

1. INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A RESOLVER.

En la actualidad, el Molino Formador 3K realiza sus cambios de producción en un tiempo relativamente grande, ya que no se tiene un procedimiento escrito para realizar dichos cambios y los operadores hacen lo mejor que ellos pueden, por otra parte la necesidad de hacer más productos durante un mes consume tiempo adicional, por lo que en ocasiones se trabaja tiempo extra para compensar esas pérdidas en tiempo, realizando más costoso el producto.

1.2. OBJETIVO DE LA TESIS.

El objetivo de la presente investigación es la de desarrollar técnicas de cambios rápidos de producción que permitan mejorar el funcionamiento de un Molino Formador de tubería de acero; reduciendo al mínimo los tiempos de preparación para lograr ahorro en costos y un incremento en la flexibilidad de la línea de producción.

1.3. HIPOTESIS.

Para disminuir el tiempo del cambio de producción del Molino Formador 3K, es necesario realizar un estudio de tiempos y movimientos de todas las actividades que realizan los operadores cuando este ocurre, analizar la información que se obtenga para después reacomodar actividades y asignar responsabilidades a cada operador, revisar el método de calibración del molino con el fabricante para difundirla con los operadores, verificar que las acciones tomadas hayan sido las correctas al obtener una reducción en el tiempo de cambio de producción.

1.4. LIMITES DEL ESTUDIO.

Los límites de esta tesis son:

- Solo se aplicará a una sola línea de producción, el Molino Formador 3K.
 - El tiempo que se requiere para estandarizar este proceso es mayor de un año para poder observar un logro concreto y continuo.
 - La continuidad de este proceso es muy importante, ya que si se abandona por alguna razón, se perderá por la falta de atención.
 - Si para poder tener una disminución de tiempo en los cambios de producción, se requiere de hacer una inversión muy grande, y no es prioridad para la alta dirección, este objetivo no se logrará o requerirá de mucho más tiempo para poderlo alcanzar.
 - La rotación de personal, por tiempo extra o por ser nuevo en algún puesto, afectaría directamente a la mejora, por la curva de aprendizaje.
-

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TESIS.

El presente proyecto de tesis contempla que con la disminución en los tiempos de cambio de producción se reducirán costos al iniciar la producción más rápidamente, aumentará la flexibilidad de la línea para poder cambiar más frecuentemente de diámetro y se podrá disminuir los lotes de producción, ayudando a reducir los inventarios.

1.6. METODOLOGIA.

La metodología que se seguirá para poder lograr este objetivo será la siguiente:

1. Anotar las actividades que realizan los operadores, tomando el tiempo de cada una de ellas, desde que sale el último tubo bueno hasta el primer tubo bueno de la siguiente producción.
 2. Analizar la información recopilada, identificando las actividades previas de las actividades del momento del cambio.
 3. Definir la secuencia de las actividades, con tiempos estimados.
 4. Difundirlas con el personal de operación, explicando el objetivo.
 5. Aplicar las actividades al siguiente cambio de producción.
 6. Medir el resultado de la nueva metodología y compararlo con la anterior.
 7. Realizar las conclusiones y recomendaciones, en base a los resultados que se obtuvieron.
-

1.7. REVISION BIBLIOGRAFICA.

Para desarrollar esta tesis se contó con el apoyo del libro de "Ingeniería y administración de la productividad" de Sumanth, David J., donde el autor comenta la importancia de la productividad a nivel de un país, ya que ésta afecta a la rentabilidad de una empresa, y hace que aumente el costo del producto y con esto la inflación del país. Con esta misma idea se emprendió este trabajo, ya que la disminución del tiempo en los cambios de producción implican un aumento de productividad en el Molino Formador 3K, motiva más al personal, disminuyen costos y sobre todo, mejora la rentabilidad del negocio. Sin embargo, a diferencia del autor, esta teoría solo es aplicada a una línea de producción, la cual afecta solo a sus propios productos.

También me apoyé en el libro de "Procesos de Manufactura" de Amstead B. H., y Ostwald F. Philip, de donde investigue las técnicas del sistema SMED, las cuales se enfocan a optimizar las operaciones de ajuste en el procesamiento, aunque se puede aplicar igualmente a las operaciones de ajuste en la inspección, en el transporte y en el almacenaje. Uno de los postulados más poderosos que maneja el sistema SMED es la división de las operaciones de ajuste en internas (actividades las cuales solamente se pueden realizar cuando la máquina se encuentra detenida) y externas (aquellas actividades que se pueden y deben realizar cuando la máquina se encuentra trabajando); y aún mas SMED propone convertir algunas operaciones internas en externas, esto es tratar de realizar la mayor parte de las actividades cuando la máquina se encuentra trabajando. En el libro de "Total productive maintenance: A timely integration of production and maintenance" de Maggard Bill N. y Rhyne David M., encuentre que con el apoyo del personal operativo se puede implementar un mantenimiento productivo total, el cual nos ayuda a disminuir las demoras de la línea de producción mediante el soporte de los operadores, ya que son ellos quienes conocen mejor la maquinaria por el tiempo que trabajan con ella. Por otra parte el libro de "La ruta de Deming" de Scherkenbach William W., menciona cuatro pasos importantes para la mejora continua, que son: Planear,

hacer, verificar y actuar; de esta manera se aplicaron para poder implementar la disminución del tiempo de cambio de producción. Este autor aplica estos pasos a un sistema de calidad y nosotros a una mejora específica de productividad.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE FABRICACION DE TUBERIA.

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.

Hylsa División Aceros Tubulares es uno de los seis negocios del grupo Hylsamex. Está ubicada en San Nicolás de los Garza, Nuevo Leon, junto a su proveedor División Aceros Planos. Su capacidad instalada es de 288 mil toneladas por año.

Los productos que se fabrican en esta empresa son los siguientes:

- Tubería de acero en diámetros de 1/2 a 4 ½ pulgadas.
- Tubo negro y galvanizado.
- Tubería conduit para conducción de cables eléctricos.
- Tubería para uso petrolero de norma API.
- Perfil estructural rectangular (PER).
- Tubería mecánico estructural.

Los mercados a los que abastece el producto son los siguientes:

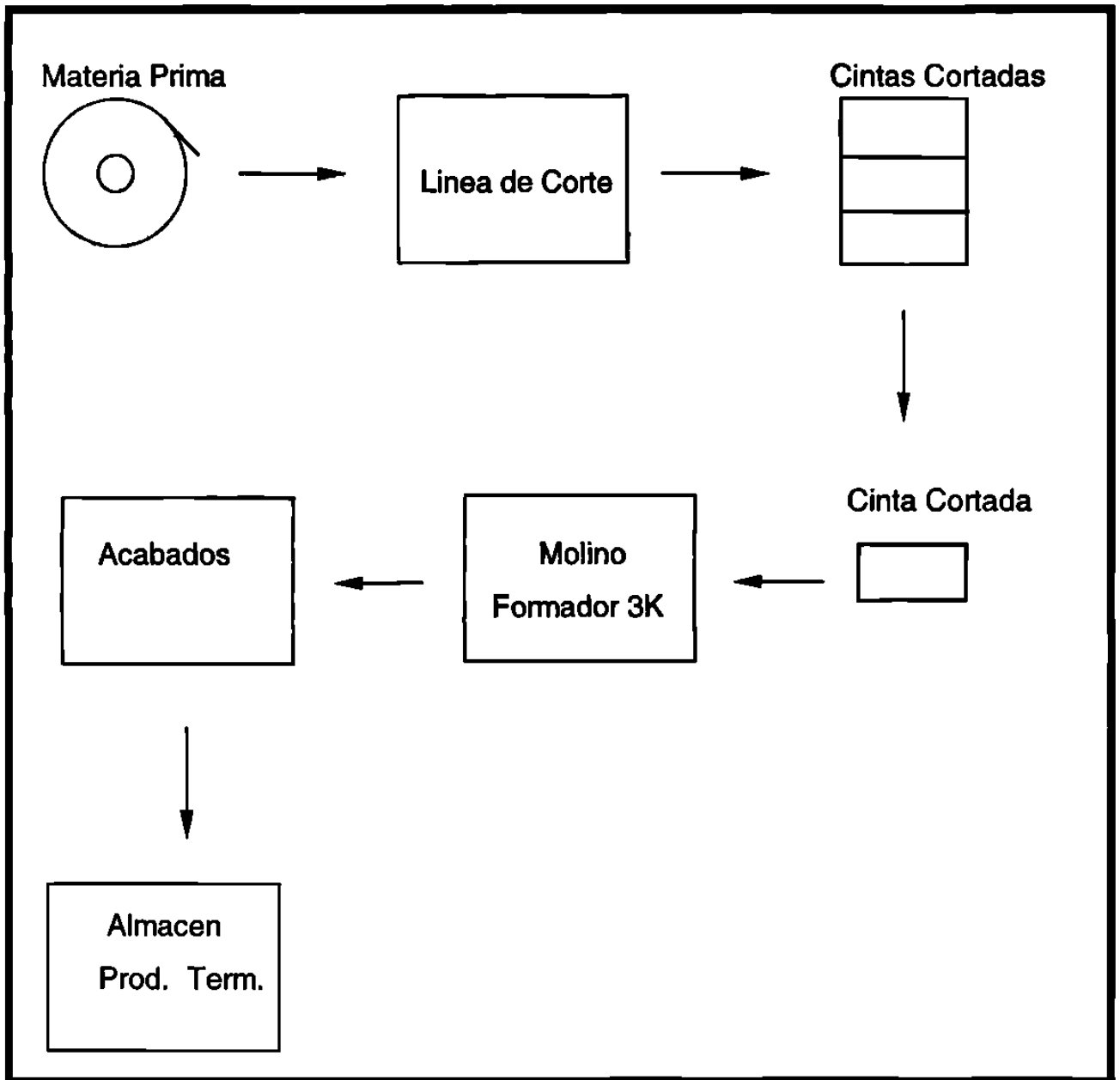
- Industria de la construcción.
 - Industria petrolera.
 - Industria de transformación
-

2.2 PROCESO PARA LA FABRICACION DE LA TUBERIA DE ACERO.

El proceso consta de las siguientes lineas productivas:

- Línea de Corte.
 - Molino Formador 3K.
 - Acabados.
 - Almacén de Producto Terminado y Embarques
-

Figura 2.1 Diagrama de flujo del proceso para la fabricación de tubo de acero:



2.2.1 Materia Prima.

El departamento de Control de Producción genera una orden de compra de rollos de lámina, hacia la División de Aceros Planos, los cuales tienen un peso de 8 a 14 toneladas aproximadamente. No todos los rollos tienen las mismas características en cuanto a composiciones químicas y espesor, por eso dependiendo de la norma, especificaciones o requerimientos del cliente, es el tipo de lámina que se va a cortar para posteriormente convertirse en tubo. El promedio mensual aproximadamente que se consume de esta materia prima es de 12,000 a 15,000 toneladas.

2.2.2 Línea de Corte.

Los rollos de lámina son cortados longitudinalmente a un cierto ancho, medida para fabricar un tubo crudo o con costura, para posteriormente enrollarse estas cintas y enviarse al Molino Formador 3K por medio de un montacargas.

2.2.3 Molino Formador 3K.

El Molino Formador 3K consta de varios equipos para poder fabricar un tubo como son:

- ◆ Desenrollador
 - ◆ Estación de Soldado Transversal
 - ◆ Acumulador
 - ◆ Sección de Preformado
 - ◆ Sección de Formado
 - ◆ Estación de Soldado Longitudinal
 - ◆ Sección de Enfriamiento
 - ◆ Sección de Calibrado
 - ◆ Prensa Alpha
-

2.2.4 Desenrollador.

Las cintas cortadas por la línea de corte se alimentan al Molino Formador 3K por medio de un montacargas. Mediante un polipasto se deposita la cinta de lámina en el madril de expansión hidráulico que es movido por un motor hidráulico, la función de esta máquina es desenrollar la cinta de lámina para alimentarla a la estación de Soldado Transversal y posteriormente al Acumulador.

2.2.5 Estación de Soldado Transversal.

Esta máquina une la cinta de lámina, mediante una soldadura de arco eléctrico, que está en el desenrollador (punta) y la que se termina de alimentar al Acumulador (cola), esta unión es para mantener el proceso constante y que las maquinas en los procesos siguientes no se detengan.

2.2.6 Acumulador de lámina.

El acumulador es una máquina en forma rectangular y vertical, con un motor y un rodillo de presión, el cual, una vez soldada la cola y punta de la lámina, almacena la lámina que se esta desenrollando para que el proceso de fabricación no se detenga mientras se realiza la soldadura transversal.

2.2.7 Sección de Preformado.

En esta sección la lámina entra a unos rodillos que empiezan a doblarla, de tal forma que cuando sale de esta sección la lámina adquiere la forma de un semicírculo.

Estos rodillos son movidos por un motor de corriente directa que ensambla por medio de un cople a un reductor de velocidad (mecanico por engranes) y a su vez este reductor con una barra cardan que va hasta las chumaceras de los rodillos.

2.2.8 Sección de Formado.

En esta sección la lámina que ya es un semicírculo entra a unos rodillos que se encargan de darle la forma circular, es decir, la lámina al salir de esta sección ya tiene la forma de un tubo pero abierto en toda su longitud. Estos rodillos son movidos por un motor de corriente directa que ensambla por medio de un cople a un reductor de velocidad y a su vez este reductor con una barra cardan hasta los castillos donde se encuentran los rodillos.

2.2.9 Estación de Soldado Longitudinal.

En esta sección, el tubo ya formado pero abierto longitudinalmente es pasado a través de una bobina la cual hace circular una corriente en las paredes del tubo, esta corriente es generada a alta frecuencia de aproximadamente 300 Khz y se concentra en la orillas de la lámina poniéndolas al rojo vivo, ya en estas condiciones pasa por unos rodillos especiales que por medio de presión se suelda o se pega una con otra formándose el tubo ya soldado.

Después el material excedente de esta soldadura se retira por medio de un buril rebabeador exterior e interior, hasta que el tubo sale ya formado, soldado longitudinalmente y rebabeado exteriormente.

2.2.10 Sección de Enfriamiento.

En esta sección el tubo entra muy caliente por el proceso anterior. El medio refrigerante es agua mezclada con aceite soluble, también contiene bactericida a un 4% para evitar cualquier tipo de cultivo bacteriano. Esta zona mide aproximadamente 3 metros de largo y le baja la temperatura al tubo formado a la del ambiente.

2.2.11 Sección de Calibrado

En esta sección el tubo entra con 0.030" arriba del diámetro exacto, por lo cual, los rodillos le dan el diámetro exacto final. También en esta zona los

3. DESCRIPCION DE LA FABRICACION DE TUBERIA A TRAVES DEL MOLINO FORMADOR ABBEY ETNA 3K

3.1 DESCRIPCION GENERAL.

- **Materia Prima.**

Son los rollos de lámina, la mayoría de las veces de la División de Aceros Planos, que se utilizan para la fabricación de tubería. Los rollos son una composición química que es específicamente por norma o por el cliente.



Foto 3.1 Materia Prima

- Línea de Corte.

Los rollos son procesados en la línea de corte, para cortarlos en cintas al ancho específico de cada producto que va a ser fabricado por los diferentes molinos.

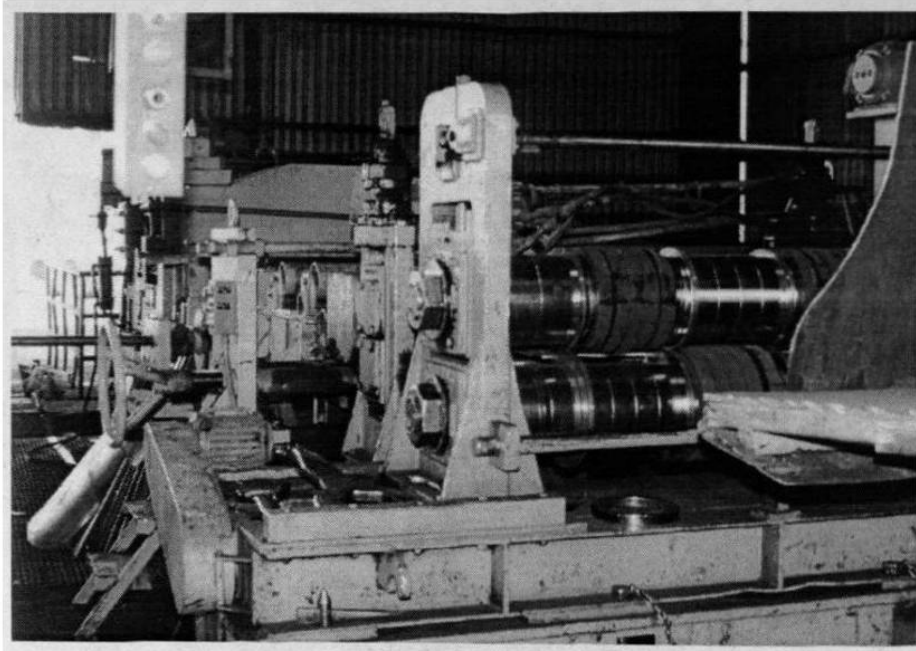


Foto 3.2 Slitter

- Soldado de Puntas y Colas.

Las cintas se colocan en un desenrollador para poder ser procesadas por el molino y se sueldan las puntas y colas de cada cinta para darle continuidad al proceso.

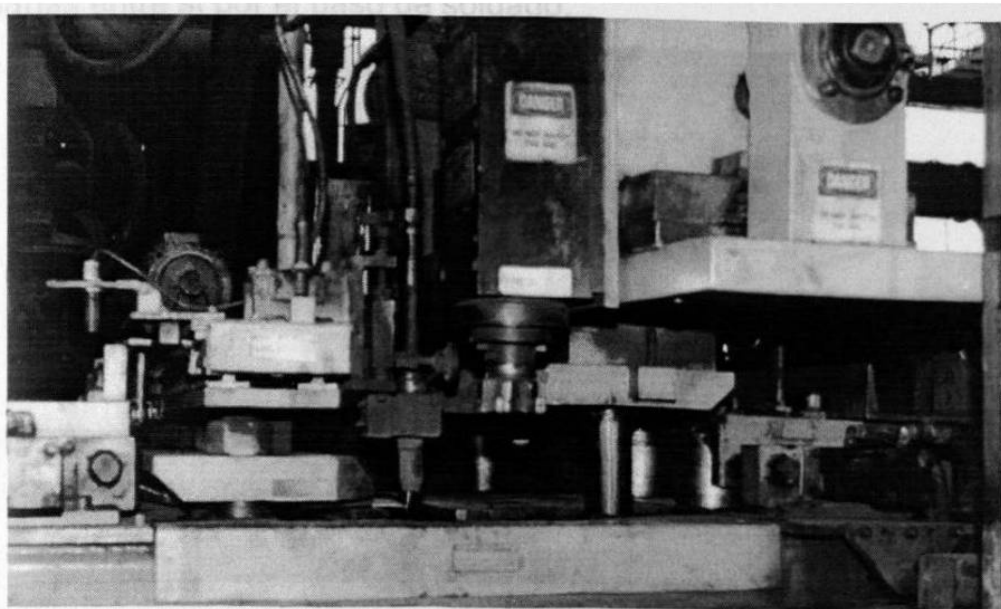


Foto 3.3 Soldadora Guild

- **Molino Formador.**

La cinta pasa a través de unas secciones de rodillos, los cuales le dan forma cercana al tubo, solo que va abierto por la parte central.

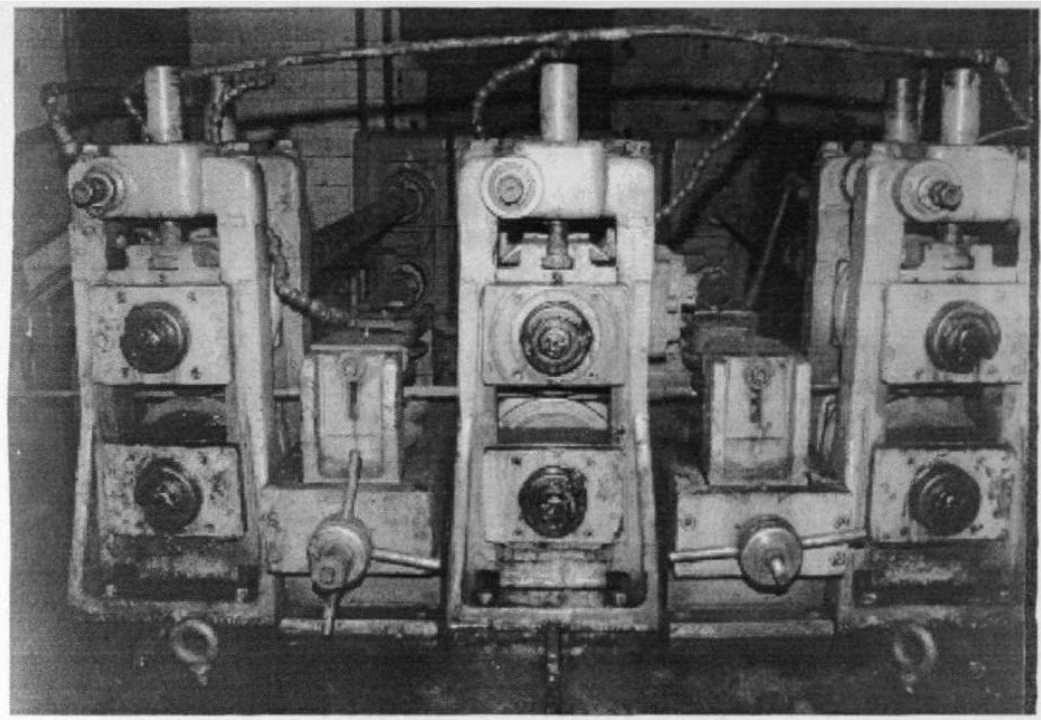


Foto 3.4 Sección Formado

- **Soldadura Longitudinal a alta frecuencia.**

El tubo abierto es pasado a través de una bobina de cobre, la cual le introduce corrientes de alta frecuencia para poner al rojo vivo las orillas de la lámina para presionarlas entre si por el paso de soldado.

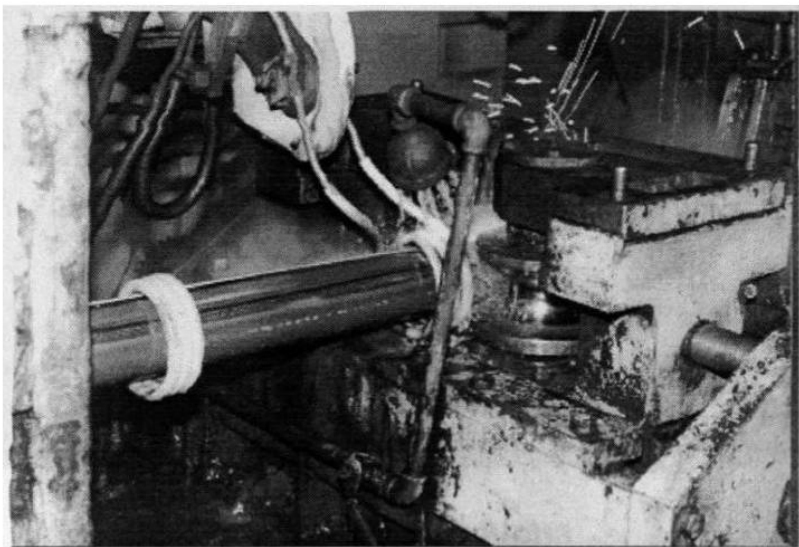


Foto 3.5 Paso de Soldado

- Prueba no destructiva.

El equipo de corrientes de Eddy inspecciona continuamente la soldadura longitudinal e indica cuando existe algún defecto en ella.

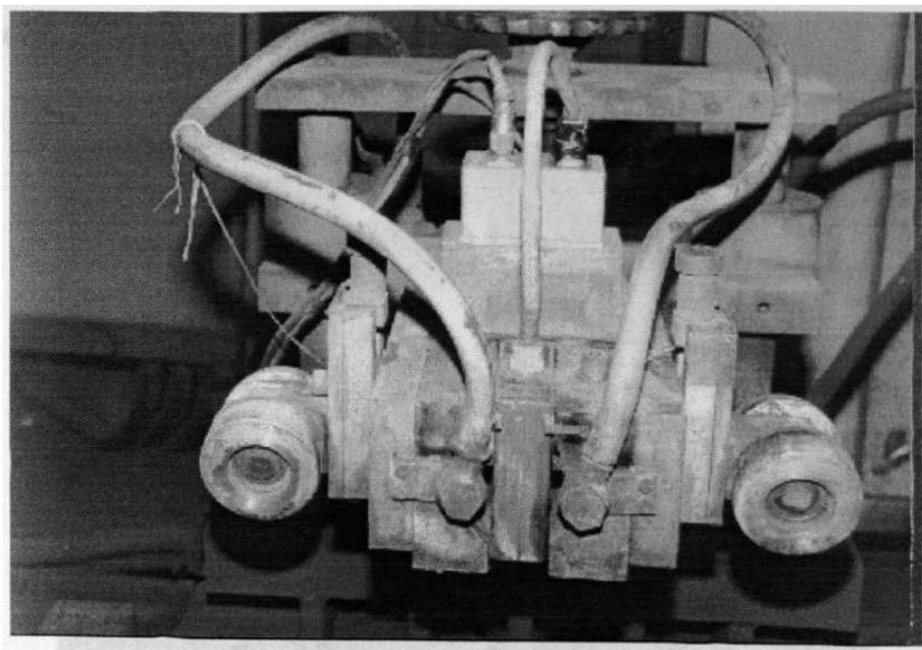


Foto 3.6 Corrientes Eddy

- Corte a Longitud.

El tubo es cortado a la longitud requerida mediante la prensa Alpha.

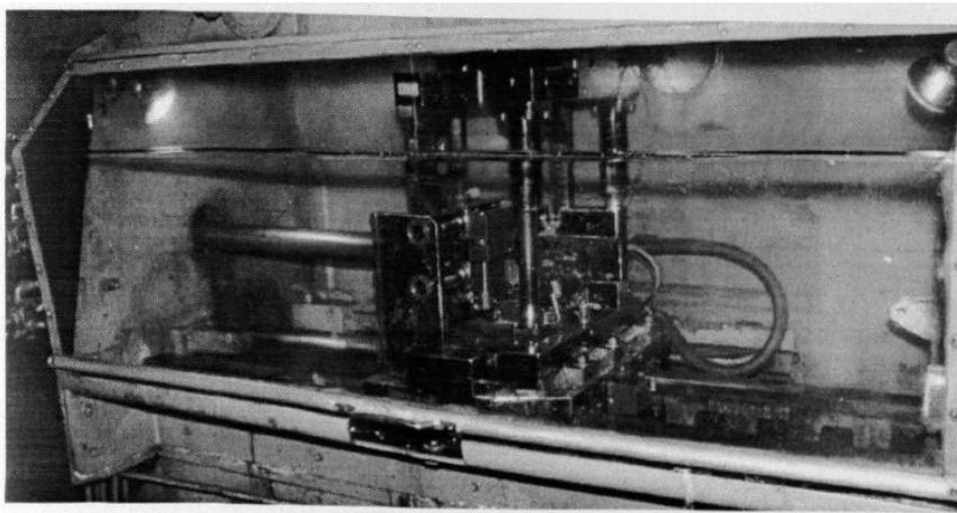


Foto 3.7 Prensa Alpha

- **Biselado.**

A las bocas del tubo se les hace un corte exterior a 65° cuando va a ser roscado ó de 35° cuando va ha ser soldado. Al mismo tiempo se le hace un desbaste perpendicular sobre la cara de la boca del tubo.

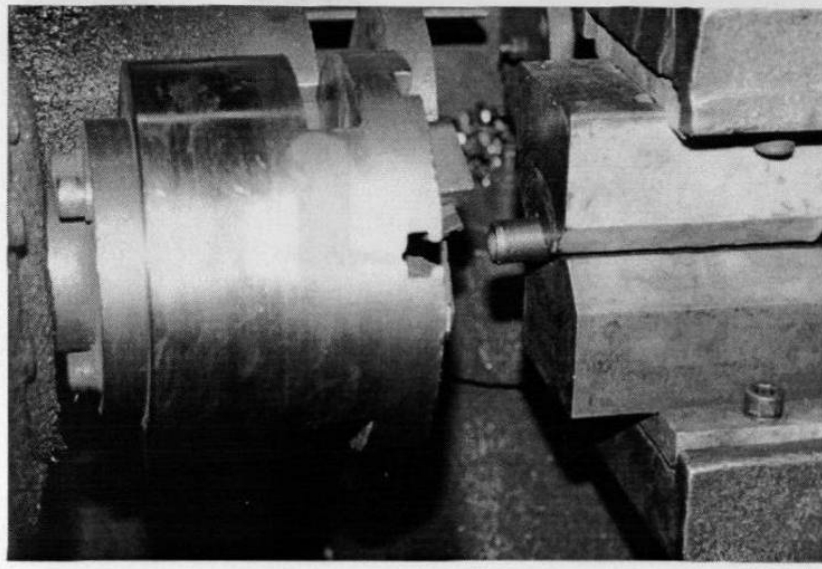


Foto 3.8 Biseladora

- **Prueba Hidrostática.**

Los tubos son sometidos a una presión después del biselado, promedio de 100 kg/cm² durante 5 segundos, en caso de que alguno tenga un problema en la soldadura, esta se escapa el soluble a través de la falla.



Foto 3.9 Probadora

- **Barnizado.**

Después de que el tubo paso la prueba hidrostática, es sumergido en agua con ácido clorhídrico (15%) de 15 a 30 minutos para quitarle el oxido interior y exterior.

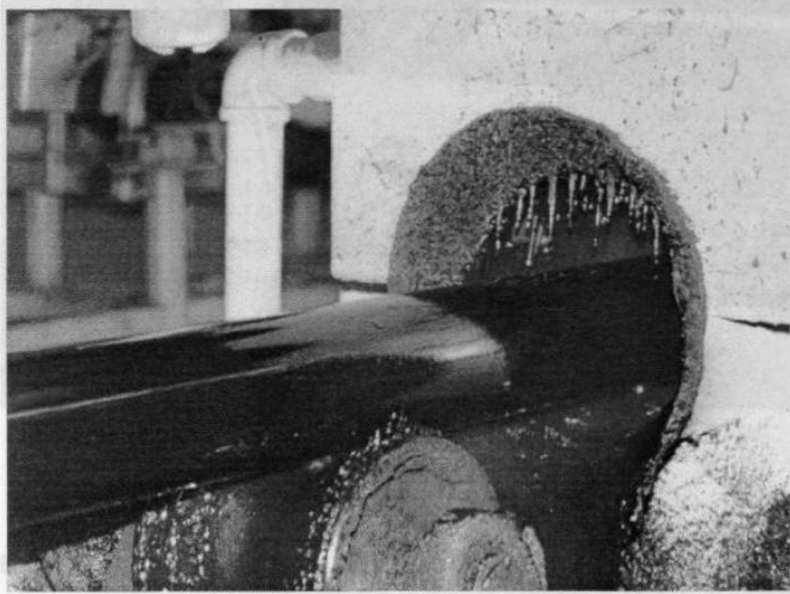


Foto 3.10 Barnizadora

- **Galvanizado.**

Una vez decapado el tubo es sumergido en un caldo de zinc de 2 a 3 minutos a una temperatura promedio de 450°C.

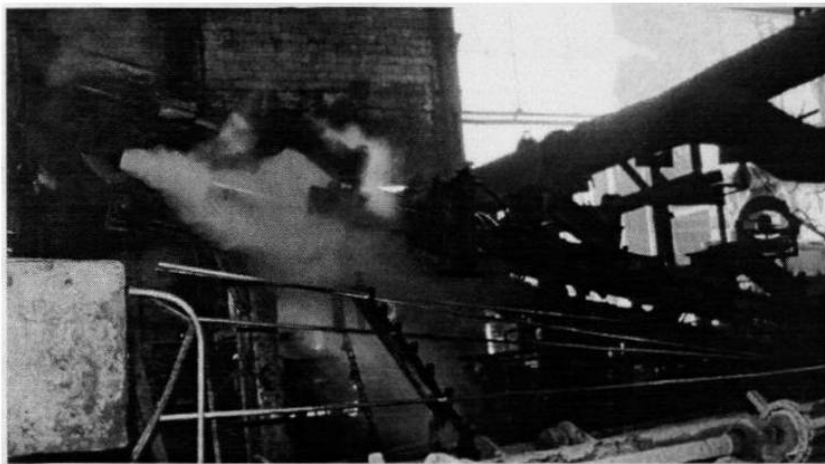


Foto 3.11 Galvanizado

- Roscado.

Una vez que el tubo esta galvanizado o barnizado, es roscado por ambos extremos para que puedan ser unidos con coples.

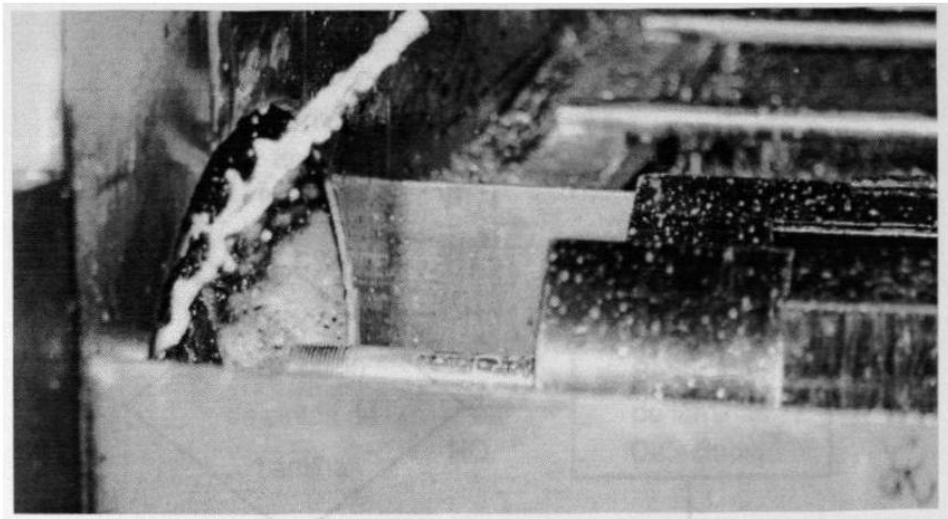


Foto 3.12 Tarraja

- Almacén de producto terminado.

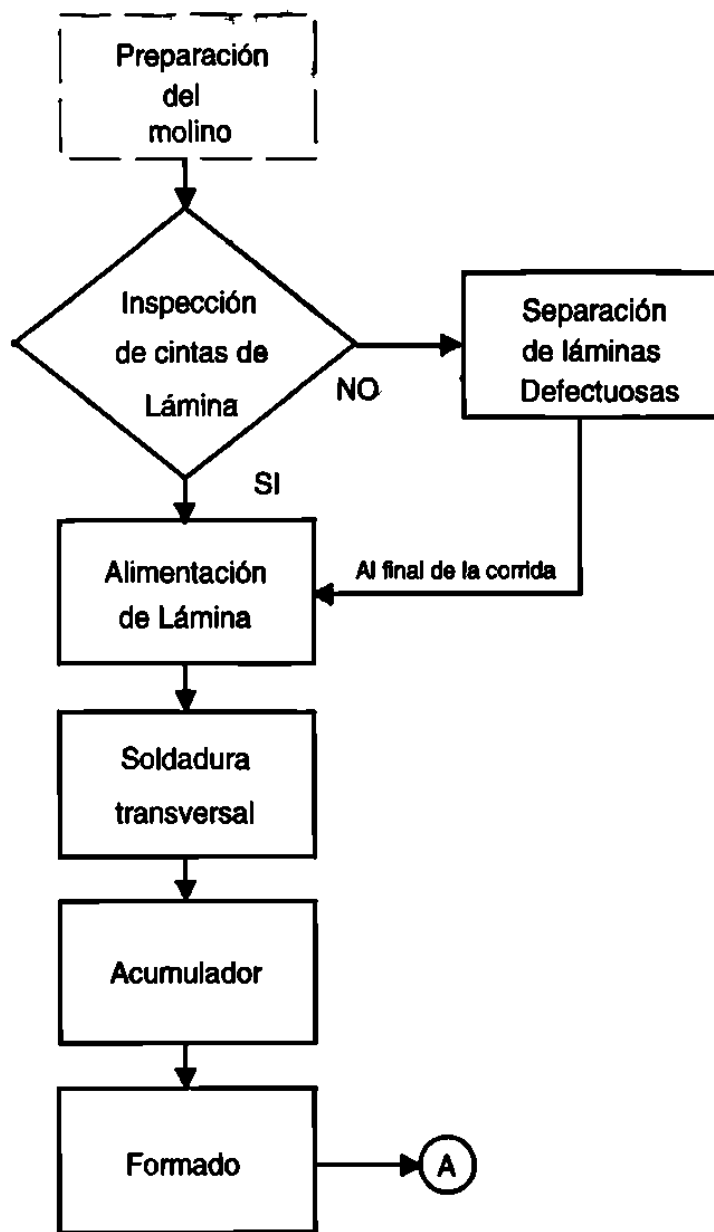
Al finalizar el proceso de acabado del tubo (barnizado, galvanizado y/o roscado) es empaquetado y alotado en el almacén de producto terminado, para embarcarlo hacia su destino final, el cliente.

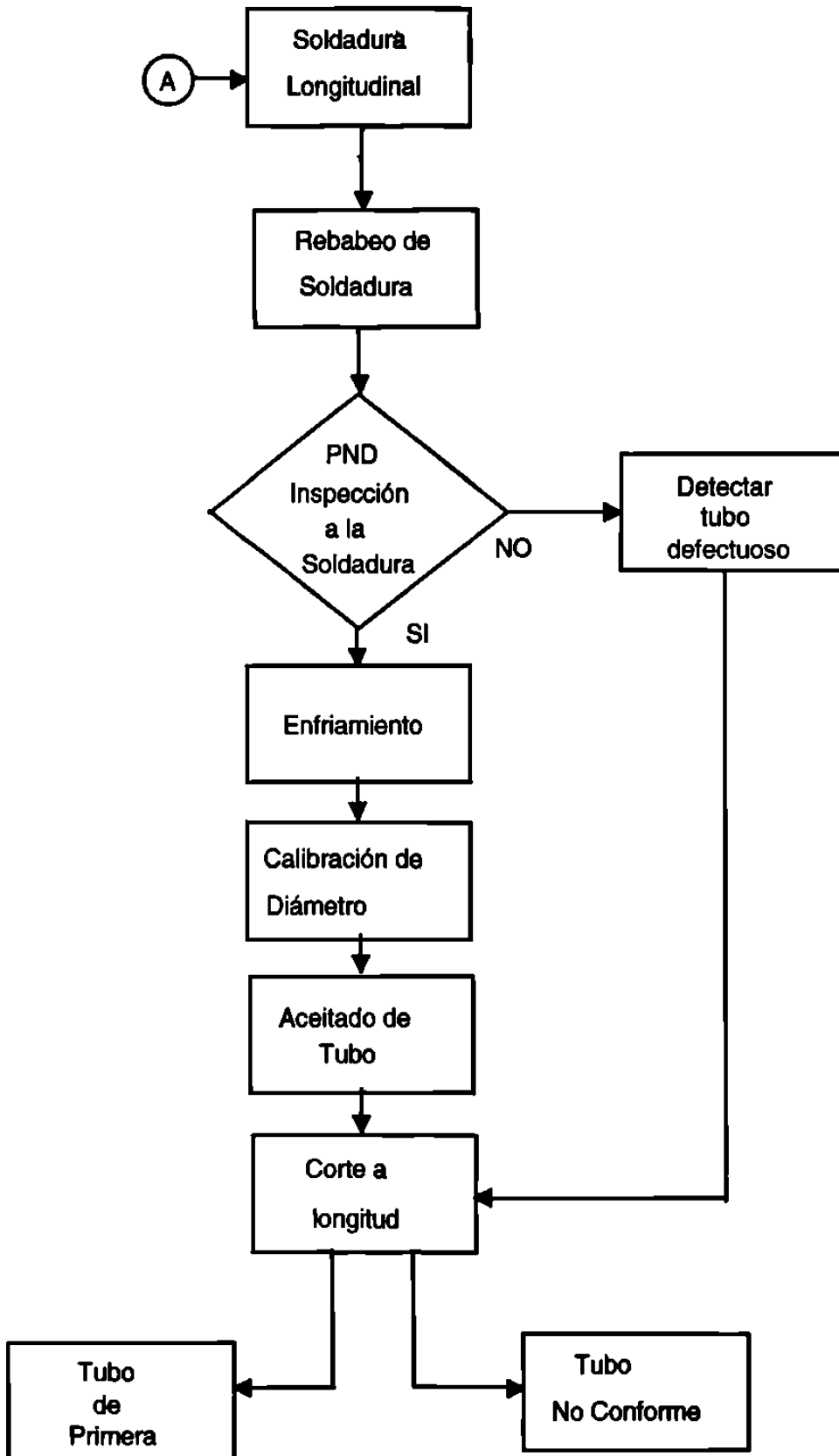


Foto 3.13 Producto Terminado

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Figura 3.14 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.





4. CONCEPTOS DEL SISTEMA M.P.T. Y S.M.E.D.

4.1 Introducción a M.P.T.

Los equipos y maquinaria utilizados en la operación se deterioran con el transcurso del tiempo dependiendo de las condiciones del medio ambiente que lo rodean así como de las mismas condiciones de operación. Las siglas MPT significan mantenimiento productivo total y es el realizar el mantenimiento del equipo con todos los trabajadores y empleados de la compañía mediante grupos pequeños; y entre sus objetivos más sobresalientes destaca el buscar el cero demoras en la maquinaria.

El término de MPT incluye las siguientes 5 metas:

- 1) Maximizar la efectividad del equipo.
 - 2) Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para optimizar la economía del equipo y de su vida útil.
 - 3) Involucrar a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantiene los equipos.
 - 4) Mejorar la confiabilidad y mantenibilidad del equipo para contribuir a la calidad de los productos y aumentar la productividad.
-

5) Promover las actividades autónomas de grupos pequeños.

Para lograr las metas de MPT todos los trabajadores de cada departamento deben de realizar las siguientes actividades claves:

- A) Educación y entrenamiento; es indispensable educar y entrenar a los trabajadores en el conocimiento y habilidades relacionadas con el equipo; con la mejora y ampliar sus habilidades sobre el mantenimiento y el MPT.
 - B) Mantenimiento autónomo; se debe lograr la participación de los operadores de producción en actividades básicas de mantenimiento y la mejora del equipo.
 - C) Calidad de mantenimiento; mantenimiento el 100% de los equipos libre de fallas para mantener el 100% de los productos libres de defectos.
 - D) Programa de mantenimiento planeado; mejorando los programas de mantenimiento planeado, es posible incrementar la eficiencia, los costos de las operaciones de mantenimiento y la vida útil del equipo.
 - E) Mejorar la efectividad del equipo, buscando eliminar todo tipo de pérdida de equipo.
-

4.2 Educación y entrenamiento.

La educación y el entrenamiento son la base para la implementación de cualquier sistema y MPT no es la excepción; se debe asegurar que todo el personal involucrado entienda y sea adiestrado en el sistema. Los elementos clave para el entrenamiento son los siguientes:

- 1) Desarrollar entrenamiento inicial para operarios y staff de mantenimiento.
- 2) Dirigir el entrenamiento para grupos pequeños en su área de trabajo y usando su propio equipo.
- 3) Involucrar a mantenimiento en el desarrollo del entrenamiento.

La educación no es solo explicar el MPT y los conocimientos sobre mantenimiento, sino también sirve para elevar la moral y romper la resistencia al cambio (al MPT). Durante la fase de educación del MPT, se debe organizar una campaña para promover el entusiasmo por su implementación.

El entrenamiento para los operarios es dirigido dentro de las siguientes áreas :

- ◆ Limpieza y lubricación
 - Métodos de limpieza.
 - Características de los lubricantes.
 - Cantidad de lubricantes.
 - Condiciones de filtros y líneas.
 - ◆ Tornillería
 - Apriete de tornillos y tuercas .
 - Métodos de verificación de tornillos flojos.
-

-
- ◆ **Sistemas motrices**
 - **Ajuste de bandas y cadenas.**
 - **Revisión de poleas.**
 - **Ajuste de frenos.**

 - ◆ **Equipo hidráulico y neumático.**
 - **Prevención de fugas.**
 - **Conocimiento de calibradores de presión.**

 - ◆ **Eléctrico.**
 - **Ajustes pequeños de tornillos.**
 - **Limpieza de arrancadores.**
 - **Cambio de interruptores.**
 - **Métodos de protección de cableado.**

 - ◆ **Operación correcta de sus equipos.**
 - **Secuencia de paros y arranques.**
 - **Condiciones de operación estándar.**

 - ◆ **Conocimiento de sus procesos.**

 - ◆ **Métodos y procedimientos de inspección.**

 - ◆ **Cambio de piezas y reparaciones sencillas.**

El entrenamiento del staff de mantenimiento es dirigido dentro de las siguientes áreas:

- **Actualización tecnológica.**
 - **Actualizar habilidades básicas del mantenimiento**
 - **Entrenamiento cruzado eléctrico- mecánico.**
 - **Administración del mantenimiento.**
-

Los estudios y habilidades para técnicos en mantenimiento pueden enfocarse a los siguientes aspectos:

- ◆ **Mantenimiento básico de equipos.**
 - Direcciones del mantenimiento.
 - Planeación y administración del mantenimiento.
 - Mantenimiento de elementos en las máquinas.
 - Mantenimiento para elementos hidráulicos.
 - Mantenimiento de tuberías y tanques.
 - Mantenimiento de partes eléctricas.
 - ◆ **Estudios avanzados.**
 - Máquinas de corte y máquinas herramientas.
 - Esmeriladoras y tipos de piedras.
 - Mecanismos vitales y puntos estructurales del equipo.
 - ◆ **Entrenamiento en habilidades.**
 - Mediciones precisas del equipo.
 - Electricidad.
 - Partes neumáticas e hidráulicas.
 - Lubricación.
 - Técnicas de diagnóstico de los equipos.
 - ◆ **Mantenimiento del equipo básico.**
 - Apriete de tornillo y tuercas.
 - Métodos de ensamble.
 - Mantenimiento de flechas y baleros.
 - Transmisiones y engranes.
-

4.3 Mantenimiento autónomo.

Una operación eficiente depende de las actividades del área de producción y del área de mantenimiento , pero a menudo guardan una relación antagónica. La relación tradicional producción-mantenimiento es : " yo opero tu arreglas ". Es deseable implementar el sistema de las 5 's antes de comenzar a desarrollar el mantenimiento autónomo, este sistema es base para controles visuales de orden y limpieza y consta de los siguientes pasos :

SEIRI = Organización .

SEITON = Orden.

SEISO = Limpieza.

SEIKETSU = Mantener.

SHITSUKE = Disciplina.

Nota : El sistema se denomina 5 's porque así comienza las 5 palabras clave del sistema en Japonés.

Las etapas del desarrollo del mantenimiento autónomo son las siguientes:

- 1) Limpieza inicial . Limpiar para eliminar polvo y suciedad del equipo, lubricar y apretar tornillería .
 - 2) Identificar las causas del equipo sucio. Identificar las causas del polvo y suciedad.
 - 3) Mejorar las áreas difíciles de limpiar. Mejorar partes que son difíciles de limpiar y lubricar , reducir los tiempos requeridos para limpieza y lubricaciones.
 - 4) Estandarizar las actividades de mantenimiento . Establecer estándares del tiempo dedicado a limpieza , lubricación y apriete (específicamente tareas diarias o periódicas).
-

- 5) **Desarrollar habilidades de inspección visual.** Al inspeccionar el equipo los miembros de los grupos pequeños descubren y corrigen defectos menores del equipo.
- 6) **Implementar inspecciones autónomas.** Desarrollar y emplear listas de verificación para inspección autónoma.
- 7) **Organizar y administrar el lugar de trabajo.** Sistematizar el control de mantenimiento autónomo; mediante estándares de inspección para limpieza , lubricación , registro de datos, mantenimiento de piezas y herramientas.
- 8) **Administración del mantenimiento autónomo.** Desarrollar diagnósticos y habilidades para reparar , recolectando y
- 9) **analizando fallas y otro tipo de datos del equipo.**

4.4 Calidad de mantenimiento.

Para lograr tener calidad de mantenimiento se deben establecer las condiciones del equipo para obtener el cero defectos, verificar y medir estas condiciones en base a programas . Se requiere prevenir los defectos del producto, verificando que los valores del proceso y del equipo estén dentro de los límites especificados . Además es necesario prevenir posibles defectos de calidad mediante la prevención de paros originados por el deterioro, llevando a cabo acciones anticipadas.

Para alcanzar la meta de cero defectos , la calidad se construye dentro del equipo . Esto requiere adoptar un nuevo enfoque radical dirigido al equipo en sí mismo , asegurando que cada parte de las máquinas , estén en las condiciones adecuadas . Por lo que en lugar de simplemente manejar los resultados deben controlarse las condiciones del equipo que originen estos resultados.

Mientras el mantenimiento autónomo pretende eliminar el deterioro acelerado del equipo; la calidad de mantenimiento pretende identificar, implementar y mantener las condiciones necesarias para que el equipo alcance el cero defectos. El enfoque es tomar medidas preventivas contra los paros ocasionados por el deterioro funcional y anticipadamente eliminar la posibilidad de defectos.

4.5 Programa del mantenimiento planeado.

Para mejorar los programas de mantenimiento se requiere lo siguiente:

1. Apoyar las actividades de mantenimiento autónomo.
2. Mejorar la planeación del mantenimiento.
 - Mantenimiento correctivo.
 - Mantenimiento preventivo.
 - Mantenimiento predictivo.
3. Mejorar la eficiencia de la administración del mantenimiento y reducir sus costos.
4. Prevenir el mantenimiento , modificando el equipo o cambiando el diseño.
5. Establecimiento de un sistema rápido de alerta.

Cualquier departamento de mantenimiento se tienen ciertos elementos donde se pueden enfocar las actividades de mejora como son las siguientes:

- Control de dibujos.
 - Reducir el mantenimiento correctivo.
 - Administración de materiales.
 - Administración de herramientas.
 - Reducir el costo de mantenimiento.
-

- Generar y analizar información de mantenimiento .
- La planeación y control de mantenimiento.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Prevención de mantenimiento.

4.6 Efectividad del equipo.

De acuerdo al MPT la efectividad global del equipo se calcula usando las siguientes fórmulas:

Efectividad global = Disponibilidad x Eficiencia x Tasa de calidad del equipo (rendimiento) de productos.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo teórico de op.} - \text{Tiempo de parada.}}{\text{Tiempo teórico de operación}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia (Rendimiento)} = \frac{\text{Tiempo teórico de ciclo} \times \text{Cantidad procesada.}}{\text{Tiempo de operación.}} \times 100$$

$$\text{Tasa de calidad de productos} = \frac{\text{Cantidad procesada} - \text{Cantidad de defectos}}{\text{Cantidad procesada}} \times 100$$

Donde :

Disponibilidad = Porcentaje de tiempo que la máquina se encuentra trabajando.

Tiempo teórico de op. = Tiempo teórico que la máquina debe trabajar.

Tiempo de parada = Suma de los tiempo que la máquina está parada por fallas.

Eficiencia o Rendimiento = Porcentaje de velocidad de proceso del producto .

Tiempo teórico de ciclo = Tiempo estándar para el proceso .

Cantidad procesada = Número de productos procesados en el tiempo de operación.

Tiempo operación = Tiempo que funciona (tiempo de carga - tiempo de parada).

Tasa de calidad = Porcentaje de defectos.

Cantidad de defectos = Número de piezas defectuosas en el tiempo de operación.

Para lograr maximizar la efectividad global del equipo el MPT trabaja para eliminar todo tipo de pérdidas las cuales se conocen como las seis pérdidas y son las siguientes:

⇒ **Tiempos muertos.**

1. **Fallas en equipo.**
2. **Ajustes y tiempo de operación.**

⇒ **Pérdidas de velocidad.**

3. **Paradas menores e inactividad.**
4. **Reducción de velocidad.**

⇒ **Defectos.**

5. **Defectos de proceso.**
6. **Menor rendimiento.**

1) - **Pérdidas por fallas en equipo.**

Las pérdidas por fallas en equipo pueden ser esporádicas o crónicas ; las fallas esporádicas, fallas repentinas, drásticas o inesperadas del equipo son normalmente simples y más fáciles de corregir ; las fallas frecuentes , menores o crónicas son por otro lado a veces ignoradas o descuidadas, después de repetidos intentos fallidos por eliminarlas.

Para maximizar la efectividad del equipo todas las fallas deben de reducirse a cero , pero por lo que hay que cambiar la filosofía tradicional del mantenimiento. La creencia de que fallas son inevitables.

2) Pérdidas por ajustes y tiempo de preparación.

Cuando termina la producción de un producto y el equipo se ajusta para atender las necesidades de iniciar uno nuevo , se producen pérdidas ; durante la preparación y ajuste, al aparecer tiempos muertos y productos defectuosos como consecuencia del cambio.

Tiempo de preparación se puede reducir considerablemente utilizando las técnicas SMED, las cuales se tratan más adelante. SMED es más que una serie de técnicas para minimizar los tiempos de preparación de un equipo; SMED es un sistema que si se aplica consistentemente es posible reducir al mínimo los seis tipos de pérdidas .

3) Pérdidas por paros menores o inactividad.

Una pérdida menor surge cuando la producción se interrumpe por un mal funcionamiento temporal o cuando la máquina esta inactiva. Por ejemplo, puede que algunas piezas bloqueen la parte superior de una rampa, causando inactividad del equipo, otras veces los sensores activados por los productos defectuosos paran los equipos. Estos tipos de paradas temporales difieren claramente de las fallas de equipo. La producción normal es reestablecida simplemente moviendo las piezas que obstaculizan la marcha y reajustando el equipo. Para reducir este tipo de paradas, es preciso observar de cerca las condiciones operativas y eliminar los pequeños defectos.

4) **Pérdidas por reducción de velocidad.**

Las pérdidas por reducción de velocidad se refieren a la diferencia entre la velocidad de diseño y la real operativa. El equipo puede operar a una velocidad inferior a la de diseño por muchas razones: problemas mecánicos y calidad defectuosa; problemas de antecedentes, temor de abusar del equipo o sobrecargarlo. A menudo, simplemente se desconoce la magnitud de la velocidad óptima. Por otro lado, si se aumenta la velocidad operativa, deliberadamente se contribuye realmente a resolver el problema, ya que se revelan los defectos latentes según el estado del equipo.

5) **Pérdidas por defectos de proceso.**

Los defectos de calidad en los procesos y retrabajos son pérdidas de calidad causados por el mal funcionamiento de los equipos. La reducción de los defectos en el proceso y en las fallas crónicas, requieren de investigación minuciosa y acciones creativas para remediarlas.

6) **Pérdidas por menor rendimiento.**

Las pérdidas por rendimiento se ocasionan durante las fases iniciales de producción, desde el arranque de la máquina hasta que se estabiliza. Este tipo de pérdidas están latentes, y la posibilidad de eliminarlas se obstaculiza por la falta de sentido crítico, que las acepta como inevitables.

4.7 Definiciones generales sobre SMED.

El sistema SMED (single minute exchange dies; cambio de herramental de un solo dígito) se puede definir como una serie de técnicas para optimizar el cambio de producto en la producción. En una línea de producción se habla de dividir en procesos y operaciones; un proceso es un flujo continuo en el cual la materia prima se convierte en producto terminado y una operación es cualquier acción realizada por un hombre o máquina sobre materias primas, material en proceso o producto terminado.

En la manufactura de un producto se distinguen cuatro tipos de procesos. (Shingo [1985]) :

1. Procesamiento. (Ensamble, desensamble, alteración de forma, etc.)
2. Inspección.
3. Transportación.
4. Almacenaje.

Durante el análisis de operaciones , estas se pueden dividir en :

- * Ajustes
- *Prioritarios.
- *Auxiliares.
- *Marginales.

De acuerdo con lo anterior es posible decir que cada tipo de proceso puede contener los cuatro tipos de operaciones por lo que en lo que se refiere a las operaciones de ajuste se tienen :

- *Operaciones de ajuste en el procesamiento.
 - * Operaciones de ajuste en la inspección.
-

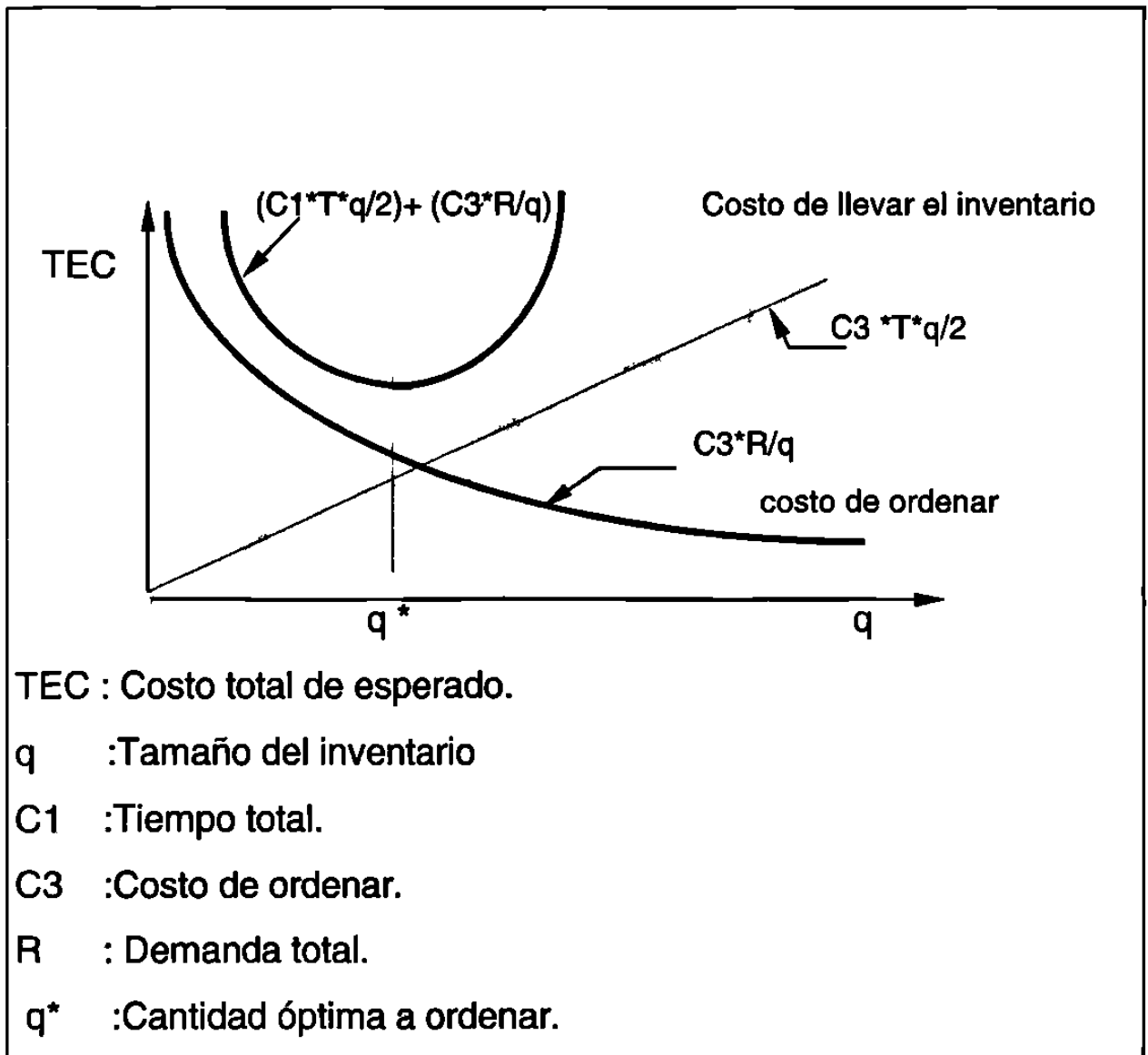
- * Operaciones de ajuste en el transporte.
- * Operaciones de ajuste en el almacenaje.

Las técnicas del sistema SMED se enfocan a optimizar las operaciones de ajuste en el procesamiento , aunque se puede aplicar igualmente a cualquiera de los otros tres tipos de operaciones.

4.8 Estrategias tradicionales.

Tradicionalmente la eficiencia en los cambios de producto requiere de dos cosas: conocimiento de las operaciones y destreza en la realización de las mismas. En el pasado una estrategia poderosa del control de producción ha sido el utilizar lotes económicos lo más grandes posibles; se puede demostrar que sí el lote económico es grande, los tiempos de ajuste en un cambio de producción impactan menos en el costo total del producto, como consecuencia de esto resulta en un incremento desmedido en los inventarios lo cual se traduce en dinero que la empresa invierte em materiales y mano de obra que se mantiene en los almacenes en espera de la venta. Todo lo anterior se explica al analizar los costos de llevar inventarios según la Figura 4.1 ; ahí se puede observar que mientras el costo de llevar el inventario es decir costo de los materiales en inventario crece linealmente conforme aumenta el tamaño del inventario (q) , el costo por ordenar esto es el costo por cambiar la producción disminuye exponencialmente al aumentar los inventarios porque los costos de los tiempos de preparación y/o ajuste se prorratan entre mayor cantidad de producción.

Figura 4.1 Modelo EOQ para llevar inventario.



Se puede mencionar que una de las primeras técnicas implementadas para optimizar los cambios de producción es el tratar de utilizar elementos comunes en la fabricación de los diferentes productos .

4.9 Técnicas SMED.

Uno de los postulados más poderosos que maneja el sistema SMED es la división de las operaciones de ajuste en internas (actividades las cuales solamente se pueden realizar cuando la máquina se encuentra detenida) y externas (aquellas actividades que se pueden y más bién se deben realizar cuando la máquina se encuentra trabajando); y aún más SMED propone convertir algunas operaciones internas en externas, esto es tratar de realizar la mayor parte de las actividades cuando la máquina se encuentra trabajando.

Lo primero que se debe hacer es distinguir plenamente las actividades internas de las extenas para esto se debe estudiar las condiciones actuales en el piso de producción a gran detalle; una opción es la de videograbar todas las operaciones de ajuste . Una vez determinado los tipos de actividades, el siguiente paso es el aseguramiento de que todas las actividades externas se realicen mientras la máquina se encuentra trabajando, para esto lo más recomendable es utilizar los "checklist" o listas de verificación y así minimizar errores por olvidos. Al asegurar el cumplimiento de lo anterior se puede lograr una reducción en los tiempos de ajuste de alrededor de 30 a 50 % (Shingo [1985]) .

Además es necesario optimizar el transporte desde el almacén hasta el lugar donde se encuentra el equipo de todo lo necesario para el cambio de producción , así como regresar al almacén todo lo anterior al terminar los ajustes, esto se debe realizar mientras la máquina se encuentre trabajando . El siguiente paso es tratar de convertir algunas actividades internas a externas; esto es uno de los pasos que requieren mayor análisis a detalle de las actividades internas. Por ejemplo en molinos formadores de tubería de acero.

El último paso es la optimización de todas las operaciones de ajuste, para esto SMED propone una serie de técnicas (Shingo[1990]) dentro de las cuales se encuentran :

1. **Estandarización la función, no la forma** - Se requiere a que en muchas compañías fabricantes de maquinaria se han estandarizado las dimensiones y formas de todas las máquinas así como el herramental utilizado por la misma. SMED propone estandarizar solo las partes de la máquina necesarias para los cambios de producción.
 2. **Uso de mordazas funcionales o eliminar cierres completamente.**- Dentro de esta técnica se encuentran el método de la " U " (ranura en forma de U), el método de agujeros en forma de pera etc, (ver figura 4.2).
 3. **Uso de plantillas intermedias.**- Ilustrándolo con un ejemplo; en un molino que fabrica tubería cuando inicia el cambio de producción se requiere cambiar todo el tren de rodillos dado que cada rodillo lleva dos separadores los cuales se deben ajustar para dar la calibración de acuerdo con el desgaste de los rodillos; antes se perdía mucho tiempo para realizar esta calibración cuando la máquina se encontraba detenida, actualmente se ha fabricado un bastidor (ver figura 4.3) por medio del cual el tren de rodillos y sus separadores son ajustados y calibrados reduciéndose a cero los ajustes para este propósito.
 4. **Adoptar modos de operación paralela.**- Con ayuda de varias personas, se puede disminuir el tiempo total de preparación, aquí el aspecto principal que debe cuidar es la seguridad; es decir, se deben implementar mecanismos de manera que todos los trabajadores se enteren cuando se ha terminado una operación.
 5. **Eliminar ajuste.**- Los ajustes son progresivamente más pequeños a medida que los montajes son más precisos; la eliminación de los ajustes se inicia con el reconocimiento de que la fijación y los ajustes son dos
-

funciones distintas y separadas. El primer paso es hacer calibraciones que eliminen la intuición, cuando lo que se requiere es simple y sencillamente una aproximación a una escala graduada es más que suficiente; un concepto erróneo es el tratar de tener mecanismos que permiten fijaciones continuas e ilimitadas, mientras lo que realmente se requiere son mecanismos limitados y fijos.

6. **Mecanización.**- Esta última técnica solo debe de aplicarse después de haber hecho todos los esfuerzos para mejorar los tiempos de preparación con las técnicas anteriores . Es decir es mejor simplificar antes que mecanizar.

Lo más recomendable al tratar de implementar SMED en alguna industria es primero desarrollar un modelo genérico que se adapte a las características de cada industria.

5. ANÁLISIS DE LA SITUACION ACTUAL.

5.1. SITUACION ACTUAL.

El molino formador abbey-etna 3k es operado por cuatro personas: el operador del desenrollador, el operador del molino, el operador de la prensa alpha y el operador de la grúa, trabajan de lunes a sábado los tres turnos.

También laboran en el departamento dos personas encargadas únicamente para los cambios de producción, donde ellos preparan los castillos donde se encuentran los rodillos, esto para reducir el tiempo de cambio y dar mantenimiento a los castillos, esta actividad ya esta considerada en el proyecto. También dan servicio cuatro personas de mantenimiento correctivo y preventivo, exclusivos del departamento.

Cabe mencionar que los tiempos que se consideran, son tiempos promedios monitoreados en varios cambios de producción, donde se consideran los más reales. En ocasiones al hacer los cambios de producción resulta equipo dañado ó refacciones no disponibles al momento en el área, donde puede ocasionar una actividad más larga en cuanto a su tiempo normal.

A continuación se listarán las actividades y tiempos promedios de un cambio de producción en el Molino Formador Abbey Etna 3k.

Tabla 5.1 Actividades de un Cambio de Producción

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	DURACION (MIN)
Desarmar tubería de enfriamiento Sección Pre-formado y Formado.	7
Desacoplar barras cardan de la seccion de preformado.	15
Desacoplar barras cardan de la seccion de formado.	15
Desarmar tubería de enfriamiento de la seccion de calibrado.	8
Desacoplar barras cardan de la sección de calibrado.	15
Desmontar castillos de preformado.	8
Desmontar castillos de formado.	8
Desmontar cuentametros de la sección de calibrado.	6
Desmontar castillos de calibrado.	7
Realizar limpieza a bancada de preformado.	95
Realizar limpieza a bancada de formado.	55
Realizar limpieza a bancada de calibrado.	50
Desmontar cabeza turca.	75
Cambiar rodillos superiores e inferiores del paso de soldado.	45
Montaje del rebabeador interior.	50
Desmontar rodillos de la sección Cluster.	30
Montar cabeza turca.	10
Montar castillos de calibrado.	8

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	DURACION
Montar castillos de preformado.	8
Montar castillos de formado.	7
Montar rodillos de la sección Cluster.	25
Realizar limpieza a coples de las barras cardan.	10
Acoplar barras cardan de pre-formado.	25
Acoplar barras cardan de formado.	20
Acoplar barras cardan de calibrado.	30
Montar cuentametros en seccion de calibrado.	16
Armar tubería de enfriamiento de la sección de preformado y formado.	27
Armar tubería de enfriamiento de la sección de calibrado.	15
TOTAL	690 MIN.

Se debe aclarar que existen otras actividades que realizan los operadores que preparan los castillos, estas personas solo estan en el turno de dia y tarde. Además de darle mantenimiento a los castillos, el cual consiste en la limpieza de las correderas de las chumaceras, lubricación a chumaceras y sinfines de ajuste, lavado con solvente y pintura, también se encargan de revisar el desgaste de los rodillos y la calibración previa de los trenes del cambio rápido. Se cuenta también con una cabeza turca adicional, la cual se prepara con anterioridad.

6. DESARROLLO E IMPLEMENTACION DEL MODELO SMED PARA EL MOLINO FORMADOR ABBEY ETNA 3K.

6.1. DEFINICION DE ACTIVIDADES.

Uno de los primeros pasos de este modelo es separar las actividades que son internas y las que son externas. Al listar las actividades externas, pudimos comprobar que todas ellas las empezabamos a realizar conforme las ibamos necesitando a lo largo del cambio de producción. Esto nos ayudó a ver con mayor claridad lo que empezaba a significar el modelo SMED

Tabla 6.1 Actividades externas

Nº	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD
1	Reunir y acercar la herramienta que se utiliza en un cambio de producción.
2	Conectar una manguera para el aire y una para el agua soluble.
3	Colocar aditamento a la grúa para soportar los castillos.
4	Asegurar existencia de bobinas e impedidores de la siguiente producción.
5	Acercar los rodillos del paso de soldado superior e inferior.

6	Acercar los rodillos de la sección Cluster.
7	Acercar solvente ecologico para limpieza del molino.
8	Acercar estopa para la limpieza de la bancada.
9	Acercar recipiente de grasa para colocarle a la bancada y coples de las barras cardan.
10	Acercar recipientes para colocar el polvo oxido con soluble que se saca de la limpieza de las bancadas del molino.
11	Sacar del almacen de refacciones, baleros para la sección Cluster.
12	Preparar conexiones para tubería del agua soluble.

En el siguiente paso se listaron las actividades internas actuales, sin realizar ninguna modificación.

Tabla 6.2 Actividades internas

N°	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD
1	Desarmar tubería de enfriamiento Sección Pre-formado y Formado.
2	Desacoplar barras cardan de la seccion de preformado.
3	Desacoplar barras cardan de la seccion de formado.
4	Desarmar tubería de enfriamiento de la seccion de calibrado.
5	Desacoplar barras cardan de la sección de calibrado.
6	Desmontar castillos de preformado.
7	Desmontar castillos de formado.
8	Desmontar cuentametros de la sección de calibrado.
9	Desmontar castillos de calibrado.
10	Realizar limpieza a bancada de preformado.
11	Realizar limpieza a bancada de formado.
12	Realizar limpieza a bancada de calibrado.
13	Desmontar cabeza turca.
14	Cambiar rodillos superiores e inferiores del paso de soldado.
15	Montaje del rebabeador interior.
16	Desmontar rodillos de sección Cluster.
17	Montar cabeza turca.
18	Montar castillos de calibrado.
19	Montar castillos de preformado.
20	Montar castillos de formado.
21	Realizar limpieza a coples de las barras cardan.
22	Acoplar barras cardan de pre-formado.
23	Acoplar barras cardan de formado.
24	Acoplar barras cardan de calibrado.
25	Montar cuentametros en seccion de calibrado.
26	Armar tubería de enfriamiento de la sección de preformado y formado.

27	Amar tubería de enfriamiento de la sección de calibrado.
----	---

Todas estas actividades se realizaban sin ninguna secuencia, a veces unas actividades se realizaban antes que otras o se empalmaban dos personas para realizarlas. Después de haber hecho estos listados de actividades internas y externas se procedió a analizar estas últimas. Nos dimos cuenta de que las actividades externas se empezaban a realizar cuando se empezaba el cambio de producción en el molino, con lo cual se ocupaba una persona en realizar todas estas actividades, desperdicándose el recurso humano. Entonces, primero definimos que las actividades externas las debía preparar mucho antes de un cambio de producción los operadores de cambio de producción. Con una copia del programa de producción, que el jefe de departamento entrega a los operadores de cambio de producción, ellos saben con anticipación que diámetros se van a procesar y con que rodillos armar los trenes de cambio rápido. Por lo tanto, las actividades externas se empezaron a preparar antes de que empezara el cambio de producción.

Una vez hecho esto se procedió a dar la responsabilidad a los operadores de cambio de producción de las siguientes actividades:

Tabla 6.3 Actividades externas, reponsabilidad de operadores Cambio de Producción.

Nº	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD
1	Reunir y acercar la herramienta que se utiliza en un cambio de producción.
2	Conectar una manguera para el aire y una para el agua soluble.
3	Colocar aditamento a la grúa para soportar los castillos.
4	Asegurar existencia de bobinas e impedidores de la siguiente producción.
5	Acercar los rodillos del paso de soldado superior e inferior.
6	Acercar los rodillos de la sección Cluster.
7	Acercar solvente ecologico para limpieza del molino.

8	Acercar estopa para la limpieza de la bancada.
9	Acercar recipiente de grasa para colocarle a la bancada y coples de las barras cardan.
10	Acercar recipientes para colocar el polvo oxido con soluble que se saca de la limpieza de las bancadas del molino.
11	Sacar del almacen de refacciones, baleros para la sección Cluster.
12	Preparar conexiones para tubería del agua soluble.

También se analizaron las actividades internas para asignar responsabilidades a cada uno de los operadores, durante el cambio de producción, quedando de la siguiente manera:

Tabla 6.4 Actividades internas con responsables.

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	RESPONSABLES
Desarmar tubería de enfriamiento Sección Pre-formado y Formado.	Operador de la entrada y operador del molino.
Desacoplar barras cardan de la seccion de preformado.	Operador de la entrada y operador del molino.
Desacoplar barras cardan de la seccion de formado.	Operador de la entrada y operador del molino.
Desarmar tubería de enfriamiento de la seccion de calibrado.	Operador de la prensa y operador de la grua.
Desacoplar barras cardan de la sección de calibrado.	Operador de la prensa y operador de la grua.
Desmontar castillos de preformado.	Operador de la entrada y operador del molino.
Desmontar castillos de formado.	Operador de la entrada y operador del molino.
Desmontar cuentametros de la sección de calibrado.	Operador de la prensa.
Desmontar castillos de calibrado.	Operador de la prensa y de la grua.

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	RESPONSABLES
Realizar limpieza a bancada de preformado.	Operador de la entrada y operador del molino.
Realizar limpieza a bancada de formado.	Operador de la entrada y operador del molino.
Realizar limpieza a bancada de calibrado.	Operador de la prensa y operador de la grua.
Desmontar cabeza turca.	Operador de la prensa.
Cambiar rodillos superiores e inferiores del paso de soldado.	Operador del molino.
Montaje del rebabeador interior.	Operador del molino.
Desmontar rodillos de sección Cluster.	Operador de la entrada.
Montar cabeza turca.	Operador de la prensa.
Montar castillos de calibrado.	Operador de la prensa y operador de la grua.
Montar castillos de preformado.	Operador de la entrada y operador del molino.
Montar castillos de formado.	Operador de la entrada y operador del molino.
Realizar limpieza a coples de las barras cardan.	Operador de la prensa y operador de la grua.
Acoplar barras cardan de preformado.	Operador de la entrada y operador del molino.
Acoplar barras cardan de formado.	Operador de la entrada y operador del molino.
Acoplar barras cardan de calibrado.	Operador de la prensa y operador de la grua.
Montar cuentametros de calibrado.	Operador de la prensa.

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	RESPONSABLES
Armar tubería de enfriamiento de la sección de preformado y formado.	Operador de la entrada y operador del molino.
Armar tubería de enfriamiento de la sección de calibrado.	Operador de la prensa y operador de la grua.

Una vez hecho esto se observó que se podían hacer unas mejoras en el área para facilitar las actividades externas e internas:

1. Se compró más herramienta común, para no esperar que la desocupe el compañero.



Foto 6.5 Herramienta

2. Se fabricó un módulo de herramientas a los operadores del cambio de producción, para que no pidieran herramienta prestada a los operadores del molino y se tuviera un mayor control de la misma.

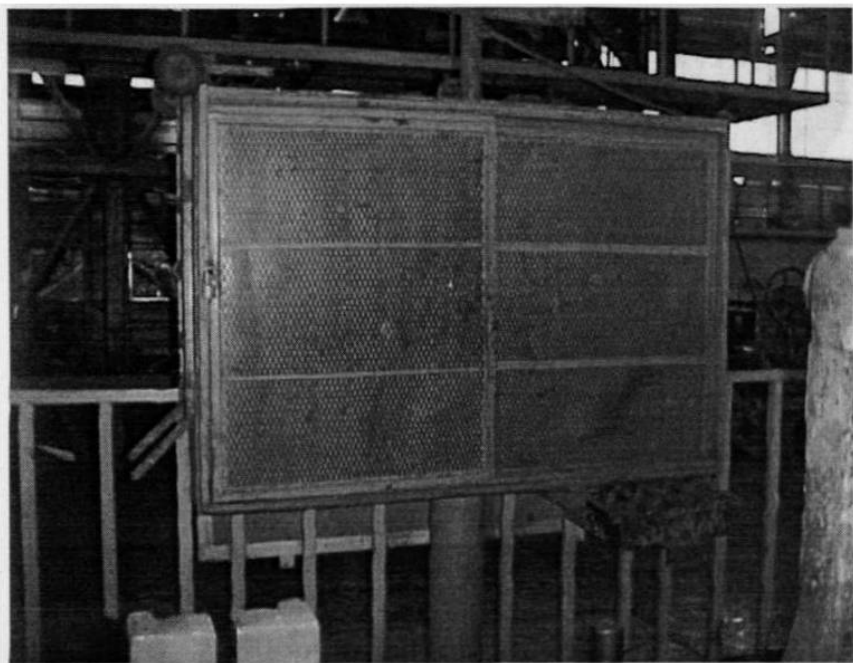


Foto 6.6 Módulo de herramientas

3. Se instaló una línea de aire en cada una de las secciones de preformado, formado y calibrado, con conexiones rápidas para conectar mangueras independientes y poder sacar las barras cardan más rápidamente.

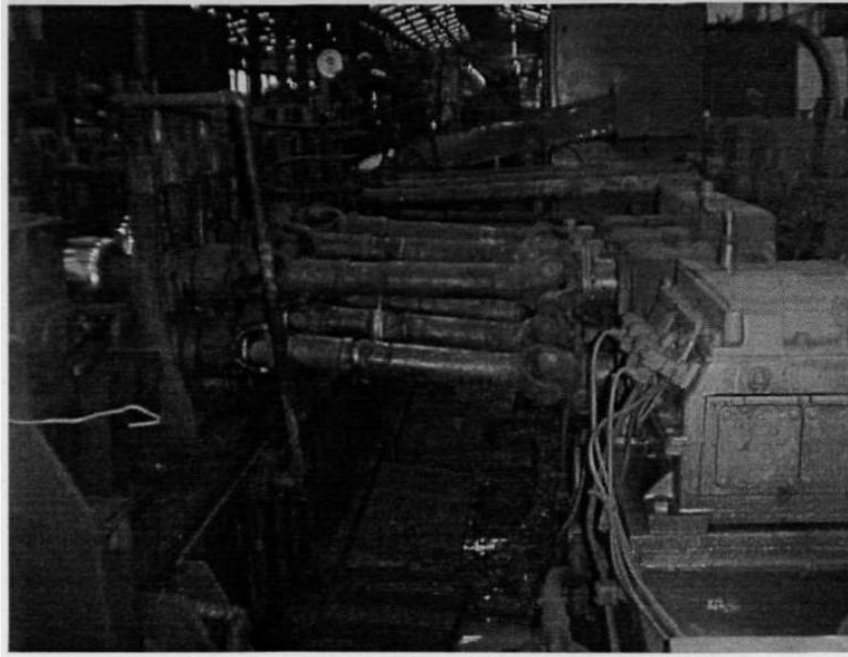


Foto 6.7 Barras cardan

4. Se instaló tubería para el soluble en cada una de las secciones, las cuales están abiertas constantemente para que no se acumule el polvo óxido en los canales centrales de las bancadas del molino, con esto se eliminó el acercamiento de los recipientes de polvo óxido para su limpieza.



Foto 6.8 Canales del molino

5. Se fabricó un módulo de bobinas e impedidores cerca del molino, los cuales son revisados por los operadores de cambio de medida.



Foto 6.9 Módulo de bobinas e impedidores

6. Se fabricaron soportes para los juegos de rodillos de cada diámetro, para poder tener un mayor control de ellos.

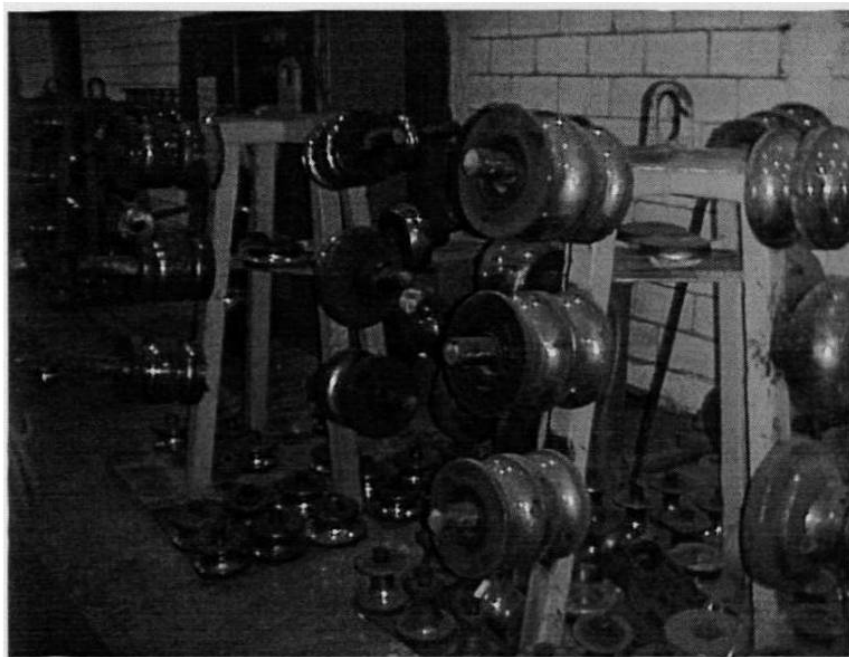


Foto 6.10 Soportes para rodillos

7. Se cambiaron las conexiones de campana de la tubería de enfriamiento del molino por conexiones rápidas, para facilitar el armado y desarmado de dicha tubería.



Foto 6.11 Tubería de enfriamiento

8. Se invirtió el cuentametros, ya que las conexiones neumáticas y eléctricas estaban debajo de las barras cardán.

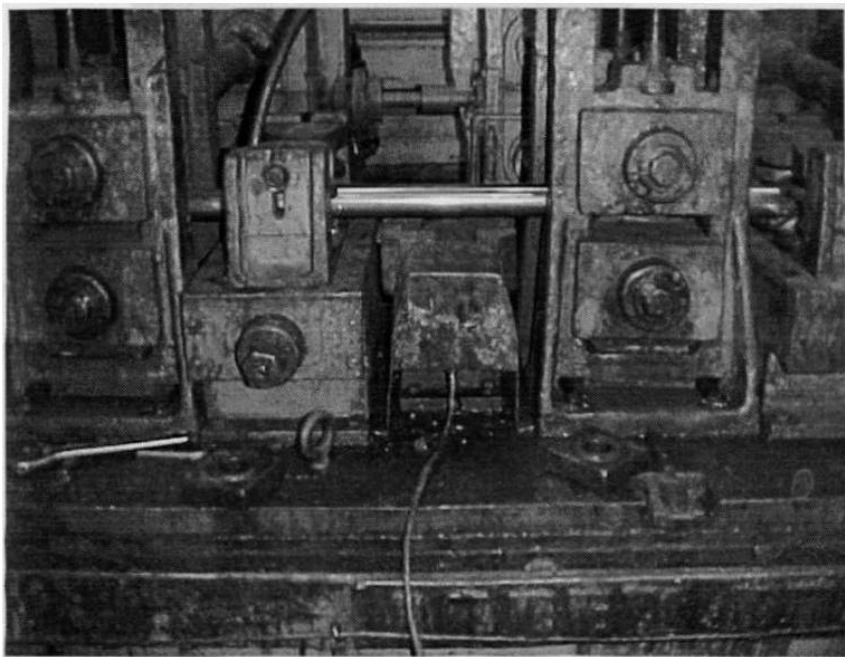


Foto 6.12 Cuentametros

9. Se fabricó y se instaló de forma permanente la sujeción de la cabeza turca.

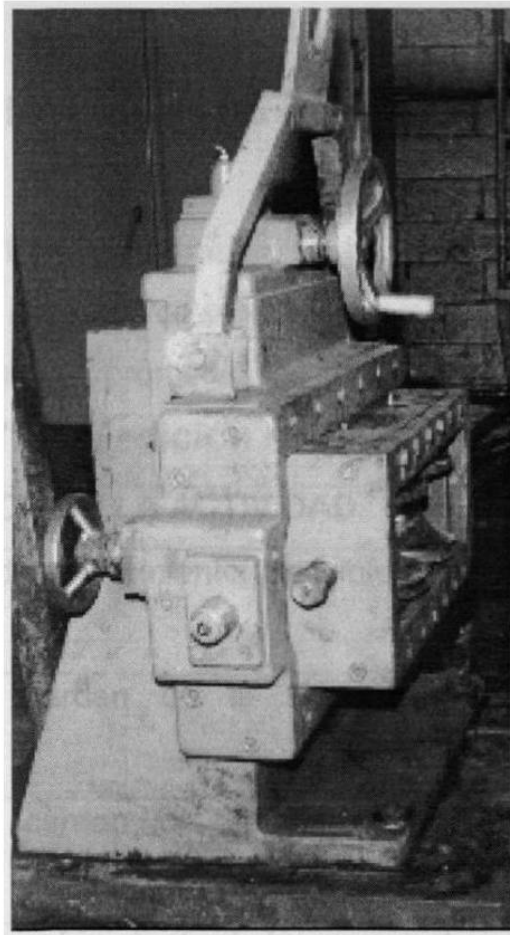


Foto 6.13 Cabeza turca

Una vez realizado todas estas mejoras, se procedió a implementarlas y darles seguimiento para poder verificar que los resultados sean los esperados.

7. MEDICION DE RESULTADOS.

7.1 MEDICION DE RESULTADOS.

Para poder medir los resultados se tuvo que buscar la oportunidad cuando los cambios se dieran en los turnos de día y tarde, de estas mediciones , se obtuvo un promedio real en tiempo de la siguiente manera:

Tabla 7.1 Medición en tiempo de actividades

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	DURACION (MIN)
Desarmar tubería de enfriamiento Sección Pre-formado y Formado.	1
Desacoplar barras cardan de la seccion de preformado.	13
Desacoplar barras cardan de la seccion de formado.	13
Desarmar tubería de enfriamiento de la seccion de calibrado.	1
Desacoplar barras cardan de la sección de calibrado.	13
Desmontar castillos de preformado.	8
Desmontar castillos de formado.	8
Desmontar cuentametros de la sección de calibrado.	6
Desmontar castillos de calibrado.	7
Realizar limpieza a bancada de preformado.	10
Realizar limpieza a bancada de formado.	8
Realizar limpieza a bancada de calibrado.	8

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	DURACION
Desmontar cabeza turca.	8
Cambiar rodillos superiores e inferiores del paso de soldado.	18
Montaje del rebabeador interior.	10
Desmontar rodillos de la sección Cluster.	11
Montar cabeza turca.	10
Montar castillos de calibrado.	8
Montar castillos de preformado.	8
Montar castillos de formado.	7
Montar rodillos de la sección Cluster.	7
Realizar limpieza a coples de las barras cardan.	10
Acoplar barras cardan de pre-formado.	15
Acoplar barras cardan de formado.	15
Acoplar barras cardan de calibrado.	15
Montar cuentametros en seccion de calibrado.	8
Armar tubería de enfriamiento de la sección de preformado y formado.	2
Armar tubería de enfriamiento de la sección de calibrado.	1
TOTAL	249 MIN.

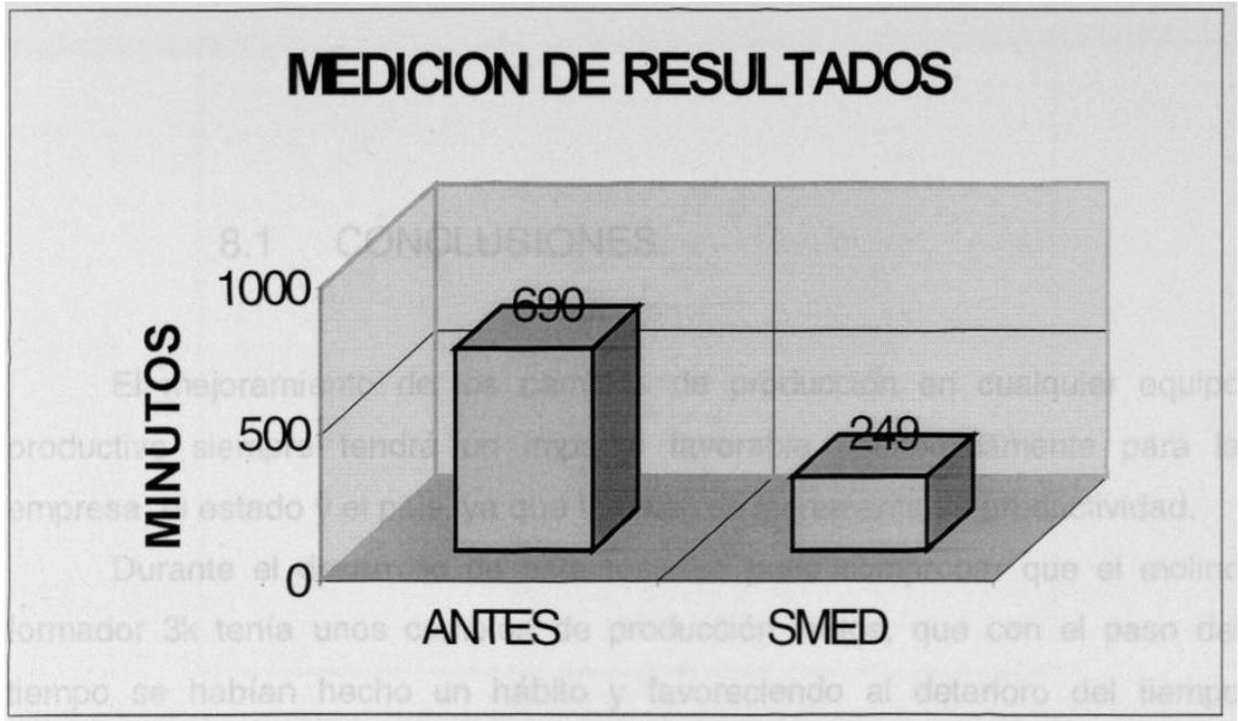
Al comparar los resultados que se midieron contra los que se tenían antes de la aplicación de este método se obtuvo una mejora significativa.

Tabla 7.2 Tabla comparativa

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	ANTES	SMED
Desarmar tubería de enfriamiento Sección Pre-formado y Formado.	7	1
Desacoplar barras cardan de la seccion de preformado.	15	13
Desacoplar barras cardan de la seccion de formado.	15	13
Desarmar tubería de enfriamiento de la seccion de calibrado.	8	1
Desacoplar barras cardan de la sección de calibrado.	15	13
Desmontar castillos de preformado.	8	8
Desmontar castillos de formado.	8	8
Desmontar cuentametros de la sección de calibrado.	6	6
Desmontar castillos de calibrado.	7	7
Realizar limpieza a bancada de preformado.	95	10
Realizar limpieza a bancada de formado.	55	8
Realizar limpieza a bancada de calibrado.	50	8
Desmontar cabeza turca.	75	8
Cambiar rodillos superiores e inferiores del paso de soldado.	45	18
Montaje del rebabeador interior.	50	10
Desmontar rodillos de la sección Cluster.	30	11
Montar cabeza turca.	10	10
Montar castillos de calibrado.	8	8

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	ANTES	SMED
Montar castillos de preformado.	8	8
Montar castillos de formado.	7	7
Montar rodillos de la sección Cluster.	25	7
Realizar limpieza a coples de las barras cardan.	10	10
Acoplar barras cardan de pre-formado.	25	15
Acoplar barras cardan de formado.	20	15
Acoplar barras cardan de calibrado.	30	15
Montar cuentametros en seccion de calibrado.	16	8
Armar tubería de enfriamiento de la sección de preformado y formado.	27	2
Armar tubería de enfriamiento de la sección de calibrado.	15	1
TOTAL	690 MIN	249 MIN.

Esta mejora significativa representa una disminución en tiempo de 690 min., que se tardaba un cambio de producción, a 249 min. , lo cual significa una reducción del 64%, el cuál se muestra gráficamente.



Gráfica 7.3 **Medición de resultados**

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1 CONCLUSIONES.

El mejoramiento de los cambios de producción en cualquier equipo productivo siempre tendrá un impacto favorable económicamente para la empresa, el estado y el país, ya que también se incrementa su productividad.

Durante el desarrollo de esta tesis se pudo comprobar que el molino formador 3k tenía unos cambios de producción lentos, que con el paso del tiempo se habían hecho un hábito y favoreciendo al deterioro del tiempo efectivo. Todas estas mejoras se terminaron de implementar durante el tiempo en que se desarrollo la tesis, sin embargo, se continuará trabajando para encontrar más áreas de oportunidad que sigan mejorando los cambio de producción.

Cabe mencionar que para lograr todo esto, se responsabilizó a una persona de tiempo completo para que supervisara las actividades de los cambis de producción, donde su función fué muy importante, ya que dió seguimiento a todas las acciones emprendidas e implementó algunas de sus propias ideas. También se involucró al personal de producción y mantenimiento, quienes contribuyeron enormemente con su esfuerzo y de dicación para poder lograr la meta; fué un trabajo de equipo.

Este trabajo de equipo se logró gracias a que se tuvo una comunicación estrecha con todo este personal mediante varias juntas a lo largo de todo este periodo.

Este objetivo de aumentar la productividad a través de la disminución de los cambios de producción debe ser una actividad que no tenga fin, ya que se debe aplicar siempre el círculo de Deming:

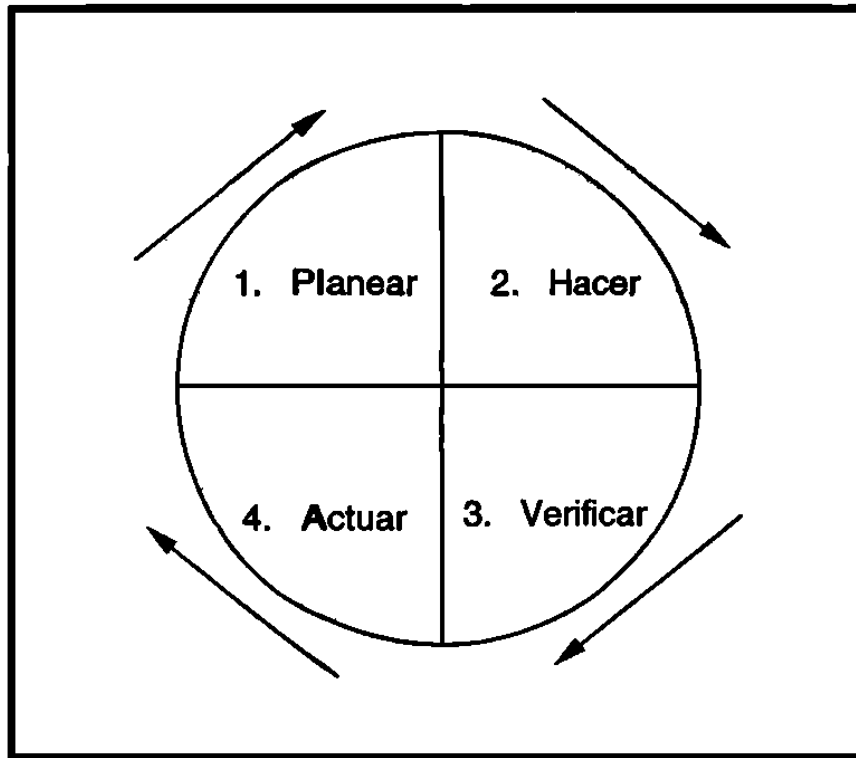


Figura 8.1 Círculo de Deming

Todo sistema es perfectible por lo que es importante continuar, ser constante y mantener esta actividad de mejora continua.

Con las acciones que se tomaron hacia el Molino Formador 3K se pudo comprobar que su tiempo de cambio de producción disminuyó en un 64%, esto equivale a una disminución de 11 ½ horas a prácticamente 4 horas, tan solo en esta etapa, sin embargo este tiempo se puede mejorar.

8.2 RECOMENDACIONES.

Para mantener y poder mejorar este logro es necesario continuar con una serie de actividades que se enlistan enseguida:

1. Revisar antes de cada cambio de producción que el almacén cuente con los materiales necesarios.
 2. Asegurar el mantenimiento de los trenes de cambio rápido cuando estén fuera de línea, revisar lo siguiente:
 - Que no exista desgaste de las flechas.
 - Que no exista juegos en las flechas.
 - Que las flechas no se encuentren dobladas.
 - Que las flechas estén alineadas con respecto a los hombros de los castillos.
 - Que las flechas estén alineadas con respecto a la demás flechas.
 - Que exista paralelismo entre las flechas.
 - Que los rodillos queden paralelos cuando se armen.
 3. Mantener en buenas condiciones la tubería que ayuda a la limpieza del canal central del molino.
 4. Cuando exista personal nuevo en el área, asegurar capacitarlo en las actividades que correspondan al puesto que ocupe.
 5. Llevar un control sobre el rectificado de los rodillos de cada una de los diámetros.
 6. Asegurar que realicen las actividades externas antes de un cambio de producción.
 7. Asegurar el mantenimiento del rebabeador interno.
-

BIBLIOGRAFIA

Maggard Bill N., Rhyne David M.; "Total Productive maintenance: A timely integration of production and maintenance", The free press, 1986.

Amstead B. H., Ostwald F. Philip, "Procesos de Manufactura", Editorial C.e.c.s.a., 1985.

Dieck J. Antonio, "Logrando las condiciones básicas de operación de los procesos", diplomado en ciencias de manufactura, modulo IV I.T.E.S.M., 1994.

Scherkenbach William W., "La ruta de Deming", Compañía editorial continental, 1992.

Sumanth, David J., "Ingeniería y administración de la productividad", Editorial Mc Graw Hill. 1990.

Lista de tablas y gráficas.

	Página
5.1 Actividades de un cambio de producción.	41
6.1 Actividades externas.	43
6.2 Actividades internas.	45
6.3 Actividades externas, responsabilidad de los operadores de cambio de producción.	46
6.4 Actividades internas con responsables.	47
7.1 Medición en tiempo de actividades.	55
7.2 Tabla comparativa.	57
7.3 Medición de resultados.	59

Lista de figuras y fotos.

	Página
2.1 Diagrama de flujo del proceso para la fabricación de tubo de tubo de acero.	8
3.1 Materia Prima (foto).	13
3.2 Slitter (foto).	14
3.3 Soldadora guild (foto).	14
3.4 Sección Formado (foto).	15
3.5 Paso de Soldado (foto).	15
3.6 Corrientes de Eddy (foto).	16
3.7 Prensa Alpha (foto).	16
3.8 Biseladora (foto).	17
3.9 Probadora (foto).	17
3.10 Barnizadora (foto).	18
3.11 Galvanizado (foto).	18
3.12 Tarraja (foto).	19

3.13	Producto Terminado (foto).	19
3.14	Diagrama de Flujo del proceso.	20
4.1	Modelo EOQ para llevar inventario.	36
6.5	Herramienta (foto).	50
6.6	Módulo de herramientas (foto).	50
6.7	Barras cardan (foto).	51
6.8	Canales del molino (foto).	51
6.9	Módulo de bobinas e impedidores (foto).	52
6.10	Soportes para rodillos(foto).	52
6.11	Tubería de enfriamiento (foto).	53
6.12	Cuentametros (foto).	53
6.13	Cabeza turca (foto).	54
8.1	Círculo de Deming.	61

APENDICE 1

NORMAS Y ESPECIFICACIONES.

Norma SECOFI	Concepto	Similares
NOM B – 10 - 1985	Tubos de acero al carbono Sin costura o soldados, negros o galvanizados por inmersión en caliente, para usos comunes.	ASTM A-120-1984 JIS G – 3452
NOM B – 177 – 1987	Tubos de acero con o sin costura, negros y galvanizados por inmersión en caliente.	ASTM A-53-1984 JIS G – 3454
NOM B – 208 – 1984	Tubos de acero para la protección de conductores eléctricos (tubos conduit) tipo pesado.	ANSI C-80,1-1977
	Especificación A. P. I. para tubería de línea, uso petrolero.	API-5L-1988
	Especificación A. P. I. para operaciones de producción, uso petrolero (casting and tubing).	API-5CT-1988

APENDICE 2

**DIMENSIONES Y CARACTERISTICA DE LA TUBERIA PARA
CONDUCCION TIPO INDUSTRIAL.**

Diámetro nominal (pulg.)	Diámetro exterior (pulg.)	Espesor (pulg.)	Cédula	Peso por tubo 6.40 mts. (Kgs.)
1/2"	0.840"	0.109"	40	8.10
1/2"	0.840"	0.147"	80	10.38
3/4"	1.050"	0.113"	40	10.76
3/4"	1.050"	0.154"	80	14.09
1"	1.315"	0.133"	40	16.00
1"	1.315"	0.179"	80	20.76
1 1/4"	1.660"	0.140"	40	21.72
1 1/4"	1.660"	0.191"	80	28.76
1 1/2"	1.900"	0.145"	40	26.00
1 1/2"	1.900"	0.200"	80	34.86
2"	2.375"	0.154"	40	35.05
2"	2.375"	0.218"	80	48.29
2 1/2"	2.875"	0.160"	40	55.43
2 1/2"	2.875"	0.203"	80	45.00
3"	3.500"	0.216"	40	72.57
3"	3.500"	0.170"	X	59.00
4"	4.500"	0.237"	40	103.71
4"	4.500"	0.185"	X	83.10
6"	6.625"	0.188"	---	123.33
6"	6.625"	0.250"	---	162.30
6"	6.625"	0.280"	40	180.86

APENDICE 3

COMPOSICION QUIMICA Y REQUISITOS DE TENSION.

Grado	Composición Química				Resistencia a tensión (lbs/pulg ²)	Límite de fluencia (lbs/pulg ²)
	C	Mn	P	S		
A	0.25	0.95	0.05	0.06	48 000	30 000
B	0.30	1.2	0.05	0.06	60 000	35 000

AUTOBIOGRAFIA

Erenstina Macías López nació en Valle Hermoso Tamaulipas, el 03 de agosto de 1972. Recibió el título de ingeniero Administrador de sistemas en la Universidad Autónoma de Nuevo León en Junio 1996.

Después ingresó en agosto 1996 a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (U.A.N.L.); donde se desempeña hasta la fecha como maestro en el área de Administración y sistemas.

En febrero 1997 ingresó al Programa de Graduados en Ingeniería Mecánica y Eléctrica (U.A.N.L.) ,para estudiar la Maestría en Ciencias de la Administración con Especialidad en Producción y Calidad.

Su domicilio permanente es :

Bosques del Canada # 648
Col. Bosques de Anahuac
C.P. 66463
San Nicolás de los Garza N.L.
Tel: (01)(8) 3- 50-82-50.



