son descritas en las Tablas 3.1 y 3.2.

Tabla 3.1: Descripción de Seiri y Seiton

SEIRI	Clasificar	Consiste en retirar del área de trabajo todos aquellos objetos y herramientas que no son necesarios para realizar las tareas diarias, dejando solo aquellos que se requieren para trabajar productivamente y con calidad. Con esto se eliminan desperdicios, se optimizan áreas y, en general, se trabaja con mayor productividad
SEITON	Ordenar	Consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Ordenar en mantenimiento tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas. Con esto se reduce el tiempo dedicado a buscar herramientas de trabajo, se cuenta con áreas limpias y se promueve una cultura de orden. “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”.

2. Lo que está orientado con uno mismo como persona, que se describe en la Tabla 3.3.

Tabla 3.2: Descripción de Seiso

SEISO	Limpieza	Mantener el área de trabajo limpia. Se crea un ambiente propicio para la producción de un bien o servicio de calidad y se mantiene un ambiente agradable. Limpieza significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Esto ayuda a mejorar el estado de ánimo del personal, las máquinas duran más tiempo y se trabaja en un ambiente más saludable.
-------	----------	--

Tabla 3.3: Descripción de Seiketsu y Shitsuke

SEIKETSU	Estandarizar	Es todo lo relacionado con el estado de la salud física y mental que requiere una persona para estar en condiciones óptimas y así poder desempeñar su responsabilidad con calidad. La estandarización pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras 3's. Sugiere observar hábitos como el aseo personal, vestimenta correcta, uso de equipo de protección, revisión médica, descanso adecuado, actitud positiva en el trabajo, alimentación adecuada, cumplir con las normas de seguridad, etc.
SHITSUKE	Disciplina	El efecto de las cuatro primeras S's desaparecerá si no se cuenta con la disciplina necesaria que ayude a incorporarlos en los hábitos diarios; esto significa evitar que se rompan los procedimientos ya establecidos. Consiste en fomentar el apego a los estándares establecidos como parte de la aplicación de las otras cuatro S's. Esto permite tener un mejor autocontrol en la administración de las actividades diarias, además de los beneficios relacionados con el aseguramiento de la calidad al seguir con disciplina los procedimientos estándar de operación. Por esto la disciplina se considera el elemento integrador de las otras cuatro S's.

3.3.3. Definición de las 5S's.

Clasificar (seiri)

Clasificar consiste en retirar del área o estación de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor, ya sea en áreas de producción o en áreas administrativas. Una forma efectiva de identificar estos elementos que habrán de ser eliminados es el llamado “etiquetado en rojo”. En efecto una tarjeta roja (de expulsión) es colocada a cada artículo que se considera no necesario para la operación. Enseguida, estos artículos son llevados a un área de almacenamiento transitorio. Más tarde, si se confirmó que eran innecesarios, estos se dividirán en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles que serán descartados. Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar espacios de piso desechando cosas tales como: herramientas rotas, aditamentos o herramientas obsoletas, recortes y excesos de materia prima. Este paso también ayuda a eliminar la mentalidad de “Por Si Acaso”.

Clasificar consiste en:

- Separar en el sitio de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven.
- Clasificar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario.
- Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo.
- Separa los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo.
- Organizar las herramientas en sitios donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible.
- Eliminar elementos que afectan el funcionamiento de los equipos y que pueden producir averías.

- Eliminar información innecesaria y que nos pueden conducir a errores de interpretación o de actuación.

Beneficios de clasificar

Al clasificar se preparan los lugares de trabajo para que estos sean más seguros y productivos. El primer y más directo impacto está relacionado con la seguridad. Ante la presencia de elementos innecesarios, el ambiente de trabajo es tenso, impide la visión completa de las áreas de trabajo, dificulta observar el funcionamiento de los equipos y máquinas, las salidas de emergencia quedan obstaculizadas haciendo todo esto que el área de trabajo sea más insegura.

Clasificar permite:

- Liberar espacio útil en planta y oficinas.
- Reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos.
- Mejorar el control visual de stocks (inventarios) de repuesto y elementos de producción, carpetas con información, planos, etc.
- Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo expuestos en un ambiente no adecuado para ellos; por ejemplo, material de empaque, etiquetas, envases plásticos, cajas de cartón y otros ? Facilitar control visual de las materias primas que se van agotando y que requieren para un proceso en un turno, etc.
- Preparar las áreas de trabajo para el desarrollo de acciones de mantenimiento autónomo, ya que se puede apreciar con facilidad los escapes, fugas y contaminaciones existentes en los equipos y que frecuentemente quedan ocultas por los elementos innecesarios que se encuentran cerca de los equipos.

Ordenar (seiton)

Consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Ordenar en mantenimiento tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas e instalaciones industriales.

El ordenar permite:

- Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno al lugar.
 - Disponer de sitios identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia.
 - Disponer de lugares para ubicar el material o elementos que no se usarán en el futuro.
 - En el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos, sistemas de seguridad, alarmas, controles, sentidos de giro, etc.
 - Lograr que el equipo tenga protecciones visuales para facilitar su inspección autónoma y control de limpieza.
 - Identificar y marcar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustibles.
 - Incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores de producción
- Beneficios de ordenar.
- Beneficios para el trabajador.
 - Facilita el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo.
 - Se mejora la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial.

- El aseo y limpieza se pueden realizar con mayor facilidad y seguridad.
- La presentación y estética de la planta se mejora, comunica orden, responsabilidad y compromiso con el trabajo.
- Se libera espacio.
- El ambiente de trabajo es más agradable.
- La seguridad se incrementa debido a la demarcación de todos los sitios de la planta y a la utilización de protecciones transparentes especialmente los de alto riesgo.

Beneficios organizativos:

- La empresa puede contar con sistemas simples de control visual de materiales y materias primas en stock de proceso.
- Eliminación de pérdidas por errores.
- Mayor cumplimiento de las órdenes de trabajo.
- El estado de los equipos se mejora y se evitan averías.
- Se conserva y utiliza el conocimiento que posee la empresa.
- Mejora de la productividad global de la planta.

Limpieza (seiso)

Limpieza significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Desde el punto de vista del TPM implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Se identifican problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de FUGUAI (defecto).

Limpieza incluye, además de la actividad de limpiar las áreas de trabajo y los equipos, el diseño de aplicaciones que permitan evitar o al menos disminuir la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo.

Para aplicar la limpieza se debe:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo: “la limpieza es inspección”.
- Se debe abolir la distinción entre operario de proceso, operario de limpieza y técnico de mantenimiento.
- El trabajo de limpieza como inspección genera conocimiento sobre el equipo. No se trata de una actividad simple que se pueda delegar en personas de menor calificación.
- No se trata únicamente de eliminar la suciedad. Se debe elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias.

Beneficios de la limpieza:

- Reduce el riesgo potencial de que se produzcan accidentes.
- Mejora el bienestar físico y mental del trabajador.
- Se incrementa la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad.
- Las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza.
- La limpieza conduce a un aumento significativo de la Efectividad Global del Equipo (OEE).

- Se reducen los despilfarros de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes.
- La calidad del producto se mejora y se evitan las pérdidas por suciedad y contaminación del producto y empaque.

Estandarizar (seiketsu)

El estandarizar pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras 3's. El estandarizar sólo se obtiene cuando se trabajan continuamente los tres principios anteriores. En esta etapa o fase de aplicación (que debe ser permanente), son los trabajadores quienes adelantan programas y diseñan mecanismos que les permitan beneficiarse a sí mismos.

Para generar esta cultura se pueden utilizar diferentes herramientas, una de ellas es la localización de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas para que pueda ser visto por todos los empleados y así recordarles que ese es el estado en el que debería permanecer, otra es el desarrollo de unas normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo.

La estandarización pretende:

- Mantener el estado de limpieza alcanzado con las tres primeras S.
- Enseñar al operario a realizar normas con el apoyo de la dirección y un adecuado entrenamiento.
- Las normas deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y procedimiento a seguir en caso de identificar algo anormal.
- En lo posible se deben emplear fotografías de como se debe mantener el equipo y las zonas de cuidado.

- El empleo de los estándares se debe auditar para verificar su cumplimiento.
- Las normas de limpieza, lubricación y aprietes son la base del mantenimiento autónomo (Jishu Hozen).

Beneficios de extandarizar

- Se guarda el conocimiento producido durante años de trabajo.
- Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente.
- Los operarios aprenden a conocer con detenimiento el equipo.
- Se evitan errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.
- La dirección se compromete más en el mantenimiento de las áreas de trabajo al intervenir en la aprobación y promoción de los estándares.
- Se prepara el personal para asumir mayores responsabilidades en la gestión del puesto de trabajo.
- Los tiempos de intervención se mejoran y se incrementa la productividad de la planta.

Disciplina (shitsuke)

Significa evitar que se rompan los procedimientos ya establecidos. Solo si se implanta la disciplina y el cumplimiento de las normas y procedimientos ya adoptados se podrá disfrutar de los beneficios que ellos brindan. La disciplina es el canal entre las 5´S y el mejoramiento continuo. Implica control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismo y por los demás y mejor calidad de vida laboral, además:

- El respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable.
- Realizar un control personal y el respeto por las normas que regulan el funcionamiento de una organización.
- Promover el hábito de autocontrolar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas.
- Comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración.
- Mejorar el respeto de su propio ser y de los demás.

Beneficios de disciplinar:

- Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa.
- La disciplina es una forma de cambiar hábitos.
- Se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre personas.
- La moral en el trabajo se incrementa.
- El cliente se sentirá más satisfecho ya que los niveles de calidad serán superiores debido a que se han respetado íntegramente los procedimientos y normas establecidas.
- El sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegara cada día.

Capítulo IV

Metodología

El desarrollo de este trabajo se divide en 5 etapas, como se muestra en la Figura 4.1. Las primeras 4 etapas corresponden a la técnica SMED, la cual está dividida en:

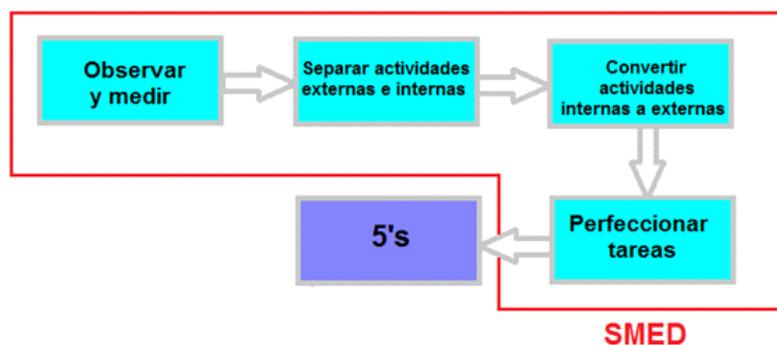


Figura 4.1: Metodología del trabajo.

- Observar y medir.
- Separar actividades internas y externas.
- Convertir actividades internas a externas.
- Perfeccionar tareas.

Cabe mencionar, que las etapas de separar actividades internas y externas, convertir actividades internas a externas y perfeccionar tareas, se estudiarán de manera separada para el primer y segundo proceso de maquinado.

Por último, se aplica la técnica de 5´s.

4.1. Implementación de la técnica SMED

4.1.1. Observar y medir

Durante esta etapa se observó y se tomaron mediciones de tiempo detalladas de todas las actividades que realiza el operador para ambos procesos de maquinado del motor en un torno vertical. Las actividades que realiza el operador durante todo el proceso son mostradas en la Tabla 4.1, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8. Cabe destacar que el operador realiza alrededor de 200 actividades durante el proceso de maquinado.

Tabla 4.1: Actividades

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Sacar rebaba	2
Ir por thinner	15
Limpiar la base de la máquina con thinner	1.3
Pasar la piedra de esmeril por la bancada de la máquina	1.6
Limpiar la base de la máquina con thinner	3
Levantar la plantilla	0.6
Sopletear la plantilla	1.6
Pasar la piedra de esmeril por la base de la plantilla	3.4
Limpiar la plantilla con thinner	2.3
Subir la plantilla a la máquina	1.4
Ir por el mazo de Goma	1.3
Pegar con el mazo de goma para que entre la plantilla en el Chuck	2.7
Colocar tornillos y sujetadores tipo "T" para la sujeción de la plantilla	2.8
Ir por indicador de pestaña	5.8
Centrar plantilla	8
Ir por martillo de goma	4.3
Continuar con el centrado de la plantilla	4.1

Tabla 4.2: Actividades (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Ir por llave de impacto(Neumática)	1
Mover de posición el indicador de pestaña	0.5
Revisar la planidad y centrado de la plantilla	3.7
Comida	30
Junta con supervisor	30
Limpiar casquillo para primer lado	0.8
Montar casquillo a la plantilla	1.4
Entregar martillo de goma	1.1
Esperar a que desocupen la grúa	11.5
Levantar tubo	1.
Sopletear tubo	0.3
Limpiar tubo con thinner	0.7
Sopletear tubo	0.3
Limpiar tubo con thinner	0.3
Montar tubo a la plantilla	0.9
Quitar armellas	0.3
Colocar tornillos para sujetar tubo a la plantilla	0.8
Apretar tornillos para sujetar el tubo a la plantilla	1
Colocación de tope para el primer proceso	3.4
Apriete del tope	0.5
Acercar pisadores a la máquina	0.2
Buscar espárragos para topes	0.5
Subir motor a la plantilla	4.8
Acomodar motor	7.2
Apriete de los topes centradores	1.3
Ir por el indicador de caratula	2
Sopletear barrenos de la plantilla	1.5
Colocar pisadores	6.7
Primer centrado del motor	20.1
Colocar pisador del centro	1.2
Ir por llave para pisador del centro	1.2
Apriete del pisador del centro	0.3
Primer apriete de pisadores	1
Segundo apriete de pisadores con torquimetro	1.7
Apriete de tope tipo “Y”	0.7
Ir por micrómetro	61
Mover el carnero a una posición más cerca	0.3

Tabla 4.3: Actividades (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Ajustar parámetros en la pantalla de la máquina	1.4
Acercar la herramienta a la cara del motor para sacar el cero de trabajo	1.8
Registrar medidas en la bitácora	1.5
Tomar coordenada de trabajo en x	0.8
Ajuste de coordenadas en la máquina	1.2
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (1)	10
Registrar medidas y ajuste de la altura z	0.8
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (2)	3.9
Ajuste del premaquinado en la cara superior	1.2
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (3)	4.4
Ajuste del premaquinado en la cara superior	0.9
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (4)	2.7
Ajuste del premaquinado en la cara superior	0.8
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (5)	4
Ajuste del premaquinado en la cara superior	1
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (6)	4.4
Ajuste del premaquinado en la cara superior	0.7
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (7)	4.5
Ajuste del premaquinado en la cara superior	1
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (8)	4.9
Ajuste del premaquinado en la cara superior	1
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (9)	4.4
Sopletear motor	0.7
Ajustar parámetros en la pantalla de la máquina	2.3
Ir por vernier	1.8

Tabla 4.4: Actividades (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Primer apriete de tornillos y sujetadores tipo "T"	1
Revisar el centrado de la plantilla	0.9
Medir el espesor de la base para sacar la coordenada en z	2
Ir a preguntar para corroborar la medida	3.7
Ajustar cero de trabajo	2.4
Poner a girar el chuck para sacar el exceso de soluble y ver la secuencia del programa	3.5
Inicio de programa de desbaste paso por paso	1.3
Paro de programa	0.2
Verificar la posición	0.5
Inicio de programa	1.3
Paro del programa por alarma de la máquina	0.2
Preguntar a el líder de grupo sobre la coordenada de trabajo	4.7
Ajuste de la coordenada de trabajo	1.9
Inicio del programa definitivo(desbaste del primer lado) las primeras 10 líneas se checaron paso por paso	17.5
Ir por herramienta de acabado al tv-07	10
Colocar la herramienta en el carnero	2
Medir la herramienta en el eje z	2.3
Medir el espesor del motor para revisar el sobrematerial	0.5
Sacar coordenada de trabajo (VERIFICACIÓN)	4.6
Medir el centro del motor donde va el cartucho para medir la herramienta en x	6.4
Ajustar la compensación de x y z -0,3 y 0,2 respectivamente para no fallar	1.2
Inicio de programa de acabado paso por paso para revisar si la coordenada de trabajo	4.3
Paro del programa	0.2
Medir el centro del motor donde va el cartucho para medir la herramienta en x	4.7
Inicio de programa de acabado	9.3
Medir el centro del motor donde va el cartucho para comenzar	2

Tabla 4.5: Actividades (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Segundo apriete de tornillos y sujetadores tipo "T"	0.6
Revisar el centrado de la plantilla	0.6
Medir el espesor de la base del motor para compensar en z	0.9
Compensar en x y z	0.2
Inicio del programa de acabado del primer lado	9.2
Inicio del programa de acabado del primer lado	9.2
Sacar rebaba	2.2
Medir el centro y espesor del motor	3.6
Registrar medidas	1.7
Tomar espesor de la base del motor	0.3
Hacer anotaciones en el registro	3.8
Ir por turbina	4.3
Rebabear	1.8
Aflojar pisadores del centro	0.2
Quitar pisador del centro	0.6
Aflojar pernos centradores	1.8
Aflojar tope tipo "Y"	0.2
Aflojar pisadores de alrededor	2.3
Ir por grúa y esperar a que desocupen la grúa	1.7
Bajar motor de la máquina	3
Sacar rebaba con espátula	3.8
Sopletear plantilla ²	2.2
Quitar pisadores de alrededor	3.7
Ir por martillo para marcar el motor	4.7
Marcar el motor	2.6
Entregar martillo	1.2
Quitar tope tipo "Y"	2.2
Aflojar tornillos del primer lado	1.3
Ir por grúa y esperar a que la desocupen	6.8
Retirar tubo del primer lado	1.2
Aflojar casquillo del primer lado	3.2
Bajar casquillo del primer lado	4.5

Tabla 4.6: Actividades (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Sopletear casquillo de primer lado	0.6
Limpiar plantilla para el segundo lado	4.5
Asentar la plantilla con la piedra de esmeril	4
Asentar el casquillo para segundo lado con la piedra de esmeril	5.8
Limpiar casquillo para segundo lado con thinner	3
Ir por indicador de caratula	12.7
Cargar programa	0.5
Limpiar portaherramientas para poner indicador de caratula	0.5
Revisar centrado de la plantilla	5
Subir casquillo para segundo lado	7.9
Limpiar casquillo para segundo lado con thinner	1.2
Apretar tornillos del casquillo para segundo lado	2
Revisar planidad del casquillo con la plantilla	8.7
Colocar topes para segundo lado	7.6
Ir por llave allen de 14	0.5
Apretar topes para segundo lado	5
Colocar base para pisadores	0.8
Levantar motor y asentar base del motor para segundo lado	0.5
Voltear motor	3.2
Limpiar motor antes de subirlo a la máquina	0.3
Subir motor a la máquina	3.7
Revisar que el motor halla sentado bien	0.8
Llevar los pernos centradores	1.3
Poner pisador del centro	4
Primer centrado del motor para el segundo lado	15.6
Apriete de los pisadores del centro	1
Verificar el centrado del motor	1.9
Cambiar y checar la herramienta	1.9

Tabla 4.7: Actividades (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Ir por la llave para el inserto	1.5
Revisar el inserto	3.2
Inicio del programa de desbaste del segundo lado	43.7
Sopletear el motor	0.9
Ir por indicador de caratula y micro de interiores de 450 – 475	1.5
Checar altura del motor	3
Checar diámetros interiores	2
Llenar registro	1.3
Sacar rebaba del centro del motor con espátula	4.1
Ir por llave para cambiar el inserto	1.8
Cambiar el inserto	1.7
Acomodar salidas para el soluble.	0.4
Inicio de programa para acabado del fondo del motor segundo lado	3.5
Sopletear centro del motor	0.7
Inicio de programa acabado de diámetro y cara superior	4
Sopletear	0.2
Medir la altura del motor para ajustar Z	3
Inicio del programa	3
Sopletear	0.4
Revisar centrado de la plantilla	1.8
Limpiar centro del motor	1
Aflojar y quitar pisadores del fondo del motor	2
Colocar tapa del centro del motor	2
Acabado de diámetro interior y cara superior del segundo lado	2
Verificar dimensiones	1
Ajustar en el eje x	0.5
Acabado de diámetros interiores y cara superior (FINAL)	19.7
Sacar rebaba	1.2
Ir por indicador de caratula	1.3

Tabla 4.8: Actividades (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Checar altura del motor	2.6
Anotar en el registro	0.2
Ir por micrómetro	0.5
Verificar diámetros interiores y anotar en los registros que tampoco estaban hechos	2.7
Quitar pisador del centro	1.8
Quitar pisadores y sujeción de la plantilla al motor	3
Quitar el motor de la plantilla del TV-o6	2
Medir el espesor del fondo del motor	1
Ir por turbina	0.4
Rebabeear	1.1
Montar motor en tarima	1.4
Ir a tomar agua	5.3
Operador pide herramienta	0.5
Resolver problema de hojas de ruta	25
Comida	47
Llenar hoja de ruta y poner identificación	1.8
Llenar registro de inspección	1.5
Poner el motor identificación	0.5

Se clasificaron las actividades de las Tablas 4.1, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8 de la siguiente manera:

- Limpieza de la plantilla y motor en la máquina.
- Conseguir herramienta.
- Centrado y planidad de la plantilla.
- Inicio del programa *desbaste primer y segundo lado*.
- Apriete, desapriete y colocación de pisadores y aditamentos de la plantilla.
- Inicio del programa acabado primer y segundo lado.
- Montar y desmontar motor y accesorios a la plantilla.
- Tomar medidas del motor antes y después de maquinado.
- Ajuste en la máquina (programa, compensación y medir herramienta)
- Otros.

Las actividades correspondientes a la limpieza de la plantilla y motor en la máquina se observa en la Tabla 4.9 y la Tabla 4.10.

Tabla 4.9: Limpieza de la plantilla y motor en la máquina

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Sacar rebaba	2
Ir por thinner	15
Limpiar la base de la máquina con thinner	1.3
Pasar la piedra de esmeril por la bancada de la máquina	1.6
Limpiar la base de la máquina con thinner	3
Levantar la plantilla	0.6
Sopletear la plantilla	1.6
Pasar la piedra de esmeril por la base de la plantilla	3.4

Tabla 4.10: Limpieza de la plantilla y motor en la máquina (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Limpiar la plantilla con thinner	2.3
Subir la plantilla a la máquina	1.4
Pegar con el mazo de goma para que entre la plantilla en el Chuck	2.7
Limpiar casquillo para primer lado	0.8
Montar casquillo a la plantilla	1.4
Levantar tubo	1.7
Sopletear tubo	0.3
Limpiar tubo con thinner	0.7
Sopletear tubo	0.3
Limpiar tubo con thinner	0.3
Sopletear barrenos de la plantilla	1.5
Sacar rebaba	2.2
Rebabeear	1.8
Sacar rebaba con espátula	3.3
Sopletear plantilla2	2.2
Sopletear casquillo del primer lado	0.6
Limpiar plantilla para el segundo lado	4.5
Asentar la plantilla con la piedra de esmeril	4
Asentar el casquillo para segundo lado con la piedra de esmeril	5.8
Limpiar casquillo para segundo lado con thinner	3
Levantar motor y asentar base del motor para segundo lado	0.5
Limpiar portaherramientas para poner indicador de caratula	0.5
Limpiar casquillo para segundo lado con thinner	1.2
Limpiar motor antes de subirlo a la máquina	0.3
Sopletear el motor	0.9
Sacar rebaba del centro del motor con espátula	4.1
Sopletear centro del motor	0.7
Sopletear	0.2
Sopletear	0.4
Limpiar centro del motor	1
Sacar rebaba	1.2
Rebabeear	1.1
Sopletear motor	0.7

La limpieza de la plantilla y motor en la máquina se llevó a cabo en 81.4 minutos.

Las actividades respectivas a conseguir herramienta se muestran en la Tabla 4.11.

Lográndose efectuar en 78.6 minutos.

Tabla 4.11: Conseguir herramienta

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Ir por el mazo de Goma	1.3
Ir por indicador de pestaña	5.8
Ir por martillo de goma	4.3
Ir por llave de impacto(Neumática)	1
Entregar martillo de goma	1.1
Esperar a que desocupen la grúa	11.5
Acercar pisadores a la máquina	0.2
Buscar espárragos para topes	0.5
Ir por el indicador de caratula	2
Ir por llave para pisador del centro	1.2
Ir por micrómetro	1
Ir por herramienta de acabado al tv-07	10
Ir por turbina	4.3
Ir por grúa y esperar a que desocupen la grúa	1.7
Ir por martillo para marcar el motor	4.7
Entregar martillo	1.2
Ir por grúa y esperar a que desocupen la grúa	6.8
Ir por indicador de caratula	12.7
Ir por llave allen de 14	0.5
Ir por la llave para el inserto	1.5
Ir por indicador de caratula y micro de interiores de 450-475	1.5
Ir por llave para cambiar el inserto	1.8
Ir por indicador de caratula	1.3
Ir por micrómetro	0.5
Ir por turbina	0.4
Ir por vernier	1.8

Las actividades que realiza el operador en el centrado y planidad de la plantilla se visualizan en la Tabla 4.12, actividades que se llevan a cabo en un total de 62.9 minutos.

Tabla 4.12: Centrado y planidad de la plantilla

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Centrar plantilla	8
Continuar con el centrado de la plantilla	4.1
Revisar el centrado de la plantilla	0.9
Revisar el centrado de la plantilla	0.6
Mover de posición el indicador de pestaña	0.5
Revisar la planidad y centrado de la plantilla	3.7
Primer centrado del motor	20.1
Revisar centrado de la plantilla	5
Revisar planidad del casquillo con la plantilla	8.7
Primer centrado del motor para el segundo lado	15.6
Verificar el centrado del motor	1.9
Revisar centrado de la plantilla	1.8

Las actividades para el inicio del programa desbaste primer y segundo lado (Tablas 4.13 y 4.14), se consumaron en 97.2 minutos.

Tabla 4.13: Inicio del programa desbaste primer y segundo lado

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (1)	10
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (2)	3.8
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (3)	4.4
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (4)	2.7
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (5)	4
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (6)	4.4
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (7)	4.5
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (8)	4.9
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (9)	4.4

Tabla 4.14: Inicio del programa desbaste primer y segundo lado (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Inicio de programa de desbaste paso por paso	1.3
Paro de programa	0.2
Inicio de programa	1.3
Paro del programa por alarma de la máquina	0.2
Inicio del programa definitivo(desbaste de primer lado) las primeras 10 líneas se checaron paso por paso	17.5
Inicio del programa de desbaste del segundo lado	43.7

Las actividades referentes a apriete, desapriete y colocación de pisadores y aditamentos de la platilla, son mostradas en la Tabla 4.15 y Tabla 4.16 , donde el tiempo total de ejecución fue de 83.9 minutos.

Tabla 4.15: Apriete, desapriete y colocación de pisadores y aditamentos de la plantilla

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Colocar tornillos y sujetadores tipo “T” para la sujeción de la plantilla	2.8
Primer apriete de tornillos y sujetadores tipo “T”	1
Segundo apriete de tornillos y sujetadores tipo “T”	0.6
Quitar armellas	0.3
Montar tubo a la plantilla	0.9
Colocar tornillos para sujetar tubo a la plantilla	0.8
Apretar tornillos para sujetar el tubo a la plantilla	1
Colocación de tope para primer proceso	3.4
Apriete del tope	0.5

Tabla 4.16: Apriete, desapriete y colocación de pisadores y aditamentos de la plantilla (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Apriete de los topes centradores	1.3
Colocar pisadores	6.7
Colocar pisador del centro	1.2
Apriete del pisador del centro	0.3
Primer apriete de pisadores	1
Segundo apriete de pisadores con torquimetro	1.7
Apriete de tope tipo "Y"	0.7
Aflojar pisadores del centro	0.2
Quitar pisador del centro	0.6
Aflojar pernos centradores	1.8
Aflojar tope tipo "Y"	0.2
Aflojar pisadores de alrededor	2.3
Quitar pisadores de alrededor	3.7
Quitar tope tipo "Y"	2.2
Aflojar tornillos del primer lado	1.3
Retirar tubo del primer lado	1.2
Aflojar casquillo del primer lado	3.2
Bajar casquillo del primer lado	4.5
Subir casquillo para segundo lado	7.9
Apretar tornillos del casquillo para segundo lado	2
Colocar topes para segundo lado	7.6
Apretar topes para segundo lado	5
Colocar base para pisadores	0.8
Llevar los pernos centradores	1.3
Poner pisador del centro	4
Apriete de los pisadores del centro	1
Aflojar y quitar pisadores del fondo del motor	2
Colocar tapa del centro del motor	2
Quitar pisador del centro	1.8
Quitar pisadores y sujeción de la plantilla al motor	3

Las actividades para el inicio del programa acabado para el primer y segundo lado se observan en la Tabla 4.17, llevándose a cabo en un tiempo de 55.2 minutos.

Tabla 4.17: Inicio del programa acabado primer y segundo lado

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Inicio de programa de acabado paso por paso para revisar la coordenada de trabajo	4.3
Paro del programa	0.2
Inicio de programa de acabado primer lado	9.3
Paro del programa	0.2
Inicio del programa de acabado del primer lado	9.2
Inicio de programa para acabado del fondo del motor segundo lado	3.5
Inicio de programa acabado de diámetro y cara superior	4
Inicio del programa	3
Acabado de diámetro interior y cara superior segundo lado	3
Acabado de diámetros interiores y cara superior (FINAL)	19.7

Las acciones correspondientes a montar y desmontar motor y accesorios a la plantilla, ilustradas en la Tabla 4.18, se realizar en 30.8 minutos.

Tabla 4.18: Montar y desmontar motor y accesorios a la plantilla

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Subir motor a la plantilla	4.8
Subir motor a la plantilla	4.8
Acomodar motor	7.2
Bajar motor de la máquina	3
Voltear motor	3.2
Subir motor a la máquina	3.7
Revisar que el motor halla sentado bien	0.8
Quitar el motor de la plantilla del TV-o6	2
Montar motor en tarima	1.4

Las actividades de tomar medidas del motor antes y después de maquinados se observan en la Tabla 4.19, efectuándose en un tiempo de 33.7 minutos.

Tabla 4.19: Tomar medidas del motor antes y después de maquinados

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Medir el espesor del motor para revisar el sobrematerial	0.5
Medir el centro del motor donde va el cartucho para medir la herramienta en x	6.4
Medir el centro del motor donde va el cartucho para medir la herramienta en x	4.7
Medir el centro del motor donde va el cartucho para comenzar	2
Medir el espesor de la base del motor para compensar en z	0.9
Medir el centro y espesor del motor	3.6
Tomar espesor de la base del motor	0.3
Checar altura del motor	3
Checar diámetros interiores	2
Medir la altura del motor para ajustar Z	3
Verificar dimensiones	1
Checar altura del motor	2.6
Verificar diámetros interiores y anotar en los registros que tampoco estaban hechos	2.7
Medir el espesor del fondo del motor	1
Medir el espesor de la base para sacar la coordenada en z	2

Las acciones correspondientes a: Ajuste en la máquina (programa, compensación, medir herramienta), ilustradas en la Tabla 4.20, se realizar en 32.8 minutos.

Tabla 4.20: Ajuste en la máquina

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Mover el carnero a una posición más cerca	0.3
Ajustar parámetros en la pantalla de la máquina	1.4
Acercar la herramienta a la cara del motor para sacar el cero de trabajo	1.8
Tomar coordenada de trabajo en x	0.8
Ajuste de coordenadas en la máquina	1.2
Registrar medidas y ajuste de la altura z	0.8
Ajuste del premaquinado en la cara superior	1.2
Ajuste del premaquinado en la cara superior	0.9
Ajuste del premaquinado en la cara superior	0.8
Ajuste del premaquinado en la cara superior	1
Ajuste del premaquinado en la cara superior	0.7
Ajuste del premaquinado en la cara superior	1
Ajuste del premaquinado en la cara superior	1
Ajustar parámetros en la pantalla de la máquina	2.3
Ajustar cero de trabajo	2.4
Verificar la posición	0.5
Ajuste de la coordenada de trabajo	1.9
Colocar la herramienta en el carnero	2
Medir la herramienta en el eje z	2.3
Sacar coordenada de trabajo (VERIFICACION)	4.6
Ajustar la compensación de x y z -0,3 y 0,2 respectivamente para no fallar	1.2
Compensar en x y z	0.2
Cargar programa	0.5
Cambiar y checar la herramienta	1.9
Revisar el inserto	3.2
Cambiar el inserto	1.7
Acomodar salidas para el soluble.	0.4
Ajustar en el eje x	0.4

Las acciones correspondientes a otros, ilustradas en la Tabla 4.21, se realizar en 164.6 minutos.

Tabla 4.21: Otros

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Registrar medidas	1.7
Hacer anotaciones en el registro	3.8
Marcar el motor	2.6
Llenar registro	1.3
Registrar medidas en la bitácora	1.5
Anotar en el registro	0.2
Ir a preguntar para corroborar la medida	3.7
Poner a girar el chuck para sacar el exceso de soluble y ver la secuencia del programa	3.5
Preguntar a el líder de grupo sobre la coordenada de trabajo	4.7
Comida	30
Junta con supervisor	30
Ir a tomar agua	5.3
Operador pide herramienta	0.5
Resolver problema de hojas de ruta	25
Comida	47
Llenar hoja de ruta y poner identificación	1.
8 Llenar registro de inspección	1.5
Poner el motor identificación	0.5

4.1.2. Separar actividades internas y externas para el primer proceso

Las actividades internas para el primer proceso se clasifican en:

- Quitar plantilla anterior.
- Ajustes de la plantilla.
- Subir la pieza.
- Ajustes de la pieza.
- Ajuste en la máquina (programa, compensación, medir herramienta).

Las actividades correspondientes a quitar la plantilla anterior se observa en la Tabla 4.22.

Tabla 4.22: Quitar plantilla anterior

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Quitar plantilla anterior	15.0

Las actividades de ajuste de la plantilla se ilustran en la Tabla 4.23 y la Tabla 4.24, llevándose a cabo en un tiempo de 154.7 minutos.

La Figura 4.2 muestra la plantilla ajustada al chuck de la máquina.

Tabla 4.23: Ajuste de plantilla

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Sacar rebaba	2.0
Ir por thinner	15.0
Limpiar la base de la máquina con thinner	1.3
Pasar la piedra de esmeril por la bancada de la máquina	1.6
Limpiar la base de la máquina con thinner	3.0
Levantar la plantilla	0.6
Sopletear la plantilla	1.6
Pasar la piedra de esmeril por la base de la plantilla	3.4
Limpiar la plantilla con thinner	2.3
Subir la plantilla a la máquina	1.4
Ir por el maso de Goma	1.3
Pegar con el maso de goma para que entre la plantilla en el Chuck	2.7
Colocar tornillos y sujetadores tipo "T" para la sujeción de la plantilla	2.8
Ir por indicador de pestaña	5.8
Centrar plantilla	8.0
Ir por martillo de goma	4.3
Continuar con el centrado de la plantilla	4.1
Ir por llave de impacto (Neumática)	1.0
Primer apriete de tornillos y sujetadores tipo "T"	1.0
Revisar el centrado de la plantilla	0.9
Segundo apriete de tornillos y sujetadores tipo "T"	0.6
Revisar el centrado de la plantilla	0.6
Mover de posición el indicador de pestaña	0.5
Revisar la planidad y centrado de la plantilla	3.7
Comida	30.0
Junta con supervisor	30.0
Limpiar casquillo para primer lado	0.8

Tabla 4.24: Ajuste de plantilla (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Montar casquillo a la plantilla	1.4
Entregar martillo de goma	1.1
Esperar a que desocupen la grúa	11.5
Levantar tubo	1.7
Sopletear tubo	0.3
Limpiar tubo con thinner	0.7
Sopletear tubo	0.3
Limpiar tubo con thinner	0.3
Montar tubo a la plantilla	0.9
Quitar armellas	0.3
Colocar tornillos para sujetar tubo a la plantilla	0.8
Apretar tornillos para sujetar el tubo a la plantilla	1.0
Colocación de tope para primer proceso	3.4
Apriete del tope	0.5
Acercar pisadores a la máquina	0.2
Buscar espárragos para topes	0.5

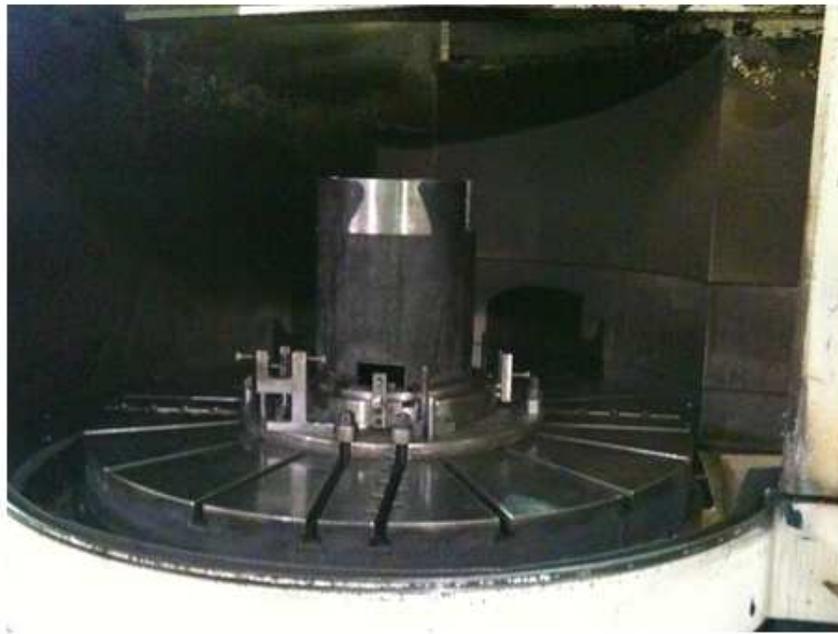


Figura 4.2: Ajuste de la plantilla al chuck del torno vertical

Las actividades referentes a subir la pieza se observan en la Tabla 4.25, realizándose en un tiempo de 12 minutos.

La Figura 4.3 muestra al operador montando el motor en la plantilla, esta actividad se hace con gran precisión ya que se puede dañar el material de trabajo así como la plantilla de montaje.

Tabla 4.25: Subir la pieza

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Subir motor a la plantilla	4.8
Acomodar motor	7.2



Figura 4.3: Subir la pieza

Las acciones correspondientes a ajustes de la pieza, ilustradas en la Tabla 4.26, se realizar en 45.6 minutos.

Como se muestra en la Figura 4.4, el operador se encuentra apretando los pisadores de centro.

Tabla 4.26: Ajustes de la pieza

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Apriete de los topes centradores	1.3
Ir por el indicador de caratula	2.0
Sopletear barrenos de la plantilla	1.5
Colocar pisadores	6.7
Primer centrado del motor	20.1
Colocar pisador del centro	1.2
Ir por llave para pisador del centro	1.2
Apriete del pisador del centro	0.3
Primer Apriete de pisadores	1.0
Segundo Apriete de pisadores con torquimetro	1.7
Apriete de tope tipo "Y"	0.7
Ir por micrómetro	1.0
Mover el carnero a una posición más cerca	0.3
Ajustar parámetros en la pantalla de la máquina	1.4
Acercar la herramienta a la cara del motor para sacar el cero de trabajo	1.8
Registrar medidas en la bitácora	1.5
Tomar coordenada de trabajo en x	0.8
Ajuste de coordenadas en la máquina	1.2



Figura 4.4: Ajustes de la pieza

Las actividades para ajuste en la máquina se observan en la Tabla 4.27 y la Tabla 4.28, llevándose a cabo en un tiempo de 63.1 minutos.

En la Figura 4.5 se muestra al operador obteniendo su coordenada de trabajo para poder iniciar con el proceso de maquinado.



Figura 4.5: Ajuste en la máquina

Tabla 4.27: Ajuste en la máquina

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Sopletear motor	0.7
Ajustar parámetros en la pantalla de la máquina	2.3
Ir por vernier	1.8
Medir el espesor de la base para sacar la coordenada en z	2.0
Ir a preguntar para corroborar la medida	3.7
Ajustar cero de trabajo	2.4
Ir por herramienta de acabado al tv-07	10.0
Colocar la herramienta en el carnero	2.0
Medir la herramienta en el eje z	2.3
Medir el espesor del motor para revisar el sobrematerial	0.5
Sacar coordenada de trabajo (VERIFICACION)	4.6

Tabla 4.28: Ajuste en la máquina (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Medir el centro del motor donde va el cartucho para medir la herramienta en x	6.4
Ajustar la compensación de x y z -0,3 y 0,2 respectivamente para no fallar	1.2
Medir el centro del motor donde va el cartucho para medir la herramienta en x	4.7
Medir el centro del motor donde va el cartucho para comenzar	2.0
Medir el espesor de la base del motor para compensar en z	0.9
Compensar en x y z	0.2
Medir el centro y espesor del motor	3.6
Registrar medidas	1.7
Tomar espesor de la base del motor	0.3
Hacer anotaciones en el registro	3.8
Ir por turbina	4.3
Rebabear	1.8

Las actividades externas para el primer proceso se clasifican en:

- Máquina

Las acciones correspondientes a Máquina, ilustradas en la Tabla 4.29 y la Tabla 4.30, se realizan en 106.1 minutos.

Tabla 4.29: Máquina

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (1)	10.0
Registrar medidas y ajuste de la altura z	0.8
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (2)	3.9
Ajuste del premaquinado en la cara superior	1.2
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (3)	4.4
Ajuste del premaquinado en la cara superior	0.9

Tabla 4.30: máquina (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (4)	2.7
Ajuste del premaquinado en la car superior	0.8
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (5)	4.0
Ajuste del premaquinado en la cara superior	1.0
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (6)	4.4
Ajuste del premaquinado en la car superior	0.7
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (7)	4.5
Ajuste del premaquinado en la cara superior	1.0
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (8)	4.9
Ajuste del premaquinado en la cara superior	1.0
Premaquinado en la cara superior para sacar el cero en z (9)	4.4
Poner a girar el chuck para sacar el exceso de soluble y ver la secuencia del programa	3.5
Inicio de programa de desbaste paso por paso	1.3
Paro de programa	0.2
Verificar la posición	0.5
Inicio de programa	1.3
Paro del programa por alarma de la máquina	0.2
Preguntar a el líder de grupo sobre la coordenada de trabajo	4.7
Ajuste de la coordenada de trabajo	1.9
Inicio del programa definitivo(desbaste de primer lado) las primeras 10 líneas se checaron paso por paso	17.5
Inicio de programa de acabado paso por paso para revisar si la coordenada de trabajo	4.3
Paro del programa	0.2
Inicio de programa de acabado	9.3
Inicio del programa de acabado del primer lado	9.2
Sacar rebaba	2.2

La Figura 4.6 muestra una gráfica que indica el tiempo total de las actividades que realiza el operador para el primer proceso. Se observa que el consumo mayor se encuentra en los ajustes de la plantilla con un total de 154 min. Es decir, equivale a un 39% para el primer proceso mostrado en la Figura 4.7.

El menor consumo de tiempo de las actividades mencionadas se encuentra en subir la pieza con solo 12 min. Y equivale a un 3% del tiempo total para el primer proceso.

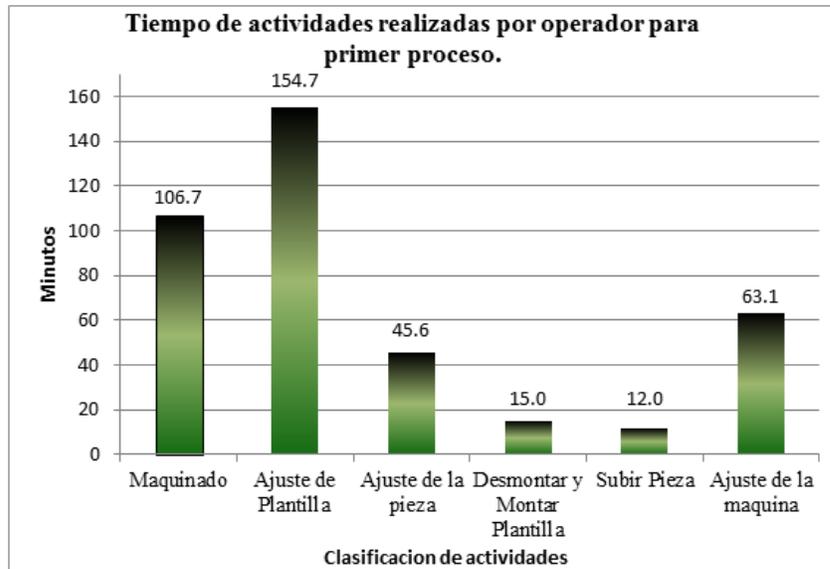


Figura 4.6: Tiempo de actividades realizadas por operador para primer proceso

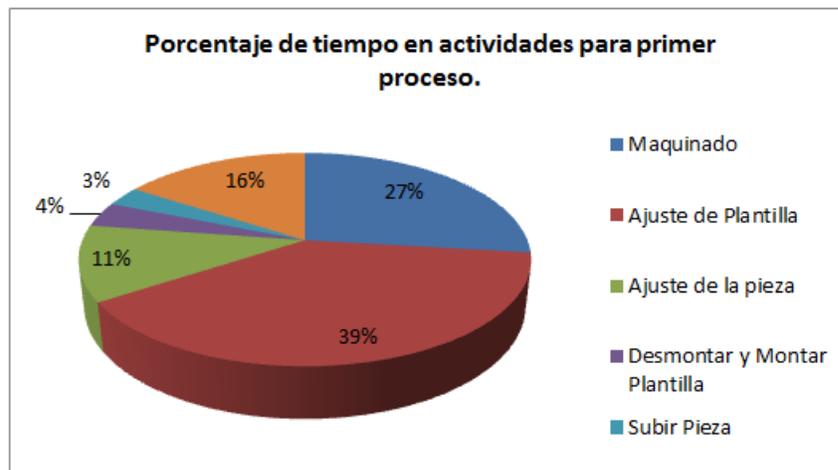


Figura 4.7: Porcentaje de tiempo en actividades para primer proceso

La Figura 4.8 muestra el tiempo total del primer proceso para las actividades internas y externas, 290.4 min. Lo que representa un 73% para las actividades internas, y un tiempo de 106.7 min. Que representa un 27% para las externas, (Figura 4.9).

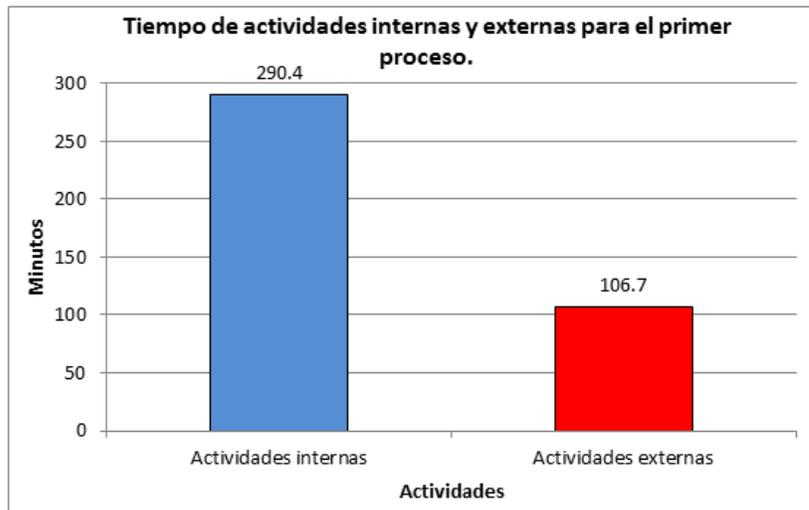


Figura 4.8: Tiempo de actividades internas y externas para el primer proceso

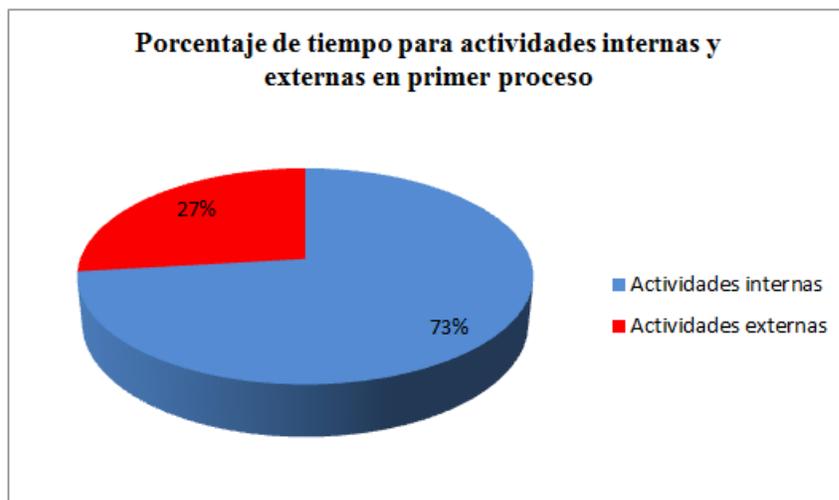


Figura 4.9: Porcentaje de tiempo para actividades internas y externas para el primer proceso

4.1.3. Convertir actividades internas a externas para el primer proceso de maquinado

Esta etapa se enfoca a convertir las actividades internas a actividades externas para el primer proceso, lo que significa que se transformarán aquellas actividades que se pueden realizar mientras el proceso de maquinado este ejecutándose en el torno vertical.

Primeramente, se tienen las actividades correspondientes a quitar plantilla, mostrada en la Tabla 4.22, la cual no se puede convertir en externa debido a que es necesario tener la máquina o mejor dicho el torno vertical apagado, ya que es muy peligroso hacerlo mientras la máquina este en movimiento.

Para las actividades incluidas en ajustes de plantilla mostradas en las Tablas 4.23 y 4.24, se cambian a externas y se visualizan en la Tabla 4.31. Estas actividades ahora convertidas a externas agregan un tiempo de 75.6 min.

Tabla 4.31: Actividades externas de ajustes de plantilla

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Ir por thinner	15.0
Limpiar la plantilla con thinner	2.3
Ir por el maso de Goma	1.3
Ir por indicador de pestaña	5.8
Ir por martillo de goma	4.3
Ir por llave de impacto(Neumática)	1.0
Junta con supervisor	30.0
Entregar martillo de goma	1.1
Esperar a que desocupen la grúa	11.5
Levantar tubo	1.7
Sopletear tubo	0.3
Limpiar tubo con thinner	0.7
Sopletear tubo	0.3
Limpiar tubo con thinner	0.3

Las actividades relacionadas a subir la pieza mostrada en la Tabla 4.25, no se puede convertir en externas debido a que es necesario tener la máquina apagada, ya que el torno

vertical gira a grandes revoluciones y cualquier movimiento a esa velocidad es muy peligroso.

Para las actividades incluidas en ajustes de la pieza mostradas en la Tabla 4.26, se cambian a externas las mostradas en la Tabla 4.32.

Estas acciones agregan un tiempo de 9.1 min.

Tabla 4.32: Actividades externas de ajustes de la pieza

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Ir por el indicador de caratula	2.0
Ir por llave para pisador del centro	1.2
Ir por micrómetro	1.0
Ajustar parámetros en la pantalla de la máquina	1.4
Registrar medidas en la bitácora	1.5
Tomar coordenada de trabajo en x	0.8
Ajuste de coordenadas en la máquina	1.2

Para las actividades incluidas en ajustes de la máquina mostradas en las Tablas 4.27 y 4.28, se cambian a actividades externas las mostradas en la Tabla 4.33. Agregando 27.6 min.

Tabla 4.33: Actividades externas de ajustes de la máquina

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Ajustar parámetros en la pantalla de la máquina	2.3
Ir por vernier	1.8
Ir a preguntar para corroborar la medida	3.7
Ir por herramienta de acabado al tv-07	10.0
Registrar medidas	1.7
Hacer anotaciones en el registro	3.8
Ir por turbina	4.3

La Figura 4.10 muestra que las actividades internas del primer proceso para la Etapa 2 de la técnica de **SMED** (separar actividades internas y externas) sumaban un tiempo total de 290.4 min. Ahora que se han transformado algunas actividades internas a externas (Etapa 3 de **SMED**) se reduce el tiempo de éstas a 178.1 minutos.

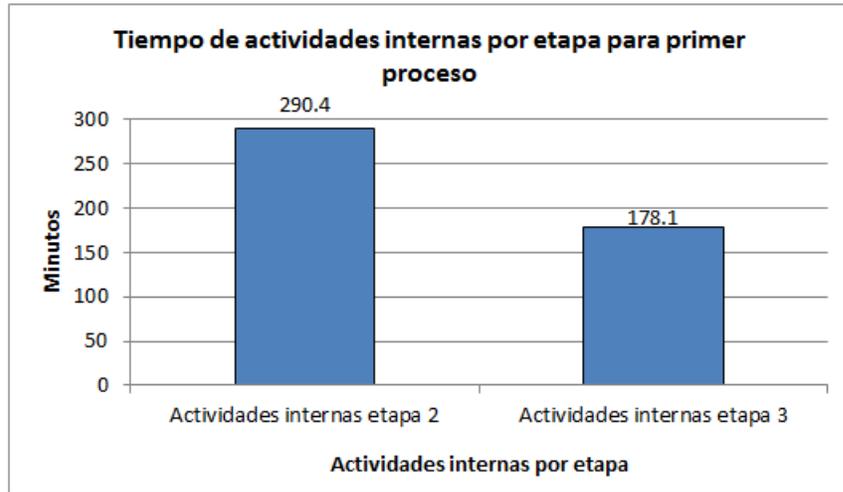


Figura 4.10: Tiempo de actividades internas por etapa para primer proceso

La Figura 4.11 muestra que las actividades externas del primero proceso para la Etapa 2 de la técnica **SMED** que suman un tiempo total de 106.7 min. Ahora que se han transformado algunas actividades internas a externas, se aumenta el tiempo a 219 minutos.

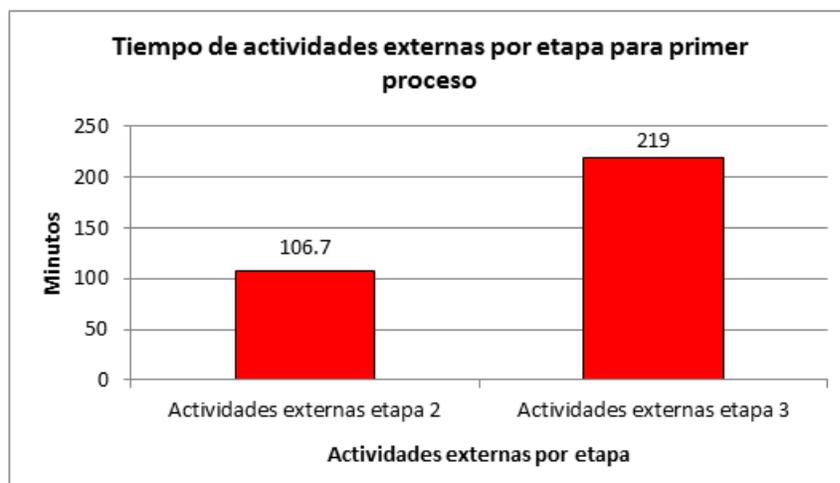


Figura 4.11: Tiempo de actividades externas por etapa para primer proceso

4.1.4. Perfeccionar tareas para el primer proceso de maquinado

Una vez que se han convertido aquellas operaciones internas (que se pueden realizar con la máquina en funcionamiento) a externas, aún se puede recortar más tiempo perfeccionando las tareas, es decir, eliminando las tareas que no estén relacionadas al primer proceso de maquinado.

Perfeccionar tareas internas para el primer proceso de maquinado

Para las actividades relacionadas a quitar plantilla anterior, mostradas en la Tabla 4.22, ninguna se puede eliminar, debido a que en un torno vertical se maquinan diferentes tipos de motor, es decir, existen diferentes plantillas y por lo tanto se tienen que quitar y poner cuando sea necesario, según el proyecto que este latente en la empresa.

De igual manera, para las operaciones internas relacionadas a ajuste de plantilla y subir la pieza no se puede eliminar ninguna, porque son operaciones muy importantes para el proceso y no se pueden omitir por seguridad de la persona como del material en transcurso.

Las operaciones internas relacionadas a ajustes de la pieza y ajuste en la máquina (programa, compensación y medir herramienta), no se pueden eliminar, ya que una parte importante de un proceso de maquinado es ajustar la pieza a la plantilla, al no existir una buena sujeción pieza-plantilla pueden ocurrir accidentes, así como un posible daño en la máquina y las herramientas de remoción de material. En caso de que haya un mal ajuste en la máquina se pueden presentar pérdidas de material a causa una mala compensación en el programa o mandar llamar la herramienta equivocada.

La Figura 4.12 muestra que las actividades internas del primero proceso para la Etapa 3 de la técnica **SMED** sumaban un tiempo total de 178.1 min. Al perfeccionarlas (Etapa 4 de **SMED**) su tiempo de ejecución se conserva. Es decir, no se eliminan actividades pues son importantes para el proceso.

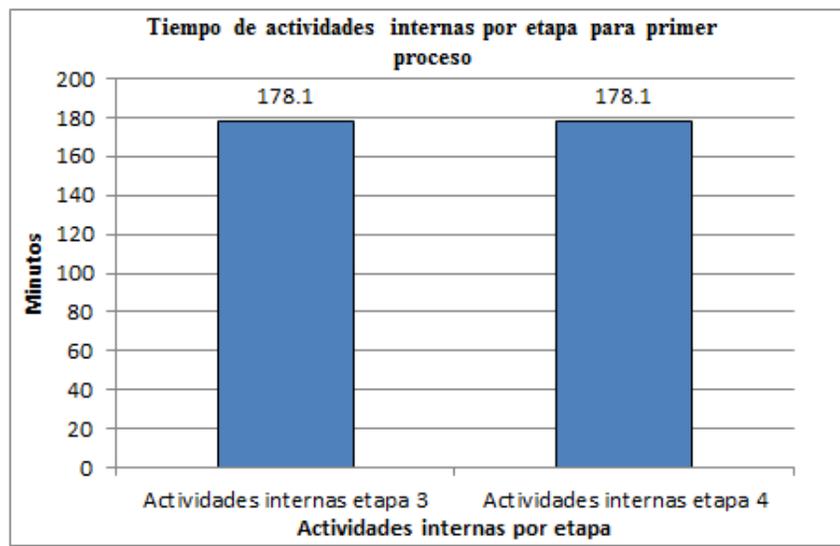


Figura 4.12: Tiempo de actividades internas por etapa para primer proceso

Perfeccionar tareas externas para el primer proceso de maquinado

Las actividades externas relacionadas a ajustes de plantilla que se eliminan para el primer proceso son mostradas en la Tabla 4.34. La suma de estas actividades da un tiempo total de 67.7 min.

Tabla 4.34: Actividades eliminadas de ajustes de la plantilla

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Ir por thinner	15.0
Ir por indicador de pestaña	5.8
Ir por martillo de goma	4.3
Junta con supervisor	30.0
Entregar martillo de goma	1.1
Esperar a que desocupen la grúa	11.5

Para las actividades externas relacionadas a ajustes de la pieza mostradas en la Tabla 4.26, ninguna es eliminada, puesto que todas las acciones que realiza el operador intervienen

en el proceso sin consumir un tiempo excesivo.

Las actividades externas relacionadas a ajuste de la máquina que se eliminan para el primer proceso se ilustran en la Tabla 4.35.

La suma de estas actividades da un tiempo total de 18 min.

Tabla 4.35: Actividades eliminadas de ajustes de la máquina

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Ir a preguntar para corroborar la medida	3.7
Ir por herramienta de acabado al tv-07	10.0
Ir por turbina	4.3

La Figura 4.13 muestra que las actividades externas del primero proceso para la Etapa 3 de la técnica **SMED**, sumando un tiempo total de 219 min. Ahora que se han perfeccionado las actividades externas se disminuye el tiempo a 133.3 minutos.

Este resultado se obtiene del tiempo total de las actividades externas menos la suma de las actividades de la Etapa 4, $(219 - (67.7 + 18)) = 133.3$ min.

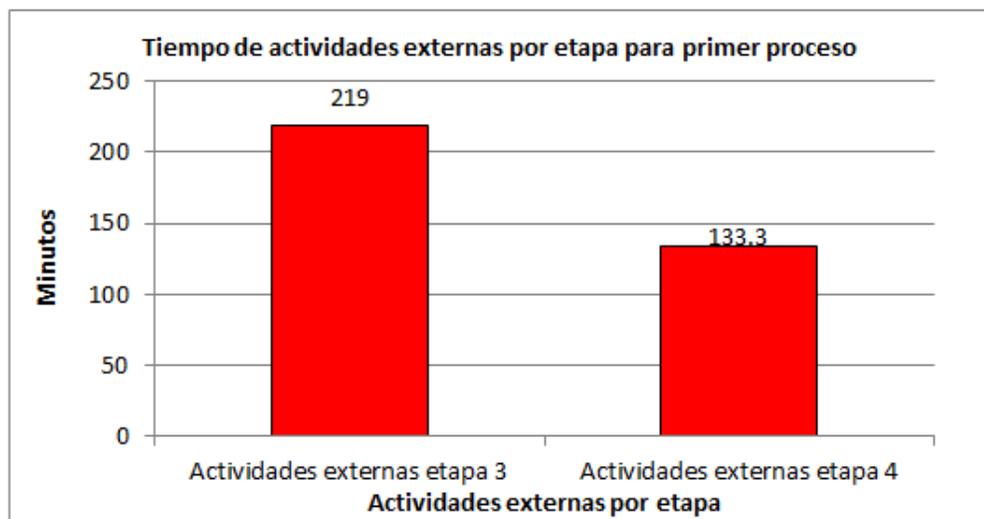


Figura 4.13: Tiempo de actividades externas por etapa para primer proceso

4.1.5. Separar actividades internas y externas para el segundo proceso

Las actividades internas para el segundo proceso se clasifican en:

- Preparación de plantilla para segundo lado
- Ajustes de plantilla
- Subir la pieza
- Ajustes de la pieza
- Actividades posmaquinado.

Las actividades correspondientes a preparación de plantilla para segundo lado se observan en la Tabla 4.36 y la Tabla 4.37, se realizan en 106.7 minutos.

Tabla 4.36: Preparación de la plantilla para segundo lado

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Aflojar pisadores del centro	0.2
Quitar pisador del centro	0.6
Aflojar pernos centradores	1.8
Aflojar tope tipo "Y"	0.2
Aflojar pisadores de alrededor	2.3
Ir por grúa y esperar a que desocupen la grúa	1.7
Bajar motor de la máquina	3.0
Sacar rebaba con espátula	3.3
Sopletear plantilla 2	2.2
Quitar pisadores de alrededor	3.7
Ir por martillo para marcar el motor	4.7
Marcar el motor	2.6
Entregar martillo	1.2
Quitar tope tipo "Y"	2.2
Aflojar tornillos del primer lado	1.3

Tabla 4.37: Preparación de la plantilla para segundo lado (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Ir por grúa y esperar a que desocupen la grúa	6.8
Retirar tubo del primer lado	1.2
Aflojar casquillo del primer lado	3.2
Bajar casquillo del primer lado	4.5
Sopletear casquillo de primer lado	0.6
Limpiar plantilla para el segundo lado	4.5
Asentar la plantilla con la piedra de esmeril	4.0
Asentar el casquillo para segundo lado con la piedra de esmeril	5.8
Limpiar casquillo para segundo lado con thinner	3.0
Ir por indicador de caratula	12.7
Limpiar portaherramientas para poner indicador de caratula	0.5
Subir casquillo para segundo lado	7.9
Limpiar casquillo para segundo lado con thinner	1.2
Apretar tornillos del casquillo para segundo lado	2.0
Colocar topes para segundo lado	7.6
Ir por llave allen de 14	0.5
Apretar topes para segundo lado	5.0
Colocar base para pisadores	0.8
Poner pisador del centro	4.0

Las actividades para ajuste de plantilla se mencionan en la Tabla 4.38, con un tiempo estimado de 13.7 minutos.

Tabla 4.38: Ajuste de plantilla del segundo proceso

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Revisar planidad del casquillo con la plantilla	8.7
Revisar centrado de la plantilla	5.0

Las acciones correspondientes a Subir la pieza, ilustradas en la Tabla 4.39, se realizan en 9.7 minutos. La Figura 4.14 muestra al operador girando el motor para empezar con el segundo proceso, se observa que el primer proceso ya está terminado por la cara maquinada del lado C.

Tabla 4.39: Subir la pieza en el segundo proceso

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Levantar motor y asentar base del motor para segundo lado	0.5
Voltear motor	3.2
Limpiar motor antes de subirlo a la máquina	0.3
Subir motor a la máquina	3.7
Revisar que el motor sentó bien	0.8
Llegar lo pernos centradores	1.3



Figura 4.14: Subir la pieza para segundo proceso

Las actividades relacionadas a ajuste de la pieza se mencionan en la Tabla 4.40, se realizan en un tiempo de 25.5 minutos.

La Figura 4.15 muestra un indicador de caratula verificando el centrado de la pieza en la plantilla.

Tabla 4.40: Ajuste la pieza en el segundo proceso

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Primer centrado del motor para el segundo lado	15.6
Apriete de los pisadores del centro	1.0
Verificar el centrado del motor	1.9
Cambiar y checar la herramienta	1.9
Ir por la llave para el inserto	1.5
Revisar el inserto	3.2
Cargar programa	0.5



Figura 4.15: Ajustes de la pieza para segundo proceso

Las acciones correspondientes a Actividades postmaquinado se mencionan en la Tabla 4.41, se realizan en un tiempo de 18.1 minutos.

Tabla 4.41: Postmaquinado

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Ir por indicador de caratula	1.3
Checar altura del motor	2.6
Anotar en el registro	0.2
Ir por micrómetro	0.5
Verificar diámetros interiores y anotar en los registros que tampoco estaban hechos	2.7
Quitar pisador del centro	1.8
Quitar pisadores y sujeción de la plantilla al motor	3.0
Quitar el motor de la plantilla	2.0
Medir el espesor del fondo del motor	1.0
Ir por turbina	0.4
Rebabeear	1.1
Montar motor en tarima	1.4

Las actividades externas para el segundo proceso se clasifican en:

- Máquina

Las acciones correspondientes a Máquina, ilustradas en la Tabla 4.42 y la Tabla 4.43, se realizan en 106.1 minutos.

Tabla 4.42: Máquina del segundo proceso

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Inicio del programa de desbaste del segundo lado	43.7
Sopletear el motor	0.9
Ir por indicador de caratula y micro de interiores de 450-475	1.5
Checar altura del motor	3.0
Checar diámetros interiores	2.0

Tabla 4.43: Máquina del segundo proceso (continuación)

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Llenar registro	1.3
Sacar rebaba del centro del motor con espátula	4.1
Ir por llave para cambiar el inserto	1.8
Cambiar el inserto	1.7
Acomodar salidas para el soluble	0.4
Inicio de programa para acabado del fondo del motor segundo lado	3.5
Sopletear centro del motor	0.7
Inicio de programa acabado de diámetro y cara superior	4.0
Sopletear	0.2
Medir la altura del motor para ajustar Z	3.0
Inicio del programa	3.0
Sopletear	0.4
Revisar centrado de la plantilla	1.8
Limpiar centro del motor	1.0
Aflojar y quitar pisadores del fondo del motor	2.0
Colocar tapa del centro del motor	2.0
Acabado de diámetro interior y cara superior segundo lado	2.0
Verificar dimensiones	1.0
Ajustar en el eje x	0.5
Acabado de diámetros interiores y cara superior (FINAL)	19.7
Sacar rebaba	1.2

La Figura 4.16 muestra el segundo proceso del maquinado de motor, la herramienta de corte está realizando el diámetro interior del motor.



Figura 4.16: Segundo proceso de maquinado

La Figura 4.17 muestra una gráfica que indica el tiempo total de las actividades que realiza el operador para el segundo proceso. Se observa que los mayores consumos se encuentran en maquinado, desmontar y montar plantilla con un total de 106.1 y 106.7 min, respectivamente. Esto quiere decir que equivalen a un 38 % cada uno, del tiempo total para el segundo proceso mostrado en la Figura 4.18.

La Figura 4.19 muestra el tiempo total del segundo proceso para las actividades internas y las actividades externas, 173.7 min. Lo que representa un 62 % para las actividades internas, y un tiempo de 106.1 min que representa el 38 % para las externas. Estos porcentajes son mostrados en la Figura 4.20.

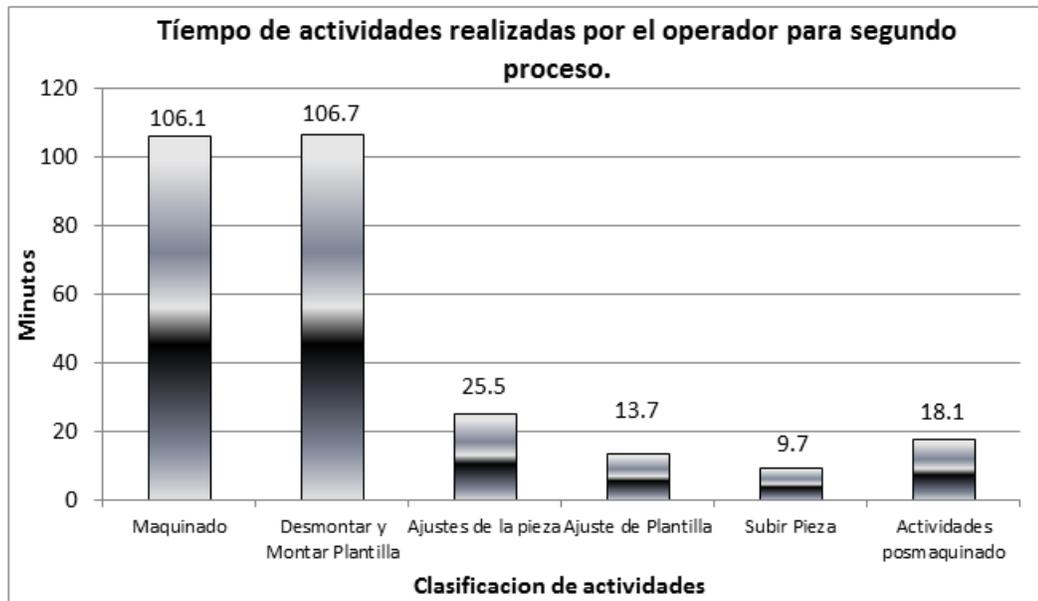


Figura 4.17: Tiempo de actividades realizadas por operador para segundo proceso

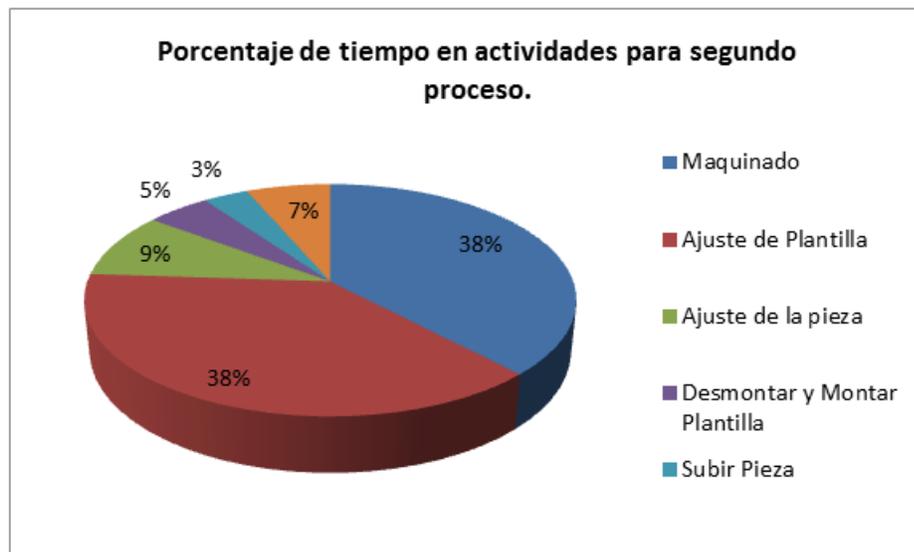


Figura 4.18: Porcentaje de tiempo consumido en actividades del segundo proceso

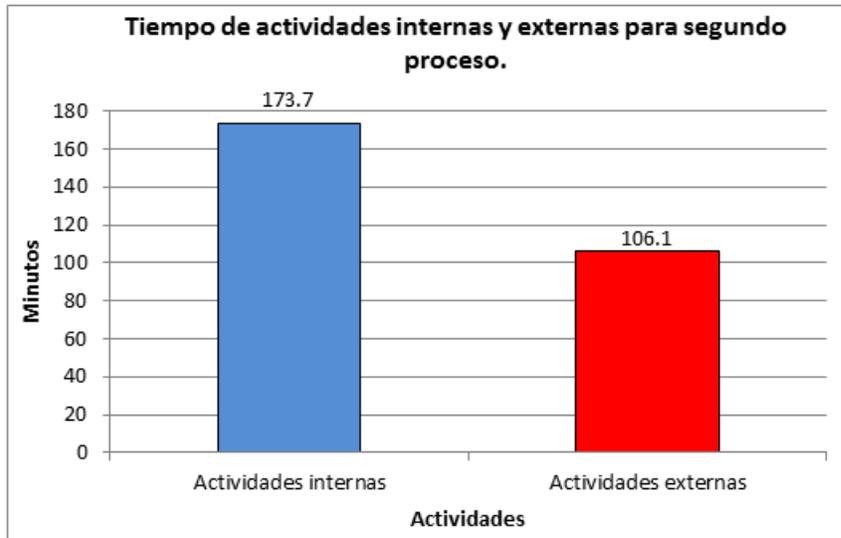


Figura 4.19: Tiempo de actividades internas y externas para segundo proceso

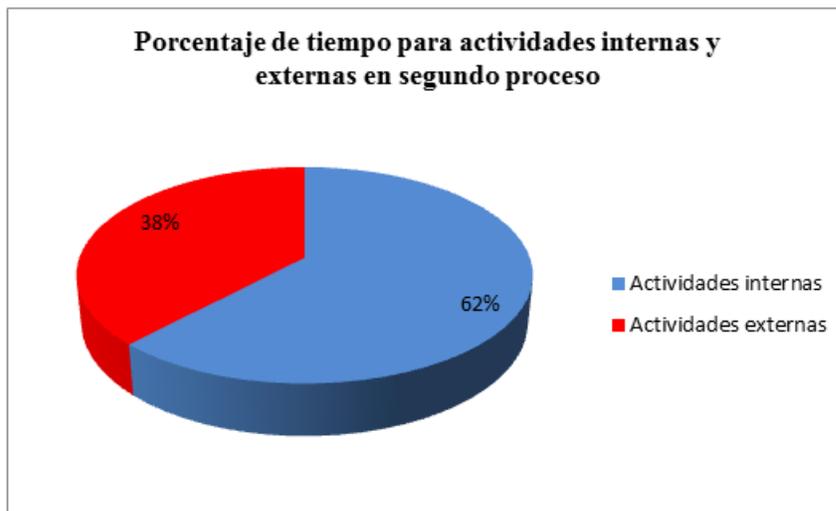


Figura 4.20: Porcentaje de tiempo para actividades internas y externas para el segundo proceso

4.1.6. Convertir actividades internas a externas para el segundo proceso de maquinado

Esta etapa se enfoca a convertir las actividades internas a externas para el segundo proceso, lo que significa que se transforman aquellas actividades que se pueden realizar mientras el proceso de maquinado este ejecutándose en el torno vertical.

Para las actividades incluidas en preparación de la plantilla para segundo lado mostradas en la Tabla 4.36 y la Tabla 4.37, se cambian a actividades externas las mostradas en la Tabla 4.44. Añadiéndose un tiempo de 36.9 min.

Tabla 4.44: Actividades externas de la preparación de la plantilla para segundo lado

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Ir por grúa y esperar a que desocupen la grúa	1.7
Sopletear plantilla 2	2.2
Ir por martillo para marcar el motor	4.7
Marcar el motor	2.6
Entregar martillo	1.2
Ir por grúa y esperar a que desocupen la grúa	6.8
Limpiar plantilla para el segundo lado	4.5
Ir por indicador de caratula	12.7
Ir por llave allen de 14	0.5

Las actividades relacionadas a ajustes de plantilla para el segundo proceso mostrada en la Tabla 4.38, no se puede convertir a externas debido a que es necesario tener la máquina apagada, ya que el torno vertical gira a grandes revoluciones y cualquier movimiento a esa velocidad es muy peligroso.

Las actividades incluidas en subir la pieza, mostradas en la Tabla 4.39, no se pueden convertir a externas puesto que es necesario tener la máquina o mejor dicho el torno vertical apagado, ya que es muy peligroso si se realizan mientras la máquina este girando.

Las acciones referentes a ajustes de la pieza mostradas en la Tabla 4.40, se cambian a actividades externas las mostradas en la tabla 4.45. Agregando 7.1 min.

Tabla 4.45: Actividades externas de ajuste de la pieza

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Cambiar y checar la herramienta	1.9
Ir por la llave para el inserto	1.5
Revisar el inserto	3.2
Cargar programa	0.5

Para las actividades de postmaquinado mostradas en la Tabla 4.41, se cambian a externas las ilustradas en la Tabla 4.46, las cuales agregan 3.8 min.

Tabla 4.46: Actividades externas de postmaquinado

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Ir por indicador de caratula	1.3
Anotar en el registro	0.2
Ir por micrómetro	0.5
Ir por turbina	0.4
Montar motor en tarima	1.4

La Figura 4.21 muestra que las actividades internas del segundo proceso para la Etapa 2 de la técnica **SMED** sumaban un tiempo total de 173.7 min. Al transformar algunas actividades internas a externas se reduce el tiempo a 125.9 minutos.

En la Figura 4.22 se visualiza que en las actividades externas del segundo proceso para la Etapa 2 de la técnica **SMED** se tenía un tiempo total de 106.1 min. Al transformarse algunas actividades internas a externas aumenta el tiempo a 153.9 minutos.

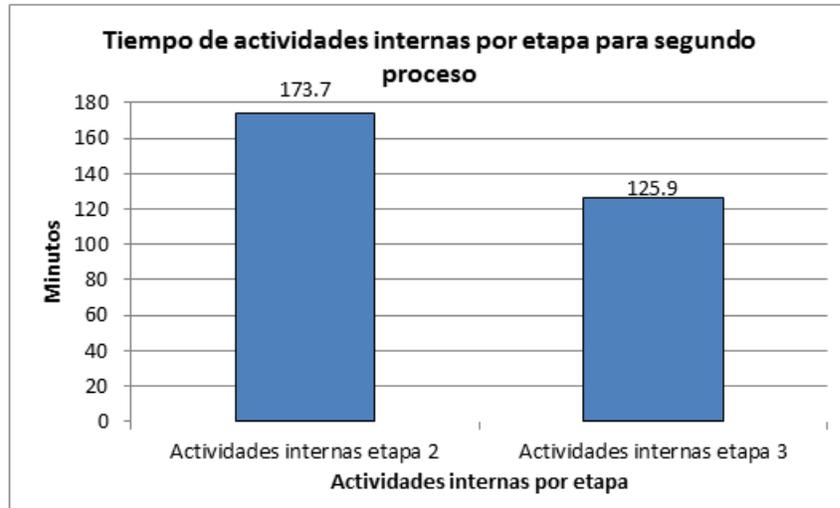


Figura 4.21: Tiempo de actividades internas por etapa para segundo proceso

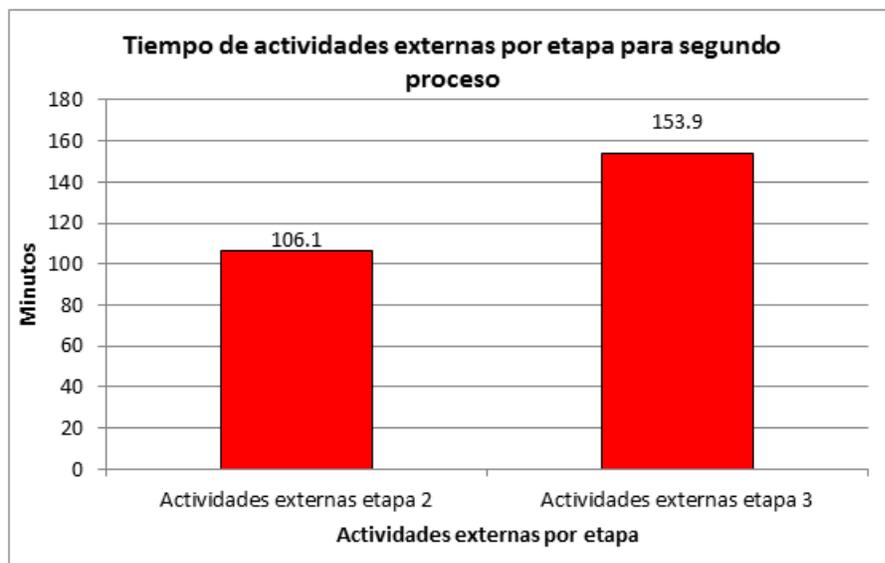


Figura 4.22: Tiempo de actividades externas por etapa para segundo proceso

4.1.7. Perfeccionar tareas para el segundo proceso de maquinado

Una vez que se han convertido las operaciones internas a externas, aún se puede recortar más el tiempo, perfeccionándolas, es decir, eliminando las tareas que no estén relacionadas al segundo proceso de maquinado o impliquen un tiempo extra al mismo.

Perfeccionar tareas internas para el segundo proceso de maquinado

Para las actividades internas relacionadas a preparación de la plantilla para segundo lado y ajustes de la misma, mostradas en la Tabla 4.38 y Tabla 4.38 respectivamente, ninguna actividad se puede eliminar, debido a que en un torno vertical se maquinan diferentes tipos de motor, es decir, existen diferentes plantillas por lo que se tienen que preparar y ajustar cuando sea necesario, según el proyecto que este latente en la empresa.

De igual manera, para las operaciones internas relacionadas a ajuste de la pieza y subir la pieza no se puede eliminar ninguna, ya que son operaciones muy importantes para el proceso y es imposible omitirlas por seguridad del operador y del material a maquinar.

Las operaciones internas relacionadas a actividades postmaquinado no se pueden eliminar, debido a que se tiene que retirar el motor de la máquina para poder realizar las operaciones finales.

La Figura 4.23 muestra que las actividades internas del segundo proceso para la Etapa 3 de la técnica **SMED** sumaban un total de 125.8 min; no fue posible eliminar ninguna actividad, por lo que al perfeccionarlas el tiempo no se modifica.

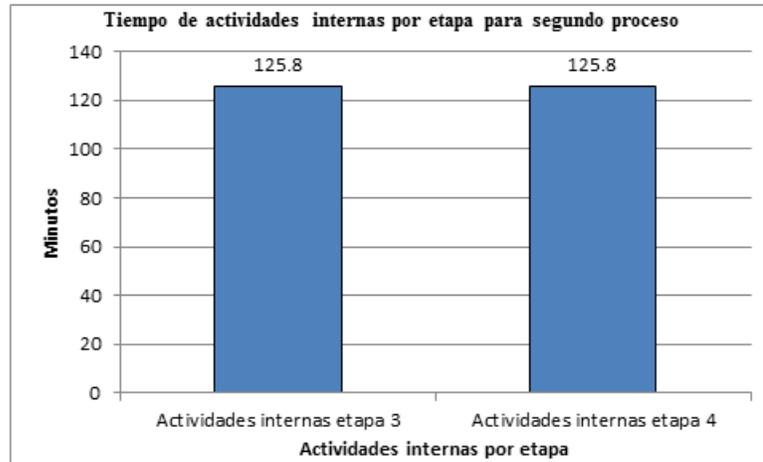


Figura 4.23: Tiempo de actividades internas por etapa para segundo proceso.

Perfeccionar tareas externas para el segundo proceso de maquinado

Las actividades externas relacionadas a preparación de plantilla (Tabla 4.36 y 4.37) para el segundo lado, que son eliminadas se muestran en la Tabla 4.47. La suma de estas actividades da un tiempo total de 25.4 min.

Tabla 4.47: Actividades eliminadas de preparación de la plantilla para segundo lado

ACTIVIDAD	TIEMPO (min).
Ir por martillo para marcar el motor	4.7
Entregar martillo	1.2
Ir por grúa y esperar a que desocupen la grúa	6.8
Ir por indicador de caratula	12.7

Para las actividades externas relacionadas a ajustes de la pieza y actividades post-maquinado, mostradas en las Tablas 4.46 y 4.45 respectivamente, ninguna actividad es eliminada, debido a que todas las acciones se realizan sin consumir un tiempo excesivo.

La Figura 4.24 ilustra que las actividades externas del segundo proceso para la Etapa 3 de la técnica **SMED** sumaban un tiempo total de 153.9 min. Al perfeccionar las actividades externas se disminuye el tiempo a 128.5 minutos. Este resultado se obtiene del tiempo total

de las actividades externas menos la suma de las actividades de la Etapa 4, $(153.9-25.4)=128.5$ min.



Figura 4.24: Tiempo de actividades externas por etapa para segundo proceso

4.2. Importancia de las “5 ´S” en la aplicación del SMED

Las actividades de *Organización, Orden, Limpieza, Estandarización y Disciplina* son esenciales y fundamentales para una correcta y óptima puesta en funcionamiento del sistema **SMED**.

El tener rápido acceso a la herramientas, el disponer de todos los equipos y lugar de trabajo en estado de limpieza, y el contar con elementos visuales que permitan el mejor ajuste, son beneficios que trae consigo la aplicación sistemática de las Cinco “5 ´S”.

4.2.1. Orden y Limpieza

Mantener limpia y ordenada la zona de almacenamiento de las herramientas y plantillas es de gran importancia. Si las herramientas están almacenadas de un modo desordenado

en una caja de herramientas, los trabajadores perderán tiempo buscando la necesaria; es la típica operación inútil que crea valor adicional. Como se muestra en las Figuras 4.25 y 4.26, existe un gran desorden en la herramienta, así como material que no se utiliza almacenado.



Figura 4.25: Almacenamiento de herramientas en desorden.



Figura 4.26: Material innecesario y desordenado.

Caso contrario a la Figura 4.25, la Figura 4.27 muestra la herramienta a utilizar por el operador de forma ordenada y organizada, esto por tamaños de matracas y de dados, apreciándose que la zona de almacenaje de la herramienta se encuentra limpia.



Figura 4.27: Almacenamiento de herramientas en orden.

Por otro lado, es necesario prever la plantilla preparada como se muestra en la Figura 4.28, es decir, contar con todos los accesorios a la mano para no agregar más tiempo de búsqueda de los elementos que utiliza la plantilla. Tener el almacenamiento de la plantilla como se ilustra en la Figura 4.29 obstaculiza prepararla a tiempo.



Figura 4.28: Plantilla previamente preparada.



Figura 4.29: Plantilla en desorden.

4.2.2. Organizar

Parte importante en un proceso es la organización, como se aprecia en la Figura 4.30 el material está desorganizado debido a que se mezclan los motores sin importar para que proyectos son asignados, provocando que haya posibilidades de que el operador se equivoque al elegir un motor para su futuro proceso.



Figura 4.30: Material desorganizado para proceso.

En lugar de tener 20 motores mezclados se opta por separarlos por proyecto. Es

decir, el operador solo tiene tres motores a su disposición para su futuro proceso (Figura 4.31). Por lo tanto, no existe el riesgo de equivocarse y dañar el producto.



Figura 4.31: Material organizado para proceso.

4.2.3. Disciplina

Mediante la disciplina se puede evitar que se rompan los procedimientos ya establecidos. Solo si se adopta la disciplina y el cumplimiento de las normas se puede disfrutar de grandes beneficios. Se opta por imprimir un poster, como el que se visualiza en la Figura 4.32, para que los operadores apliquen la Filosofía 5´S tanto en su área de trabajo como en su vida diaria.



Figura 4.32: Poster de 5´S.

Capítulo V

Conclusiones

Los tiempos invertidos en preparación y ajuste de plantilla-pieza, y cambio de herramienta son uno de los factores claves para un fabricante de clase mundial. La reducción de los tiempos de cambio de herramienta permite la reducción en el tamaño de los lotes, haciendo posible con ello la reducción de los inventarios en proceso. La reducción de los lotes hace a su vez factible reducir los tiempos de ciclo; la reducción de éste último permite dar a la empresa una respuesta más rápida a los clientes, reduciendo o eliminando la necesidad de mantener inventarios de productos terminados.

Como se observó en cada Etapa de la técnica **SMED**, hubo una repercusión directa en el tiempo total de ambos procesos (primer y segundo proceso).

En la Etapa 3 del **SMED** para el primer proceso hubo una disminución respecto a la Etapa 2 de 112.3 minutos para las actividades internas y, un aumento de las actividades externas de 112.3 minutos, es decir, el tiempo que disminuyeron las actividades internas es el mismo tiempo que aumentaron las actividades externas debido a que la Etapa 3 trata de transformar actividades internas a externas.

Lo mismo ocurre con el segundo proceso, las actividades internas en la Etapa 3 disminuyeron 47.8 minutos respecto a la etapa 2, y ese mismo tiempo fue que aumentaron las actividades externas por la transformación de actividades.

Las actividades que hicieron que el tiempo disminuyera o aumentara para ambos procesos principalmente fueron, el conseguir herramienta con otros operadores, buscar la

herramienta en sus gavetas, esperar a que desocuparan una grúa para mover el material, etc.

Por otro lado, las actividades de ajuste de pieza, ajuste y cambio de plantilla consumen demasiado tiempo para el proceso. Sin embargo, son actividades que no se pueden eliminar debido a que no se tienen plantillas universales u otros elementos de sujeción que hagan que el operador no consuma tanto tiempo en el ajuste.

Para el primer proceso, si se compara la Etapa 2 con la Etapa 4 del **SMED**, el tiempo total que se simplificó fue de 85.7 minutos, con el simple hecho de eliminar actividades como conseguir herramientas, corroborar medidas, juntas con supervisor, etc.

Haciendo lo mismo para segundo proceso, se logra disminuir 25.5 minutos del tiempo total.

El punto importante es que las operaciones de preparación de máquinas, herramientas, plantillas y accesorios son uno de los despilfarros más sustanciales en el proceso de maquinado del motor para tren subterráneo. Sólo basta analizar los resultados obtenidos de aplicar la técnica **SMED**, donde se revela que hubo una disminución del 30 % del tiempo total en el proceso de maquinado del motor anteriormente mencionado; lo que provoca grandes beneficio para la empresa. Aunado a esto, el seguimiento de la filosofía de las 5´s ayudó significativamente mantener el área de trabajo limpia y a organizar la herramienta y materiales necesarios para el proceso, evitando pérdidas de tiempo.

Bibliografía

Nivel, Benjamin. 1990. "Ingeniería Industrial y Administración". Alfa Omega, México. Tercera Edición.

Kalpajina, Serow and Sechmind, Stevern R. 2001. "Manufactura, Ingeniería y Tecnología". Pearson Educación, México. Cuarta Edición.

Shingeo, Shingo. 2003. "Manual de herramienta de clase mundial", ISS Consultores, México, Capitulo III.

Villaseñor Contreras, Alberto. 2007. "Conceptos y Reglas de Lean Manufacturing", Editorial Limusa, México.

Groover Mikell, P. 2008. "Fundamentos de Manufactura Moderna", Editorial Mc Graw Hill, México.

Hodson, William and Mayrand. 2001. "Manual del Ingeniero Industrial", Tomo II. Cuarta Edición, Editorial Mc Graw Hill, México.

www.lean-6sigma.com

www.lean.org