



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y**

**Ciencias de la Producción**

“Reducción del Tiempo en el Cambio del Rodillo Cliché en una  
Fábrica Convertidora de Papel”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERA INDUSTRIAL**

Presentada por:

Marcela Elizabeth Yáñez Merchán

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año 2010

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a la Mater, por ser mis pilares y a pesar de mi pequeñez, hacen presente cada día su infinito e incondicional amor.

A mis padres, por todo su apoyo y sacrificio, por ser mi ejemplo y mis ángeles.

A Daniel, por su amor absoluto.

Al Dr. Kleber Barcia V., por su paciencia, compromiso y guía en la realización de éste, mi proyecto de tesis.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a Dios, la Mater y a mis padres, por ser la razón de mi felicidad siempre.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

Ing. Francisco Andrade S.  
DECANO FIMCP  
PRESIDENTE



---

Dr. Kleber Barcia V.  
DIRECTOR DE TESIS



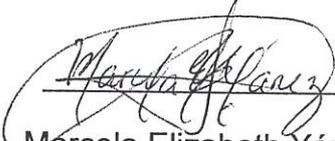
---

Ing. Marcos Buestan B.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual que la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Marcela Elizabeth Yáñez Merchán

# RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla en una empresa convertidora de papel, líder en el mercado nacional, la cual ha visto incrementada la demanda de uno de sus principales productos, papel higiénico, todo esto a pesar del incremento de la oferta por parte de otros competidores. Esto se explica gracias a características como calidad, durabilidad, detalles y respuesta inmediata que esta empresa ofrece a sus clientes.

Para poder fabricar rollos de papel higiénico de diferentes longitudes y detalles, se deben realizar varios cambios y ajustes al equipo, provocando de esta manera tiempos muertos y desperdicios al proceso.

El objetivo de ésta tesis es disminuir los tiempos en el cambio del rodillo cliché mediante un estudio de tiempos con el fin de minimizar las operaciones que no agreguen valor, reducir el tiempo de parada a la mínima expresión, evitar accidentes, mayor cumplimiento y respuesta al programa de producción.

Para obtener los resultados esperados de mejorar el tiempo y el proceso del cambio de rodillo cliché se procederá a realizar un estudio de la situación actual del mismo, para luego determinar las actividades que pueden ser disminuidas en tiempo o eliminadas, esto se conseguirá mediante el uso de la herramienta de SMED (Single Minute Exchange of Die).

Al final del proyecto se espera reducir el tiempo en el cambio del rodillo cliché de la máquina Sincro 6.5, con el fin de cumplir con la producción de acuerdo a lo planificado en cantidad y el periodo de fabricación estimado, y de ser posible producir una mayor cantidad de rodillos de papel.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Metodología.....	3
1.4. Estructura de la tesis.....	6
CAPÍTULO 2	

2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Metodología a implementarse.....	8
2.2. Estudio de tiempo y movimiento.....	13
2.3. Diagrama de actividades.....	19
CAPÍTULO 3	
3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SU PROCESO.....	24
3.1. Definición del proceso.....	24
3.2. Análisis de tiempo.....	35
3.3. Definición de indicadores.....	38
3.4. Implementación de SMED.....	43
CAPÍTULO 4	
4. IMPLEMENTACIÓN.....	46
4.1. Identificación de las actividades internas y externas.....	46
4.2. Conversión de actividades internas y externas.....	48
4.3. Perfeccionar los aspectos de la operación de preparación.....	50
4.4. Estandarización.....	61
CAPÍTULO 5	
5. RESULTADOS ESPERADOS.....	63
5.1. Análisis de indicadores.....	63
5.2. Análisis costo beneficio.....	67

## CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
6.1 Conclusiones.....	71
6.2 Recomendaciones.....	73

## APÉNDICES

## BIBLIOGRAFÍA

# ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>FIGURA 1.1</b> Metodología de la tesis.....	5
<b>FIGURA 2.1</b> Fases del método.....	11
<b>FIGURA 2.2</b> Ejemplo de reducción de tiempo de cambio de útiles.....	12
<b>FIGURA 2.3</b> Diagrama de estado.....	22
<b>FIGURA 2.4</b> Diagrama de estado de una agencia de viajes.....	23
<b>FIGURA 3.1</b> Partes de la máquina Sincro 6.5.....	25
<b>FIGURA 3.2</b> Bobina de papel o guata.....	27
<b>FIGURA 3.3</b> Rodillo cliché.....	28
<b>FIGURA 3.4</b> Rodillo gofrador.....	28
<b>FIGURA 3.5</b> Palas de la máquina Qwrap.....	30
<b>FIGURA 3.6</b> Cambio de polietileno en Qwrap.....	30
<b>FIGURA 3.7</b> Máquina Qflex.....	31
<b>FIGURA 3.8</b> Bloqueo de máquina.....	32
<b>FIGURA 3.9</b> Mecánico aflojando la brida de los rodamientos.....	34
<b>FIGURA 3.10</b> Diagrama de actividades actual del cambio de rodillo	

cliché.....	37
<b>FIGURA 3.11</b> Operador sin equipo de protección personal.....	39
<b>FIGURA 3.12</b> Equipos de protección personal para la sección Sincro 6.5.....	42
<b>FIGURA 3.13</b> Equipos de protección personal para la sección de la estación 472.....	42
<b>FIGURA 3.14</b> Capacitaciones al grupo de implementadores.....	44
<b>FIGURA 3.15</b> Cronograma.....	45
<b>FIGURA 4.1</b> Traslado de rodillo cliché.....	51
<b>FIGURA 4.2</b> Caja de herramientas con divisiones.....	53
<b>FIGURA 4.3</b> Operador realizando ajuste.....	54
<b>FIGURA 4.4</b> Rodillos.....	55
<b>FIGURA 4.5</b> Montacargas transportando rodillo.....	56
<b>FIGURA 4.6</b> Cartilla para permiso de levantamiento y traslado de cargas suspendidas.....	57
<b>FIGURA 4.7</b> Personal con EPP´s.....	58
<b>FIGURA 4.8</b> División de la máquina SINCRO 6.5.....	59
<b>FIGURA 4.9</b> Diagrama de actividades mejorado.....	62
<b>FIGURA 5.1</b> Operadores con EPP´s.....	65
<b>FIGURA 5.2</b> Bloqueo general de la máquina.....	66
<b>FIGURA 5.3</b> Delimitación del área a trabajar.....	66
<b>FIGURA 5.4</b> Máquina SINCRO 6.5.....	67

# ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>TABLA 1</b> Actividades internas y externas.....	47
<b>TABLA 2</b> Actividades internas y externas mejoradas.....	49
<b>TABLA 3</b> Actividades para el traslado del rodillo a la estación 472.....	51
<b>TABLA 4</b> Lista de herramientas necesarias para el cambio de rodillo cliché en la máquina Sincro 6.5.....	53
<b>TABLA 5</b> Programado vs. Producido luego de la implementación de SMED.....	64
<b>TABLA 6</b> Inversión en la implementación de SMED.....	68
<b>TABLA 7</b> Programado vs. producido.....	69
<b>TABLA 8</b> Utilidad antes de la implementación (USD).....	70
<b>TABLA 9</b> Utilidad después de la implementación (USD).....	70
<b>TABLA 10</b> Diferencia entre utilidades.....	71

# CAPÍTULO I

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes

De acuerdo a la recesión económica que se ha generado en el año 2009, todas las compañías especialmente las industriales, están realizando varios estudios con el fin de ahorrar costos, disminuir tiempos, eliminar actividades innecesarias y reducir gastos en general.

La presente tesis estudia los tiempos en el cambio de rodillo cliché de una empresa multinacional líder en el mercado ecuatoriano productora de papel higiénico, servilletas y pañales desechables.

Telxa fue creada en el año 1872 en la población de Neenah, Wisconsin, Estados Unidos, con el objetivo de fabricar un papel para impresión de superior calidad, confeccionado enteramente con hebras de lino y algodón [1].

A medida que transcurre el siglo XX, la compañía se fortalece en productos de consumo y uso industrial cada vez más avanzados e inventa otras categorías de productos desechables para la higiene y limpieza personal, abarcando además los hogares de las familias en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia.

En 1995, Telxa adquiere a Paper Company, quien a su vez fuera el creador del rollo del papel higiénico, tal como se conoce hoy en día. La nueva empresa se convierte en el fabricante de papel suave más grande del mundo combinando la tradición y la tecnología de dos colosos papeleros.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General:**

El objetivo de la presente tesis es disminuir los tiempos en el cambio de rodillo cliché con el fin de minimizar las operaciones que no agreguen valor, reducir el periodo de parada a la mínima expresión, evitar accidentes, mayor cumplimiento y respuesta al programa de producción.

### **1.2.2 Objetivos Específicos:**

- ✓ Analizar el proceso de cambio actual con el fin de obtener las actividades que se realizan e identificar los problemas al momento del cambio del rodillo cliché.
- ✓ Identificar y separar las actividades externas e internas del proceso para poder determinar aquellas que pueden convertirse en externas.
- ✓ Convertir las actividades internas en externas con el fin de reducir los tiempos y determinar qué actividades pueden realizarse paralelamente.
- ✓ Estandarizar el proceso del cambio de rodillo cliché de tal manera que cada cambio tome el mismo tiempo, exista eficiencia, buena utilización de las herramientas y mejor distribución del personal involucrado.

### **1.3 Metodología**

La metodología de la tesis esta graficada en la figura que se muestra a continuación (Fig. 1.1) la cual detalla con precisión los pasos que se seguirán para la elaboración de la misma.

La tesis inicia con el análisis de la situación actual del proceso donde se estudia las etapas de la elaboración del papel.

El segundo paso es la identificación, análisis y descomposición en el tiempo de cambio de las herramientas y equipos útiles, separando la

preparación interna de la externa y el hallazgo de numerosos tiempos muertos, tales como la espera del ajustador, búsqueda de una herramienta que se encuentra lejos del puesto de trabajo, etc.

La reducción en el tiempo de cambio es un problema de organización antes que un problema técnico.

La descomposición de tiempo total en el cambio del tiempo interno del externo, ya implica una reducción entre un 30 y un 50% de la duración de cambio.

El tercer paso refiere a la conversión de tiempos internos en tiempos externos. Las operaciones realizadas en tiempo interno pueden realizarse mientras la máquina trabaja reconsiderando el método de trabajo, o con una simple modificación del equipamiento o de los útiles.

En el cuarto paso se analiza la reducción de los tiempos internos y externos. Una vez que los tiempos internos están bien identificados, su reducción es posible. Hay que analizar detalladamente cada tarea y perfeccionarla.

El quinto paso, estandarización del proceso del cambio de rodillo, consiste en realizar un formato final del procedimiento paso a paso, para tomar el mismo tiempo en cada cambio de rodillo.



FIGURA 1.1 METODOLOGÍA DE LA TESIS

Como sexto paso, medición de indicadores, proyecta las mejoras que se ha alcanzado con la implementación de todos los pasos anteriores.

Como último paso se encuentra, el análisis de costo-beneficio, donde se evalúa los costos incurridos con respecto a los beneficios generados.

La aplicación de todos los pasos descritos anteriormente, está diseñado para simplificar y acortar los tiempos de cambios de útiles o herramientas. Antes de empezar a aplicarlas es necesario tener una

idea clara de cómo se realiza actualmente las operaciones de preparación y el tiempo que se invierte en ellas.

Ciertas tareas claramente pueden hacerse antes de que las máquinas se paren para cambiar el rodillo. Estas incluyen reunir al personal necesario, preparar piezas y herramientas. Para poder realizar las reparaciones, todo debe estar previamente listo y cerca del equipo.

El SMED hace posible responder rápidamente a las fluctuaciones de la demanda y crea las condiciones necesarias para la reducción de los plazos de fabricación.

#### **1.4 Estructura de la tesis**

La estructura de la tesis está compuesta por los siguientes capítulos:

El Capítulo 1 **GENERALIDADES** consta de los siguientes puntos:

- ✓ Antecedentes: Dan a conocer el por qué del tema a tratar en la tesis.
- ✓ Objetivos: Están divididos en dos clases: generales y específicos, los mismos que indican la meta a alcanzar y los pasos que se deben desarrollar.
- ✓ Metodología: Describe la técnica que se desarrollará para alcanzar los objetivos.
- ✓ Estructura: Brinda un breve resumen de los puntos que contiene la tesis.

El capítulo dos consta del **MARCO TEÓRICO** de la tesis, el cual describe a profundidad la metodología, las causas de la herramienta a utilizarse, las ventajas, desventajas, diagrama de flujo y tiempos actuales.

El capítulo tres da la **DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SUS PROCESOS** en el lugar específico con su respectivo estudio de tiempos.

El capítulo cuatro, **IMPLEMENTACIÓN**, contiene la descripción de los diferentes indicadores del proceso y la implementación de la metodología escogida para el alcance de los objetivos de la compañía.

El capítulo cinco, da a conocer los **RESULTADOS ESPERADOS**, análisis de los indicadores y análisis costo beneficio.

El capítulo seis contiene las **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** que se le otorga a la empresa de acuerdo a las necesidades descritas en los objetivos.

Y como parte final de la estructura se encuentran los apéndices y la bibliografía, donde se encuentra todo documento, nombres, gráficos, tablas, etc. que contribuyeron a la realización de esta tesis.

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Metodología a implementarse

La consecución de altos niveles de productividad en la empresa resulta indispensable para mantener a ésta en una situación competitiva, así como exige la utilización óptima de todos los elementos que intervienen en el proceso productivo. Una forma de conseguir altos niveles de productividad pasa por la reducción de los tiempos muertos en todo proceso productivo.

Una herramienta para reducir los tiempos de cambio de herramientas es la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die). Cambio de procesos en menos de diez minutos, es una teoría y conjunto de técnicas que hacen posible realizar las operaciones de cambio de herramientas y preparación de máquinas en menos de diez minutos al interior de las empresas. Este concepto introduce la idea que en general

cualquier cambio de máquina o iniciación de proceso productivo debería durar no más de diez minutos [2].

Haciendo que las operaciones de preparación sean más rápidas y simples, el SMED ayuda a la empresa a producir en pequeños lotes. Esto significa que pueden satisfacer las necesidades de los clientes con productos de alta calidad y bajo costo, con rápidas entregas sin los costos de stocks excesivos.

Esta técnica fue desarrollada por Shigeo Shingo en el año de 1950 y es parte de las herramientas del JIT (Just In Time) y del Sistema de Producción Toyota o Manufactura esbelta (Lean Manufacturing: término empleado por los norteamericanos) [2].

El SMED se desarrolló originalmente para mejorar las preparaciones y montajes para producción de prensas, máquinas y herramientas, pero sus principios se aplican a las preparaciones de máquinas en toda clase de procesos.

Reduciendo los tiempos de cambio de herramientas se reducirán los tiempos muertos del proceso productivo. Se entiende por cambio de máquina o de herramientas al tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera

pieza correcta de la serie siguiente, es decir, el tiempo del cambio y el tiempo necesario para los ajustes de la maquinaria.

El objetivo de esta metodología consiste en la disminución del tiempo dedicado al ajuste de una máquina, con el fin de conseguir cambios de útiles rápidos o incluso ajustes instantáneos.

Se pueden distinguir dos tipos de ajustes o actividades, internas y externos [1]:

**Actividades internas:** Solamente pueden realizarse con la máquina parada (montar o retirar troqueles de una prensa). El tiempo empleado en estas tareas es denominado tiempo interno. También denominadas “Operaciones de cambio de útiles con máquina parada” (OMP).

**Actividades externas:** Realizables mientras la máquina trabaja, es decir, en tiempo enmascarado (transporte de útiles desde el almacén, preparar el útil a pie de máquina, acercar las herramientas, etc.). El tiempo empleado en estas tareas es denominado tiempo externo. También denominadas “Operaciones de cambio de útiles con máquina funcionando” (OMF).

Con la aplicación de esta metodología se consigue la estandarización de la operación de cambio de modelo y coste mínimo, el aumento de la productividad del sistema sin necesidad de comprar más máquinas, la

reducción de costes unitarios de producción, el aumento de la capacidad de respuesta a los cambios de programación de la producción, la reducción del tamaño de los lotes de fabricación y la reducción de los stocks, la disminución de los plazos de entrega y evitar así el riesgo de obsolescencia del producto y la mejora de la calidad del servicio y el coste de producción de las series cortas de fabricación.

La reducción del tiempo de cambio se consigue estudiando el ciclo de cambio, se puede hacer una toma de datos sobre el terreno utilizando formularios preestablecidos, cronómetro, o cámara de video. La metodología sigue un proceso riguroso dividido en cuatro fases está representado en la siguiente figura (Fig. 2.1).

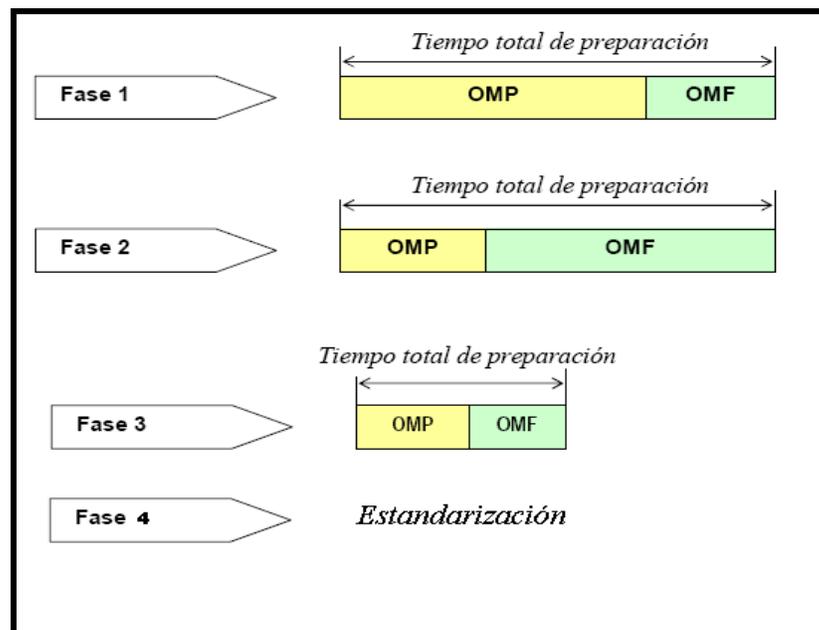


FIGURA 2.1 FASES DEL MÉTODO

La mayoría de las mejoras se consiguen en los procesos de ajuste, en ocasiones gracias a diferentes dispositivos técnicos, algunos poco costosos y que permiten realizar ganancias importantes como fijaciones rápidas, estandarización de altura de útiles, posicionamientos rápidos, etc. Otros dispositivos o herramientas son más costosos y obligan a un cálculo de rentabilidad detallado como fijaciones hidráulicas, etc.

Tipo de máquina	Tiempo antes (min)	Tiempo después (min)	Ganancia Relativa
Prensa se embutición Mülle-Weingarten	285	22	0,93
Torno revolver Bullard	40	10	0,75
Prensa de corte de chapa Spiertz	58	15	0,74
Prensa de moldeo de caucho Desma	120	15	0,87
Prensa de moldeo de plástico DK (200 ton)	120	15	0,87

FIGURA 2.2 EJEMPLO DE REDUCCIÓN DE TIEMPO DE CAMBIO DE ÚTILES

Fuente: "Les nouvelles règles de la production", de P. Béranger; Ed. Dunod, 1998.

El éxito del SMED se basa en el trabajo en equipo. El proyecto debe ser llevado a cabo por un grupo compuesto generalmente de operarios, el encargado, técnicos de métodos, mantenimiento y calidad. Este grupo

propone soluciones y sigue su puesta en marcha hasta que el objetivo sea alcanzado.

## **2.2 Estudio de tiempo y movimiento**

El estudio de tiempos y movimientos es una herramienta para la medición de trabajo utilizado con éxito desde finales del Siglo XIX, cuando fue desarrollada por Taylor. A través de los años dichos estudios han ayudado a solucionar multitud de problemas de producción y a reducir costos [3].

Se deben compaginar las mejores técnicas y habilidades disponibles a fin de lograr una eficiente relación hombre-máquina. Una vez que se establece un método, la responsabilidad de determinar el tiempo requerido para fabricar el producto queda dentro del alcance de este trabajo. También está incluida la responsabilidad de vigilar que se cumplan las normas o estándares predeterminados, y de que los trabajadores sean retribuidos adecuadamente según su rendimiento.

Estas medidas incluyen también la definición del problema en relación con el costo esperado, la reparación del trabajo en diversas operaciones, el análisis de cada una de éstas para determinar los procedimientos de manufactura más económicos según la producción considerada, la utilización de los tiempos apropiados y, finalmente, las

acciones necesarias para asegurar que el método prescrito sea puesto en operación cabalmente [4].

**Estudio de tiempos:** Actividad que implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables [5].

**Estudio de movimientos:** Análisis cuidadoso de los diversos movimientos que efectúa el cuerpo al ejecutar un trabajo [5].

Es necesario que, para llevar a cabo un estudio de tiempos, el analista tenga la experiencia y conocimientos necesarios y que comprenda en su totalidad una serie de elementos que a continuación se describen para llevar a buen término dicho estudio.

**Selección de la operación:** Qué operación se va a medir. Su tiempo, en primer orden es una decisión que depende del objetivo general que perseguimos con el estudio de la medición.

**Selección del operador:** Al elegir al trabajador se deben considerar los siguientes puntos: Habilidad, deseo de cooperación, temperamento, experiencia.

**Actitud frente al trabajador:**

- ✓ El estudio debe hacerse a la vista y conocimiento de todos.
- ✓ El analista debe observar todas las políticas de la empresa y cuidar de no criticarlas con el trabajador.
- ✓ No debe discutirse con el trabajador ni criticar su trabajo sino pedir su colaboración.
- ✓ Es recomendable comunicar al sindicato la realización de estudios de tiempos.

Se debe especificar el lugar de trabajo y sus características, las máquinas y herramientas, los materiales, el equipo de seguridad que se requiere para ejecutar dicha operación como lentes, mascarilla, extinguidores, delantales, botas, etc.

Un trabajo estandarizado o con normalización significa que una pieza de material será siempre entregada al operario en la misma condición y que él será capaz de ejecutar su operación haciendo una cantidad definida de trabajo, con los movimientos básicos, mientras siga usando el mismo tipo y bajo las mismas condiciones de trabajo.

La ventaja de la estandarización del método de trabajo resulta en un aumento en la habilidad de ejecución del operario, lo que mejora la calidad y disminuye la supervisión personal por parte de los

supervisores; el número de inspecciones necesarias será menor, lográndose una reducción en los costos.

Es muy importante que el analista registre toda la información obtenida mediante la observación directa, concerniente a la operación, en previsión de que sea necesaria para consultar posteriormente el estudio de tiempos.

La información se puede agrupar como sigue:

- ✓ Información que permita identificar el estudio de cuando se necesite.
- ✓ Información que permita identificar el proceso, el método, la instalación o la máquina.
- ✓ Información que permita identificar al operario.
- ✓ Información que permita describir la duración del estudio.

Es necesario realizar un estudio sistemático tanto del producto como del proceso, para facilitar la producción y eliminar ineficiencias, constituyendo así el análisis de la operación y para lo que se debe considerar lo siguiente [4]:

- ✓ Objeto de la operación
- ✓ Diseño de la pieza
- ✓ Tolerancias y especificaciones
- ✓ Material

- ✓ Proceso de manufactura
- ✓ Preparación de herramientas y patrones
- ✓ Condiciones de trabajo
- ✓ Manejo de materiales
- ✓ Distribución de máquinas y equipos

**Objeto de la operación:** Hay que determinar si una operación es necesaria antes de tratar de mejorarla. Si una operación no tiene objeto útil, o puede ser reemplazada o combinada con otra, debe ser eliminada por lo que se puede suspender el análisis de dicha operación.

**Diseño de la pieza:** El diseño de los productos utilizados en un departamento es importante. El diseño se determina cuando un producto satisface las necesidades del cliente. Éste es un factor de mayor importancia que el costo. Los diseños no son permanentes y pueden ser cambiados.

**Tolerancias y eficiencias:** Las especificaciones son establecidas para mantener cierto grado de calidad. La reputación y demanda de los productos depende del cuidado de establecer y mantener especificaciones correctas. Las tolerancias y especificaciones nunca deben ser aceptadas a simple vista. A menudo una investigación puede revelar que una tolerancia estricta es innecesaria o que por el contrario,

haciéndola muy rigurosa, se pueden facilitar las operaciones subsecuentes de ensamble.

**Material:** Los materiales constituyen un gran porcentaje del costo total de cada producto por lo que la selección y uso adecuado de estos materiales es importante.

**Proceso de manufactura:** Existen varias formas de producir una pieza. Se desarrollan continuamente mejores métodos de producción. Investigar sistemáticamente los procesos de manufactura ideará métodos eficientes.

**Preparación de herramientas y patrones:** La magnitud justificada de aditamentos y patrones para cualquier trabajo, se determina principalmente por el número de piezas que van a producirse. En trabajos de baja actividad únicamente se justifican aditamentos y patrones especiales que sean primordiales.

**Condiciones de trabajo:** Las condiciones de trabajo continuamente deberán ser mejoradas, para que la planta esté limpia, saludable y segura. Las condiciones de trabajo afectan directamente al operario.

Las buenas condiciones de trabajo se reflejan en salud, producción total, calidad del trabajo y moral del operario.

**Manejo de materiales:** La producción de cualquier producto requiere que sus partes sean movidas. Aunque la carga sea grande y movida a distancias grandes o pequeñas, este manejo debe analizarse para ver si el movimiento se puede hacer de un modo más eficiente. El manejo añade mayor costo al producto terminado, por razón del tiempo y mano de obra empleados. Una buena regla para recordar es que, la pieza menos manejada reduce el costo de producción.

**Distribución de maquinaria y equipo:** Las estaciones de trabajo y las máquinas deben disponerse en tal forma que la serie sistemática de operaciones en la fabricación de un producto sea más eficiente y con un mínimo de manejo.

Para la realización de este estudio de tiempos se hará uso de un cronómetro, una hoja de observaciones, formularios de estudio de tiempos y la ayuda de una filmadora.

### **2.3. Diagrama de actividades**

Un diagrama de actividad es una especialización del diagrama de estado, organizado de acuerdo con las actividades. Normalmente, estos diagramas se utilizan para especificar o detallar la secuencia de pasos que se ejecutan en un método, en un una serie de actividades que deben ser realizadas en un uso-caso, así como las distintas rutas que

pueden irse desencadenando en el uso-caso o en un flujo de negocio [6].

Es importante recalcar que aunque un diagrama de actividad es muy similar en definición a un diagrama de flujo (típicamente asociado en el diseño de Software), estos no son lo mismo. Un diagrama de actividad es utilizado en conjunción de un diagrama uso-caso para auxiliar a los miembros del equipo de desarrollo a entender como es utilizado el sistema y cómo reacciona en determinados eventos. Lo anterior, en contraste con un diagrama de flujo que ayuda a un programador a desarrollar código a través de una descripción lógica de un proceso. Se pudiera considerar que un diagrama de actividad describe el problema, mientras un diagrama de flujo describe la solución.

A continuación se describen los diversos elementos que componen un diagrama de Actividad [7].

**Inicio:** El inicio de un diagrama de actividad es representado por un círculo de color negro sólido.

**Actividad:** Una actividad representa la acción que será realizada por el sistema la cual es representada dentro de un ovalo.

**Transición:** Una transición ocurre cuando se lleva a cabo el cambio de una actividad a otra, la transición es representada simplemente por una línea con una flecha en su terminación para indicar dirección.

**Ramificación (Branch):** Una ramificación ocurre cuando existe la posibilidad que ocurra más de una transición (resultado) al terminar determinada actividad. Este elemento es representado a través de un rombo.

**Unión (Merge):** Una unión ocurre al fusionar dos o más transiciones en una sola transición o actividad. Este elemento también es representado a través de un rombo.

**Expresiones Resguardadas (Guard Expressions):** Una expresión resguardada es utilizada para indicar una descripción explícita acerca de una transición. Este tipo de expresión es representada mediante corchetes ([...]) y es colocada sobre la línea de transición.

**Ramificación (Fork):** Un fork representa una necesidad de ramificar una transición en más de una posibilidad. Aunque similar a una ramificación (Branch) la diferencia radica en que un fork representa más de una ramificación obligada, esto es, la actividad debe proceder por ambos o más caminos, mientras que una ramificación (Branch) representa una transición u otra para la actividad (como una



Muchos ingenieros de sistemas prefieren la descripción gráfica que brinda el diagrama de actividades, al igual que las compañías de producción y servicio ya que encierran de manera general y paso a paso las etapas de un proceso, lo cual resulta más fácil de entender y comprender.

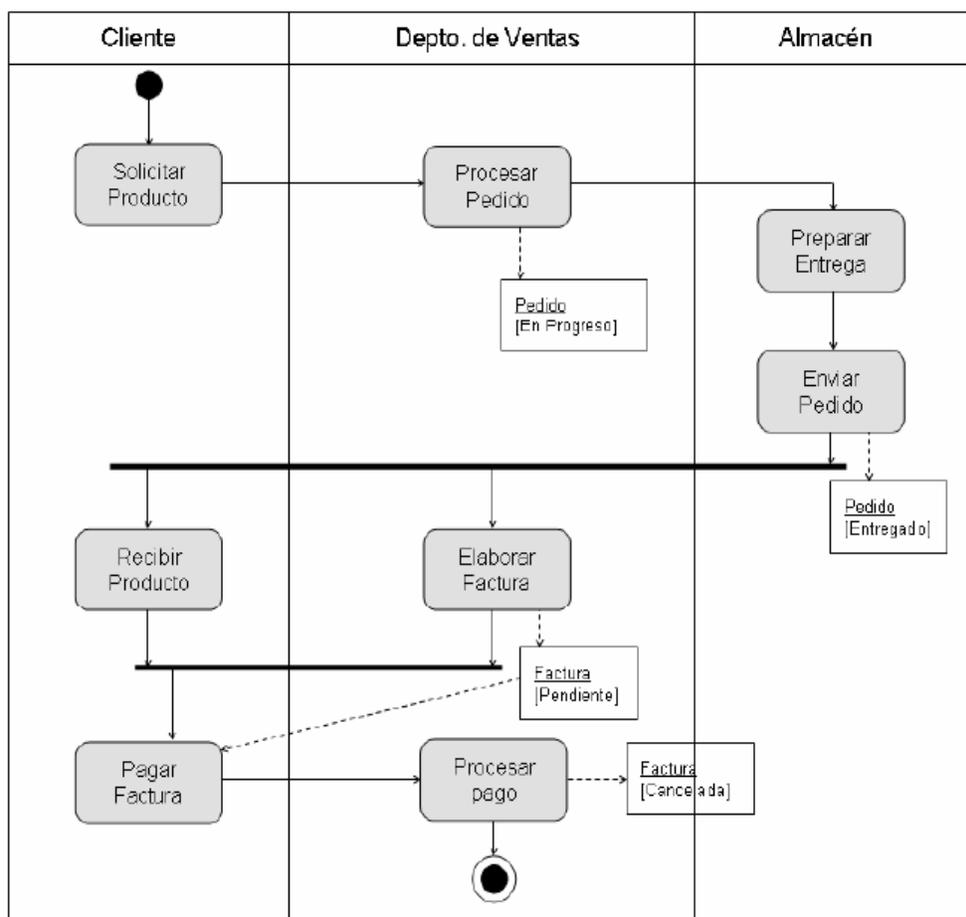


FIGURA 2.4 DIAGRAMA DE ESTADO DE UNA AGENCIA DE VIAJES

# CAPÍTULO 3

## 3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SU PROCESO

### 3.1 Definición del proceso

Para la fabricación de los rollos de papel higiénico se utiliza una máquina rebobinadora automática, llamada Sincro 6.5, para producir en alta velocidad de rollos higiénicos y toallas de papel; da una máxima flexibilidad al trabajo permitiendo variar todos los parámetros de rebobinado (cantidad de papel rebobinado, diámetro externo del log, distancia entre líneas paralelas de perforación), uno a uno o simultáneamente, sin parar la máquina, directamente del panel de control [7], la máquina puede realizar 4.6 bultos o 221 rollos por minuto.

Para el análisis y estudio del proceso de cambio de rodillo cliché, se ha dividido la máquina Sincro 6.5 en 3 partes:

- ✓ Sincro 6.5 (Parte A)
- ✓ Estación 472 (Parte B)

- ✓ Nuevo rodillo (Parte C)

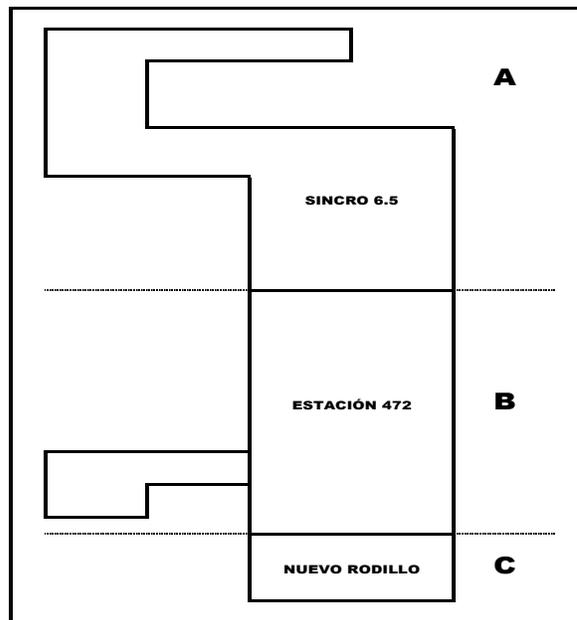


FIGURA 3.1 PARTES DE LA MÁQUINA SINCRO 6.5

La parte Sincro 6.5 está compuesta por:

- ✓ Cortadoras: Se simplifica el log en pequeños rollos.
- ✓ Barra transportadora: dan longitud y tiempo para la agrupación de los rodillos.
- ✓ QWrap: Juntan los rodillos en las diferentes presentaciones, sean estas de 4, 12, 24 o 36 rollos, también llamadas cajas.
- ✓ Qflex: La parte final de la máquina, donde se unen varias cajas o bulto.

La parte estación 472 contiene:

- ✓ Acumulador: Se juntan todos los rodillos “delgados” procesados antes de ser cortados o también llamados logs.
- ✓ Bobinas: Es donde se colocan las bobinas de los diferentes tipos y distintas procedencias.
- ✓ Sección 472: Donde se encuentran los rodillos, sean estos el cliché y gofrador.

La parte del nuevo rodillo, es la parte exterior de la máquina donde se coloca el rodillo rectificado y donde el mismo debe ser ajustado y calibrado para colocarse luego en la parte original del rodillo cliché, la estación 472.

La empresa donde se realiza este estudio, trabaja con bobina de papel o también llamadas “guatas” de papel reciclado, excelentemente procesado. Este papel puede ser local o importado dependiendo del tipo de rollo que se fabrique y el mercado al cual va dirigido.

Tipo de rollos de papel higiénico:

- ✓ Plus (normal)
- ✓ Jumbo (Dos en uno)
- ✓ Plus Mega (Tres en uno)



FIGURA 3.2 BOBINA DE PAPEL O GUATA

El desarrollo de la tesis está enfocado en la parte que genera más demanda de tiempo que es la estación 472, donde se realizan los logs de papel higiénico, que son los rollos largos del tamaño normal de papel antes de ser cortados en unidades.

Existen 2 cambios de rodillo:

- ✓ Rodillo cliché: Es aquel que da el color y junta las dos láminas del papel higiénico.
- ✓ Rodillo gofrador: Es aquel en el cual se imprime el detalle del papel (perritos).



FIGURA 3.3 RODILLO CLICHÉ



FIGURA 3.4 RODILLO GOFRADOR

El rodillo cliché es el que se cambia con más frecuencia, puede ser por vida útil (1 mes), por temporada como navidad, halloween, escolar, o ya sea por el tipo de rollo que se está realizando.

El proceso de la fabricación es el siguiente:

Se colocan dos bobinas en la parte inicial de la Sincro, las mismas que puede tener un peso entre 1 y 1.85 toneladas, de acuerdo a su procedencia y blancura. Las bobinas están paralelas, pues el papel higiénico consta de dos láminas la superior y la inferior.

Luego las láminas son pasadas por el rodillo gofrador, que es aquel que da la figura o estampado al papel, para luego pasar por el rodillo cliché donde se juntan las láminas y se coloca el color de acuerdo a la época, al mismo tiempo que entra el canuto y se va enrollando con el ancho adecuado del papel higiénico, se corta la medida exacta y se traslada a la sección del acumulador de logs, para luego pasar a las cortadoras individuales y por medio de las barras transportadoras llegan a la Qwrap donde se agrupan los rollos de papel higiénico de acuerdo a la medida que se esté produciendo (4,12,24,36 rollos), una vez unidos y colocado el polietileno correspondiente pasa a la máquina Qflex donde se agrupan por pacas.



FIGURA 3.5 PALAS DE LA MÁQUINA QWRAP



FIGURA 3.6 CAMBIO DE POLIETILENO EN QWRAP



FIGURA 3.7 MÁQUINA QFLEX

Habiendo completado el pallet, el analista de calidad debe revisar que todo el producto esté en perfectas condiciones para ser llevado a la bodega y pueda ser liberado para la venta.

Por otro lado, el proceso en el cual se basa esta tesis que es el cambio de rodillo cliché es el siguiente:

El rodillo cliché usado es enviado a rectificar apenas es retirado de la máquina, la rectificación tarda alrededor de 2 días, una vez realizado el trabajo es enviado nuevamente a la empresa cubierto por cartón y plástico para que no sufra ningún golpe o rayones en el traslado.

Una vez que llega el rodillo es ubicado al pie de la máquina Sincro en la parte de C, nuevo rodillo.

Cuando llega el tiempo de cambio dictado por el departamento de mantenimiento y coordinado con el departamento de planificación; se empieza la preparación del cambio.

Se llama a los operarios a que participen en el cambio, al igual que a 2 mecánicos, 2 electricistas y el supervisor de planta; en el capítulo 4 se podrá observar la distribución del personal en el momento del cambio.

Luego se continúa con el bloqueo de la máquina en la parte de la estación 472 que es donde se realiza el cambio y se colocan las tarjetas de bloqueo.



FIGURA 3.8 BLOQUEO DE MÁQUINA

A continuación se limita el área con las cintas de seguridad y los operarios se colocan los equipos de protección personal, cabe recalcar que estas actividades no siempre se realizaban en los procesos, lo cual pone en riesgo a las personas involucradas en el cambio y las externas al mismo.

Luego se llena el formato de autorización para poder realizar el cambio y se procede a vaciar el acumulador. Una vez que el acumulador esté vacío se retiran las guardas de seguridad del rodillo en la estación 472, las protecciones de los rodamientos, se aflojan las bridas de rodamientos y se desmonta el coche lubricador, paralelamente se cubren las bobinas que están montadas en la estación 472; se trae las eslingas y el brazo de grúa que van a ser utilizados para transportar los rodillos de la estación 472 a la estación del nuevo rodillo y viceversa, se coloca el brazo en la grúa y es desplazado a la estación 472 para estar listo al momento de retirar el rodillo usado.

Luego colocan las eslingas en el rodillo para ser trasladado a la estación del nuevo rodillo, cabe recalcar que la empresa cuenta con eslingas de varias longitudes y al momento de trasladar del rodillo se tarda 0:14:28 ya que los mecánicos y operadores deben nivelarlo para poder transportarlo.



FIGURA 3.9 MECÁNICO AFLOJANDO LAS BRIDAS DE LOS RODAMIENTOS

Una vez terminada la parte anteriormente detallada se procede a preparar el nuevo rodillo, y es en este momento que se retiran los cartones y plásticos que lo envuelven, lo cual por varias ocasiones produjo problemas pues en ese instante se percataban que el rodillo tenía agujeros o el caucho no estaba liso y en esas condiciones el rodillo no puede ser reemplazado, por lo tanto se enviaba nuevamente a retificar para ser devuelto el mismo día y continuar con el cambio, provocando que la máquina quede inoperativa por varias horas, esta es una de las razones por la cual el departamento de operaciones reportaba el tiempo de cambio del rodillo para que sea planificado para 12 horas.

Si el rodillo no presentaba ningún problema se continuaba con el proceso que corresponde en colocar las cajeras, rodamientos, bocin, arandelas de seguridad, tuercas de ajustes, tapas de protección de los rodamientos del rodillo anterior; pudiéndose realizar estas actividades a la par pues sólo se contaban con los implementos en el rodillo que se utiliza en la máquina aunque la compañía contaba con otros en el taller de los mecánicos pero en condiciones no útiles pues se debían arreglar y no se lo había realizado hace medio año.

Luego se colocan las eslingas y nuevamente se nivelaba el rodillo para poder ser desplazado al interior de la estación 472.

Una vez desplazado se coloca en rodillo en las bridas, también en los rodamientos y se colocan las tapas de protección de los mismos. Se colocan las guardas de seguridad, se calibra el rodillo cliché, se retiran las herramientas, tarjetas de bloqueo y señalización de la zona de seguridad. La figura 3.10 muestra el proceso descrito previamente.

### **3.2 Análisis de tiempo**

Para realizar el estudio completo del análisis de tiempo en el cambio del rodillo cliché, se tomaron en cuenta tiempos históricos que habían sido tomados por los departamentos de procesos y mantenimiento, además se realizaron tomas de tiempo cronometradas y filmadas en los cambios

de rodillos desde el mes de octubre 08 a noviembre 09, ver cuadro de los datos en el Apéndice 1.

La figura 3.10 muestra el diagrama de actividades actual con los tiempos promedios, el mismo que está dividido en 3 partes, estación 472, nuevo rodillo y Sincro 6.5, mostrando las actividades que se realizan en cada parte y están descritas en secuencia cronológica, por ello en el lado derecho de la tabla están los tiempos que toma la actividad. Por ejemplo, el cambio de rodillo cliché empieza con el bloqueo de la máquina Sincro 6.5 lo que toma 2 minutos en efectuarse, luego continúa con la colocación de las tarjetas de bloqueo 5 minutos, se delimita el área a utilizarse 11 minutos y se llena el formato de bloqueo de máquina la mismas que contiene hora, máquina, personas involucradas, etc.

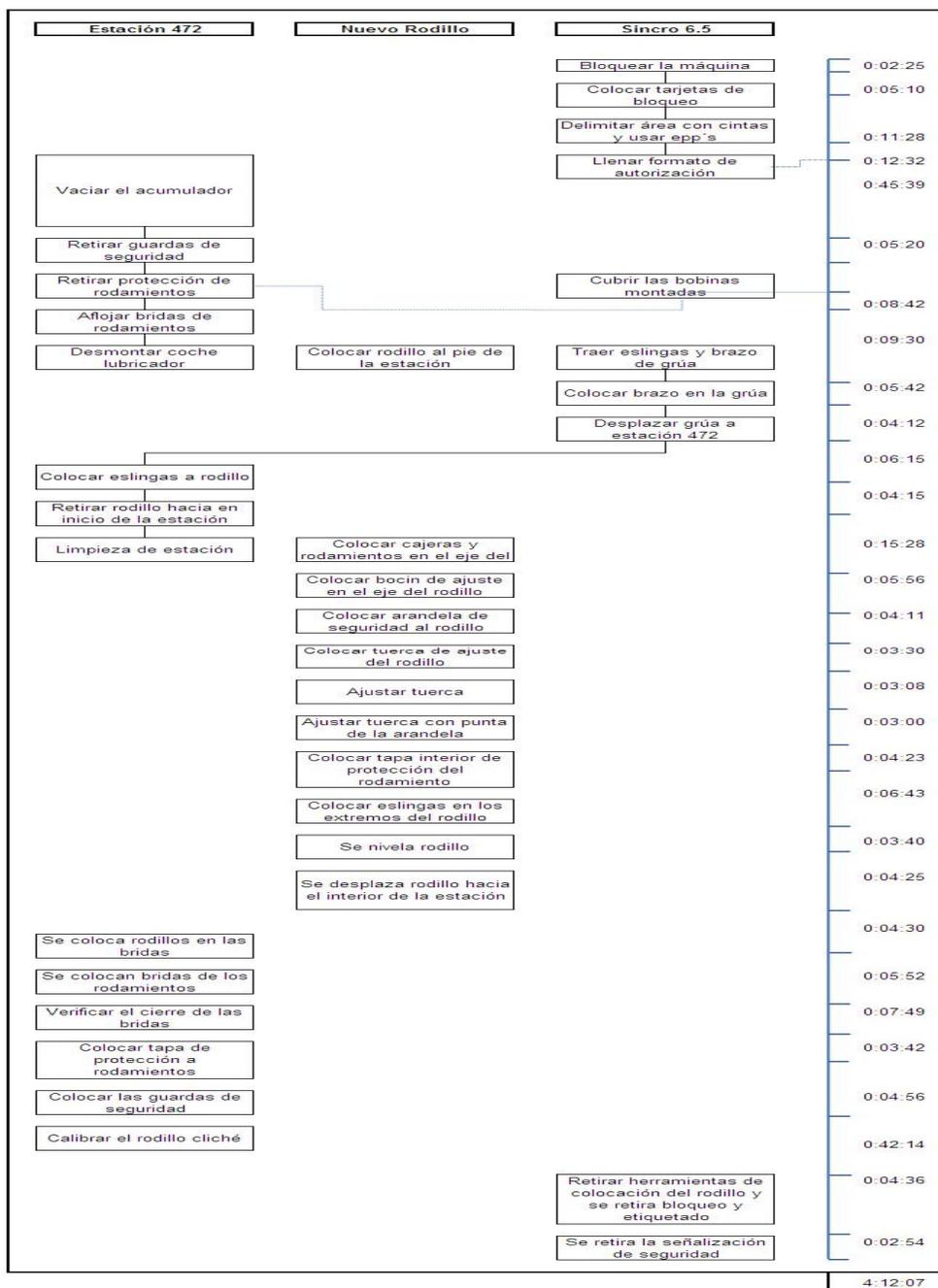


FIGURA 3.10 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES ACTUAL DEL CAMBIO DE RODILLO CLICHÉ

El tiempo total que recorre desde el vaciado de las máquinas hasta que se coloca el nuevo rodillo cliché es de 4:12:07, que es el tiempo total descrito en la figura 3.2; a pesar que éste dato, la información que se proporciona al departamento de planeación es de 12 horas, con el fin de tener un tiempo como colchón en el caso de que el rodillo tenga fallas, ya que el mismo no es revisado apenas llega de la rectificación de caucho, dando una ventaja muy significativa de mejora para una mayor producción.

### **3.3 Definición de indicadores**

La reducción de tiempo en el cambio de rodillo cliché mejora resultados en diferentes áreas, a continuación se expone los indicadores a medir.

- ✓ Cumplimiento de la producción: Tiene como objetivo el cumplimiento 100% de la producción, en el tiempo indicado. El área de planeación entrega semanalmente un formato con todas las producciones que se deben realizar en cada máquina, esta planeación tiene considerado los cambios de formatos, de rodillos y láminas. Es por ello de manera estándar tienen en consideración 12 horas por cambio de rodillo (dato proporcionado por el área de producción). Con el fin de mejorar y disminuir los tiempos de cambio se utilizará la metodología SMED así se podrá producir más por la misma cantidad de tiempo, para poder medir este indicador se evaluará el

cumplimiento de la planificación semanal de la Sincro 6.5 cuando se programe los cambios de rodillos cliché.

- ✓ Seguridad: Tiene como objetivo evaluar las medidas actuales de seguridad que se toman para realizar el cambio de rodillo cliché.



FIGURA 3.11 OPERADOR SIN EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Debido a las empresas que desean seguir desarrollándose y cumplir con las normas de calidad y seguridad, Telxa se encuentra en pleno desarrollo para la obtención de la certificación ISO9000 y el cumplimiento de las normas de seguridad del holding, es por ello que la implementación de SMED es de suma importancia para la empresa, ya que se analizan los procedimientos, se estandariza y se corrigen o

eliminan pasos innecesarios. Con el fin de mejorar la seguridad de los operadores en el momento que realicen el cambio de rodillo y cumplir con las normas de seguridad, se procede a realizar el cambio una vez firmada la cartilla de autorización que implica que todos los operarios involucrados empiecen el cambio con el Equipo de Protección Personal (epp's) correspondiente.

ISO 9000: La certificación de procedimientos de calidad en empresas que ofrecen bienes y servicios a un mercado determinado representa, en cualquier circunstancia, un mejor posicionamiento de carácter estratégico con respecto al resto de competidores que no han realizado este proceso, sin importar el tamaño de estas organizaciones. La ventaja competitiva que la empresa alcanza, luego de la certificación, se puede resumir en la obtención de tres componentes muy significativos:

- ✓ Calidad de los productos y servicios. Deben de cumplir y superar las necesidades, gustos y expectativas del cliente.
- ✓ Costos. Elaborar productos o brindar servicios con precios competitivos.
- ✓ Flexibilidad. Reflejado en menores tiempos de entrega y mayor gama de productos.

Como consecuencia, se logra mantener satisfechos a los clientes y por supuesto un mejor posicionamiento de mercado ya que se tienen mejores procesos estandarizados [8].

La norma del holding que se utiliza es el sistema de gestión EHS (environment, health and safety) que incluye estándares de control operativo de seguridad relativos a contratista de gestión, gestión de productos químicos, peligrosos de Control de Energía, Seguridad Eléctrica relacionados con Prácticas de trabajo, espacios confinados Operaciones dispositivos de elevación, el lugar de trabajo Seguridad en el Transporte, trabajos en altura, Ergonomía, Higiene Ocupacional Control de equipo de protección personal, protección respiratoria, auditiva y prevención de pérdidas. Estas normas establecen los requisitos mínimos para una unidad de negocio. Se evalúa las instalaciones en contra de estas normas durante las evaluaciones del sistema de gestión de EHS. Cualquier déficit identificado se utiliza para desarrollar instalaciones específicas de planes de mejora de EHS. [9]

Por lo expuesto anteriormente todo procedimiento debe empezar con las firmas y verificación por parte del líder del procedimiento, en este caso del supervisor, comprobar que todos estén debidamente equipados para empezar cualquier trabajo.

- ✓ Tiempo en el cambio de diseño: Disminuir el tiempo de cambio de rodillo cliché por medio de la implementación de la filosofía SMED. Se tomarán los tiempos de cambio para poder comparar el tiempo que se empleaba para el cambio vs. el actual.



FIGURA 3.12 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA LA SECCIÓN SINCRÓ 6.5



FIGURA 3.13 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA LA SECCIÓN DE LA ESTACIÓN 472

### 3.4 Implementación de SMED

La implementación de SMED fue presentada a la gerencia como proyecto de mejora de tiempo y cumplimiento de la producción, el mismo que fue aceptado luego de participar entre algunos proyectos puestos en consideración por parte de los supervisores, analistas y operarios.

Para realizar el proyecto se formó un grupo de implementadores:

- ✓ Jefe de procesos
- ✓ Analista de proceso
- ✓ Supervisor
- ✓ Analista de producción
- ✓ Operador Líder SINCRO 6.5

Quienes fueron capacitados en diferentes cursos internos de la empresa e instituciones, para luego poder informar a los trabajadores de ambas máquinas SINCRO los conocimientos adquiridos, con el fin de que todo el personal esté alineado y sean ellos quienes realicen las sugerencias y mejoras.



FIGURA 3.14 CAPACITACIONES AL GRUPO DE  
IMPLEMENTADORES

Para continuar con el proceso se filmó todos los cambios durante 2 meses para obtener los tiempos y los detalles que realizan los operarios y mecánicos en el cambio del rodillo cliché. Cabe recalcar que durante este tiempo no se realizaron mejoras ni sugerencias, con el fin de obtener datos y movimientos reales, tanto de las máquinas, operarios, mecánicos y supervisores.

Luego de analizar los tiempos se hizo una agrupación de los tiempos promedios. Todas las actividades fueron evaluadas y clasificadas en internas y externas, para luego analizar cada una de ellas con el fin de ahorrar tiempo y convertirlas en externas.

El detalle del análisis de estas actividades será detallado en el capítulo 4.

A continuación se adjunta el cronograma con el cual se planificó la implementación de SMED para el cambio de rodillo cliché.

	OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recopilar información histórica	■															
Filmación y toma de tiempos	■								■							
Clasificación de actividades internas y externas							■									
Mejora de proceso									■							
Compra de herramientas											■					
Implementación									■							
Resultados																■

FIGURA 3.15 CRONOGRAMA

# CAPÍTULO 4

## 4. IMPLEMENTACIÓN

### 4.1 Identificación de las actividades internas y externas

Para la identificación de las actividades, se estudiaron los videos y las anotaciones de todo el proceso de cambio del rodillo cliché; una vez obtenido detalladamente cada actividad se revisó con el operador líder de la máquina para verificar que todos los movimientos contaran en la cartilla.

Cabe recalcar las definiciones de cada actividad:

- ✓ Actividades internas: Solamente pueden realizarse con la máquina parada.
- ✓ Actividades externas: Realizables mientras que la máquina trabaja, es decir, en tiempo enmascarado (transporte de útiles desde el almacén, preparar el útil a pie de máquina, acercar las herramientas, etc.).

A continuación se detalla la lista de las actividades con la identificación de interna y externa.

**TABLA 1**  
**ACTIVIDADES INTERNAS Y EXTERNAS**

RODILLO ACTUAL (montado)	INTERNA	EXTERNA	TIEMPO (min)
Se bloquea máquina en general	X		0:02:25
Se colocan tarjetas de bloqueo	X		0:05:10
Se delimita el área utilizando las cintas amarillas y se colocan los app		X	0:11:28
Se vacía el acumulador		X	0:45:39
Se retiran las guardas de seguridad	X		0:05:20
Se retiran tapa de protección de los rodamientos utilizando la llave allen # 6	X		0:05:33
Se aflojan bridas de los rodamientos utilizando la llave allen # 14, en ambos lados	X		0:05:51
Se coloca plástico en las bobinas montadas	X		0:08:42
Se llena la cartilla de autorización para cambio de rodillos	X		0:12:32
Desmontan el coche lubricador	X		0:05:48
Se traen eslingas	X		0:09:30
Colocan en brazo en la grua	X		0:05:42
Se desplaza grua a la estación 472	X		0:04:12
Colocan eslingas al rodillo de la estación 472	X		0:06:15
Retiran rodillo cliché de la estación 472	X		0:04:15
Limpian bandeja de la estación 472	X		0:15:28
<b>RODILLO NUEVO</b>			
Se coloca rodillo al pie de la estación	X		0:11:20
Se colocan cajas y rodamientos en el eje del rodillo	X		0:09:30
Se coloca bocin de ajuste en el eje del rodillo	X		0:05:56
Buscando la posición adecuada se coloca arandela de seguridad en eje del rodillo	X		0:07:35
Se coloca tuerca de ajuste del rodillo	X		0:03:30
Se ajusta tuerca y se hace coincidir una punta de la arandela con una de las ranuras de la tuerca	X		0:03:08
Se trava tuerca con punta de la arandela	X		0:03:00
Se coloca tapa interior de protección del rodamiento utilizando la llave # 13	X		0:04:23
Se colocan eslingas en los extremos del rodillo para ser elevado	X		0:06:43
Se nivela rodillo	X		0:03:40
Se desplaza rodillo hacia el interior de la estación	X		0:04:25
Se coloca rodillos en las bridas de la estación	X		0:04:30
Se colocan bridas de los rodamientos utilizando la llave allen # 14, en ambos lados	X		0:05:52
Verificar que se encuentren completamente cerradas las bridas	X		0:07:49
Se colocan tapa de protección de los rodamientos utilizando la llave allen # 6	X		0:03:42
Se colocan las guardas de seguridad	X		0:04:56
Se calibra el rodillo cliché	X		0:42:14
Se retiran herramientas de colocación del rodillo y se retira bloqueo y etiquetado	X		0:04:36
Se retira la señalización de seguridad	X		0:02:54

## **4.2 Conversión de actividades internas a externas**

Luego del análisis y separar las actividades internas y externas se estudian todas las posibilidades de cambiar las internas en externas, con el fin de ahorrar tiempo y eliminar todas aquellas paradas injustificadas al momento de cambiar el rodillo, tales como la pérdida de herramienta o ausencia de mecánicos.

En la actualidad se tiene un procedimiento muy descoordinado, sin preparación para el cambio de rodillos, con falta de una buena estructuración y procedimientos; por ejemplo: al vaciar el acumulador después de bloquear la máquina existe un promedio de 45 minutos improductivos, pues mientras se realizan las verificaciones, se retiran las envolturas de las bobinas, mientras todo el personal firma la cartilla y se colocan los EPP's puede realizarse esta actividad, sin la necesidad de esperar a bloquear la máquina previamente, tiempo que se puede ganar realizando otras actividades paralelas, como se lo menciona en el ejemplo o la falta de herramientas en el momento de realizar un cambio.

A continuación se detalla el orden en que se debe realizar las actividades y con la conversión de internas en externas de una manera más ordenada y aprovechando los recursos humanos y materiales con los que se cuentan a la hora de realizar el cambio. Ver Apéndice 2.

**TABLA 2**  
**ACTIVIDADES INTERNAS Y EXTERNAS MEJORADAS**

<b>RODILLO ACTUAL (montado)</b>	<b>INTERNA</b>	<b>EXTERNA</b>	<b>TIEMPO</b>
Se llena la cartilla de autorización para cambio de rodillos		X	0:03:30
Se bloquea máquina en general	X		0:01:25
Se colocan tarjetas de bloqueo	X		0:01:10
Se delimita el área utilizando las cintas amarillas y se colocan los epp		X	0:04:25
Se vacía el acumulador		X	0:23:39
Se coloca plástico en las bobinas montadas		X	0:04:42
Se retiran las guardas de seguridad	X		0:03:20
Se retiran tapa de protección de los rodamientos utilizando la llave allen # 6	X		0:02:33
Se aflojan bridas de los rodamientos utilizando la llave allen # 14, en ambos lados	X		0:03:25
Desmontan el coche lubricador	X		0:04:15
Se traen eslingas		X	0:03:18
Traen brazo de grua		X	0:03:10
Colocar brazo en la grua		X	0:03:22
Se desplaza grua a la estación 472		X	0:04:12
Colocan eslingas al rodillo de la estación 472	X		0:04:21
Retiran rodillo cliché de la estación 472	X		0:04:15
Limpian bandeja de la estación 472	X		0:04:28
<b>RODILLO NUEVO</b>			
Se coloca rodillo al pie de la estación	X		0:03:13
Se colocan cajas y rodamientos en el eje del rodillo	X		0:03:25
Se coloca bocin de ajuste en el eje del rodillo	X		0:02:56
Buscando la posición adecuada se coloca arandela de seguridad en eje del rodillo	X		0:03:00
Se coloca tuerca de ajuste del rodillo	X		0:03:30
Se ajusta tuerca y se hace coincidir una punta de la arandela con una de las ranuras de la tuerca	X		0:02:30
Se traba tuerca con punta de la arandela	X		0:03:00
Se coloca tapa interior de protección del rodamiento utilizando la llave # 13	X		0:04:23
Se colocan eslingas en los extremos del rodillo para ser elevado	X		0:02:00
Se nivela rodillo	X		0:02:36
Se desplaza rodillo hacia el interior de la estación	X		0:04:25
Se coloca rodillos en las bridas de la estación	X		0:03:30
Se colocan bridas de los rodamientos utilizando la llave allen # 14, en ambos lados	X		0:04:52
Verificar que se encuentren completamente cerradas las bridas	X		0:03:42
Se colocan tapa de protección de los rodamientos utilizando la llave allen # 6	X		0:03:42
Se colocan las guardas de seguridad	X		0:04:56
Se calibra el rodillo cliché	X		0:19:45
Se retiran herramientas de colocación del rodillo y se retira bloqueo y etiquetado		X	0:03:25
Se retira la señalización de seguridad		X	0:02:54

### 4.3 Perfeccionar los aspectos de la operación de preparación

El método de SMED es muy útil pues ayuda a optimizar tiempos y actividades, muestra una manera más ágil y organizada de realizar las cosas, da una amplia vista para las entidades que muchas veces parecen monótonas y correctas por ello, se redujo tiempos y distancias con el propósito de tener un tiempo realmente productivo. Muchos de estos casos no involucran mayor inversión financiera, pero es esfuerzo de una formación y cultura para cada operario y supervisor que muchas veces lleva más tiempo pues se trata de romper paradigmas, salir de los límites a los que se está acostumbrado, ser organizados y visionarios.

A continuación citamos algunos puntos a mejorar en base a los problemas identificados en la descripción del proceso de cambio de rodillo cliché en el capítulo 3:

- ✓ Marcar el sitio y definir altura en el que debe ir la soga o eslinga en el rodillo y grúa: En la preparación del rodillo para ser trasladado de la parte del nuevo rodillo a la estación 472, al no tener señalizada la altura de la eslinga con respecto al rodillo se invierte en promedio 0:14:28, pudiéndolo realizar las mismas actividades en 0:11:01.
- ✓ Colocar recipientes en donde se pueda ubicar las partes y pernos desmontados: Se debe asignar unas cubetas o cajas para colocar todas aquellas partes que se deban cambiar, pues las mismas son

ubicadas en el piso o en alguna parte de la máquina que se caen y se extravían.

TABLA 3

ACTIVIDADES PARA EL TRASLADO DEL RODILLO A LA ESTACIÓN 472

DESCRIPCIÓN	TIEMPO (actual)	TIEMPO (mejorado)
Se colocan eslingas en los extremos del rodillo para ser elevado	0:06:43	0:04:00
Se nivela rodillo	0:03:40	0:02:36
Se desplaza rodillo hacia el interior de la estación	0:04:25	0:04:25
<b>TOTAL</b>	<b>0:14:48</b>	<b>0:11:01</b>



FIGURA 4.1 TRASLADO DE RODILLO CLICHÉ

- ✓ Chequear que todas las herramientas estén en su lugar antes y durante se esté realizando el cambio: Al trabajar principalmente en 2 partes y con 2 rodillos, los operadores comparten las herramientas principalmente las llaves para realizar los ajustes y muchas veces se extravían, además se pierde tiempo de ir de la estación 472 a la parte del nuevo rodillo y viceversa tal cual se presenta en la figura 3.1, o incluso deben ir a buscar las herramientas al taller de mantenimiento que se encuentra a una distancia de 25 metros. El responsable de llevar la caja de herramientas completas es el mecánico, por eso cada vez que se vaya a realizar un cambio debe cerciorarse con el check list que las herramientas que se requieren constan en la caja.
- ✓ Ubicar un lugar señalizando las herramientas a utilizar: al no tener las 2 cajas de herramientas completas, hay demora en estar buscando en cuál caja se encuentra lo que se necesita, es por ello que se preguntó todo lo que necesita cada mecánico y se dividió la caja de acuerdo a las herramientas.



FIGURA 4.2 CAJA DE HERRAMIENTAS CON DIVISIONES

TABLA 4

LISTA DE HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA EL CAMBIO DE RODILLO CLICHÉ EN LA MÁQUINA SINCRO 6.5

HERRAMIENTAS PARA SINCRO 6.5
JUEGO DE LLAVES ALLEN MILIMETRICO (1,5-2-2,5-3-4-5-6-8-10)
PLAYO NORMAL
PLAYO DE PRESIÓN
DESARMADORES FINOS PLANOS (1 GRANDE, 1 MEDIANO)
DESARMADORES ESTRELLA FINOS (1 GRANDE, 1 MEDIANO)
LLAVE BOCA CORONA # 6
LLAVE BOCA CORONA # 7
LLAVE BOCA CORONA # 10
LLAVE BOCA CORONA # 11
LLAVE BOCA CORONA # 13
LLAVE BOCA CORONA # 14
LLAVE BOCA CORONA # 17
LLAVE BOCA CORONA # 19
LLAVE BOCA CORONA # 22
LLAVE BOCA CORONA # 24
JUEGO DE DADOS 8MM A 32MM
MARTILLO DE ACERO (2 LB)
MARTILLO DE GOMA
LLAVE DE TUBO
LLAVE FRANCESA
FLEXÓMETRO 3m



FIGURA 4.3 OPERADOR REALIZANDO AJUSTE

- ✓ Tener listo el rodillo cliché: Por varias ocasiones el rodillo que es enviado a la rectificación del caucho es revisado en el momento del cambio, encontrando huecos o desnivel en el rodillo y es enviado nuevamente a la rectificadora, este es el principal motivo por el que se reporta al área de planificación 12 horas de cambio como colchón por cualquier anomalía como la mencionada anteriormente. Para ello al momento de recibir el rodillo debe ser examinado inmediatamente y en el caso de presentar alguna imperfección deberá ser regresado a la rectificadora.
- ✓ Montacargas al pie de la estación: Colocar en la parte C de la máquina Sincro 6.5 que corresponde al Nuevo Rodillo, el

montacargas para poder mover y ajustar el rodillo sin tener que estar a la espera del equipo.



FIGURA 4.4 RODILLOS

- ✓ Operadores con su respectivo EPP's: Al momento del cambio de rodillo no todos los operadores empiezan equipados y hay una demora pues no se puede empezar la operación sin que todos estén adecuadamente equipados. Es por ello que se debe firmar la cartilla de permiso de levantamiento y traslado de cargas suspendidas una vez que todos los operadores tengan colocado correctamente el equipo y sólo así se puede empezar el cambio ver la figura 4.6. Esta cartilla es entregada al supervisor de turno quien es el último en

firmarla luego de corroborar que todo lo indicado se cumpla y da el visto bueno para que empiece el proceso de cambio.



FIGURA 4.5 MONTACARGAS TRANSPORTANDO RODILLO

Todos los ahorros de tiempo se ven reflejados en la figura 4.7 del diagrama de actividades internas y externas mejoradas, donde se ordenaron las actividades de manera paralela. El tiempo inicial era de 4:12:07 y luego de realizar todas las mejoras se logró un tiempo total del proceso de 2:41:14, teniendo un ahorro de tiempo de 1:30:53 que representa una mejora del tiempo inicial del 36%.

Depto. Mantenimiento

Depto. Producción

Otros

**PERMISO DE LEVANTAMIENTO Y  
TRASLADO DE CARGAS SUSPENDIDAS**

Grúas móviles, puentegrúas, torres o diferenciales durante mantenimientos programados.

No se autorizan trabajos a menos que esta tarjeta, debidamente llenada y firmada, esté visible en el lugar de trabajo. El tiempo máximo de validación es por 12 horas. Antes de solicitar el permiso escrito el área debe ser aislada con cinta de seguridad y señalizado restricción de paso a personal no autorizado.

Ubicación del Trabajo: \_\_\_\_\_

Descripción del Trabajo: \_\_\_\_\_

Especificación Procedimiento: (Asociado N°).....

**AUTORIZACIONES**

Certifico que la zona circundante ha sido inspeccionada, que las precauciones señaladas en la lista de Precauciones han sido tomadas y autorizo el trabajo:

Emisor: \_\_\_\_\_

Nombre y/o Firma

Hora de inicio: \_\_\_\_\_

Hora de Término: \_\_\_\_\_

Ejecutor (Contratista y/o Mantenimiento): \_\_\_\_\_

Precaución: Las personas listadas a continuación son las únicas que pueden permanecer dentro del área aislada con cinta. Aquellos espacios en blanco deben ser tachados o anulados de lo contrario el permiso se anula.

**Personal involucrado**

Nombre: _____	Firma: _____

USO INTERNO

**ESTA SECCION QUEDA CON EL EMISOR DEL TRABAJO**

Fecha: \_\_\_\_\_

Ubicación: \_\_\_\_\_

Nombre Ejecutor: \_\_\_\_\_

**PRECAUCIONES**

1. ¿Se avisó personalmente el área donde se efectuará el trabajo y el equipo a usar? SI / No/ NA
2. ¿Usted y el personal que realiza el trabajo está debidamente entrenado y posee carnet que lo acredita? SI / No/ NA
3. ¿Las puertas de acceso y área de maniobras están aisladas con cinta de seguridad y señalizadas para impedir tráfico peatonal? SI / No/ NA
4. ¿Los equipos de izar (eslingas, puentegrúa, polipasto, etc.) fueron previamente inspeccionados con el formato de prueba correspondiente (Anexo a esta Permiso)? SI / No/ NA
5. ¿Si el equipo posee mas de 3.0 m de longitud, se dispone de pórtico o polipasto para realizar su levantamiento? SI / No/ NA
6. ¿Las eslingas, cables o fajas de levantamiento son certificados? SI / No/ NA
7. ¿El peso de la carga a levantar es conocido o inferior a la capacidad total del sistema de levantamiento? SI / No/ NA
8. ¿Las eslingas instaladas son de la misma capacidad, longitud y material? SI / No/ NA
9. ¿El ángulo de instalación de las eslingas y su coeficiente no genera sobrecarga? Ver Tabla SI / No/ NA
10. ¿Se han instalado cabrestantes en los extremos de la carga para orientar su movimiento e impedir que gire bruscamente cuando es levantada? SI / No/ NA
11. ¿La altura de levantamiento está libre de cables de energía o alta tensión? SI / No/ NA
12. ¿Si el equipo de levantamiento es una grúa móvil esta fue inspeccionada antes de ingresar a la planta y sus condiciones de seguridad es favorable? Anexo a este permiso SI / No/ NA
13. ¿Todo el personal que participa en el trabajo posee casco, gafas de seguridad, calzado con puntera, y guantes antideslizantes? SI / No/ NA
14. ¿La fuerza de levantamiento es realizada por un solo equipo (trole, diferencial, o grúa)? SI / No/ NA
15. ¿Estima necesario solicitar asesoría en prevención de riesgos para este trabajo? SI / No/ NA

Ángulo entre ramales	Coefficiente
0°	1.00
40°	1.06
50°	1.10
60°	1.16
70°	1.22
80°	1.31
90°	1.42
100°	1.56
110°	1.75
120°	2.00
130°	2.37
140°	2.93
150°	3.88
160°	5.76

**IMPORTANTE**

- Devolver esta tarjeta al Emisor de la Empresa una vez que los trabajos se encuentren terminados.
- Si no conoce la forma de llenar esta tarjeta consulte el procedimiento existente.
- El emisor de la empresa debe hacer llegar esta tarjeta a Control de Pérdidas una vez Finalizado el trabajo.

**FIGURA 4.6 CARTILLA PARA PERMISO DE LEVANTAMIENTO Y  
TRASLADO DE CARGAS SUSPENDIDAS**



FIGURA 4.7 PERSONAL CON EPP's

Además se realizó una mejor distribución del personal involucrado en el cambio del rodillo, la cual se explica a continuación.

Al tener la máquina detenida todos los operadores de SINCRO suspendían sus labores, ahora ayudan en el cambio, lo que los mantiene productivos y agilitan el cambio.

División del equipo de trabajo actual está conformado por:

- ✓ 9 Operadores
- ✓ 2 Mecánicos

✓ 2 Eléctricos

✓ 1 Supervisor

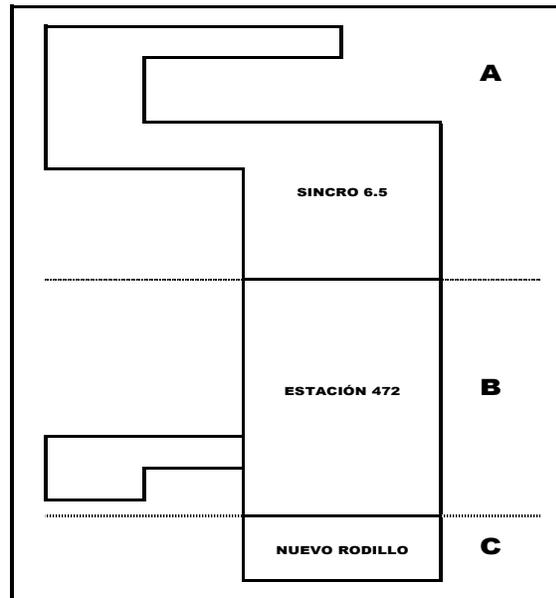


FIGURA 4.8 DIVISIÓN DE LA MÁQUINA SINCRO 6.5

En la situación actual la división del personal en la máquina Sincro es la siguiente:

Parte A

✓ 5 operadores

Parte B

✓ 1 Mecánico

- ✓ 1 Electricista
- ✓ 2 Operadores

#### Parte C

- ✓ 2 Operadores
- ✓ 1 Mecánico
- ✓ 1 Electricista

El supervisor recorre las 3 partes.

La división del personal anteriormente descrito es la que se realizaba teóricamente, pues en la realidad el número de los operadores que participan es menor, pues aprovechan ese momento para tomar un descanso.

La división mejorada es detallada a continuación:

#### Parte A

- ✓ 3 operadores

#### Parte B

- ✓ 1 Mecánico
- ✓ 1 Electricista
- ✓ 3 operadores

### Parte C

- ✓ 3 operadores
- ✓ 1 Mecánico

En la división actual ya no participan 2 eléctricos y 2 mecánicos, en su lugar participan 2 mecánicos y 1 eléctrico, pues la utilización del eléctrico sólo se realiza en la parte de la estación 472.

#### **4.4 Estandarización**

Como último punto en la aplicación de SMED y siendo el más importante pues es aquí donde se estandariza el procedimiento del cambio de rodillo cliché mejorando las actividades internas y externas, cambiando los pasos a seguir de manera más ordenada y aprovechando las actividades que se pueden realizar paralelamente, disminuyendo errores, ahorro de tiempo al tener los pasos definidos en el cambio.

Se realizó un diagrama de actividades con el que se da por concluido el método de SMED.

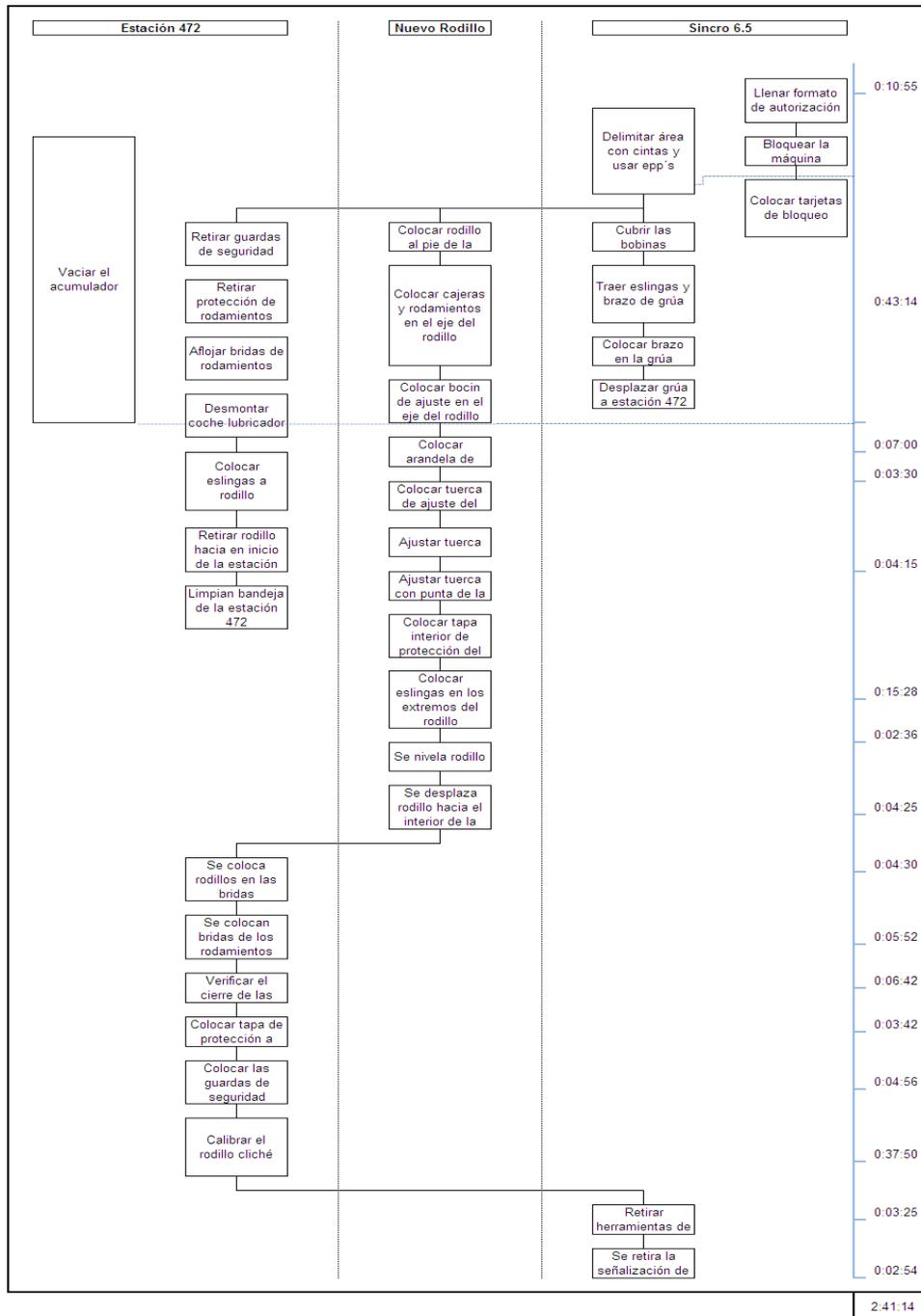


FIGURA 4.9 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MEJORADO

# CAPÍTULO 5

## 5. RESULTADOS ESPERADOS

### 5.1 Análisis de indicadores

La manera donde se puede demostrar los resultados y mejoras de todo lo que se ha implementado y analizado es en el análisis de los indicadores.

Como se expuso en el capítulo 3, los indicadores a medir son:

- ✓ Cumplimiento de la producción
- ✓ Seguridad
- ✓ Tiempo en el cambio de diseño

Para el cumplimiento de la producción, se realizó el análisis histórico de la Planificación vs. Producción de la máquina Sincro 6.5, donde refleja que hubo una mejora en el tiempo de cumplimiento, pudiendo así planificar más bultos en el mismo periodo la misma cantidad de bultos

pero en menor tiempo como lo requiera el departamento de planificación.

TABLA 5  
PROGRAMADO Vs. PRODUCIDO LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SMED

Descripción	Programado	Producido										
PLUS JUMBO 2P 2X24	11.267	11.300	20.000	20.002	7.000	7.001	9.077	9.077	8.939	8.929	8.939	8.929
PLUS JUMBO 2 PLY 3X16	6.796	6.796	9.421	9.422	814	813	4.947	4.950	4.672	4.680	4.672	4.680
PLUS JUM 2 PLY 4X12 36MT	9.000	9.001	1.000	1.000	2.904	2.904	6.855	6.860	6.592	7.133	6.592	7.133
1P 4X12X435 50	11.025	11.027	12.000	12.000	500	500	7.473	7.500	7.008	7.265	7.008	7.265
1P 12X4X35 50	1.000	1.000	1.000	1.000	21.000	21.009	6.077	6.077	7.072	7.100	7.072	7.100
PLUS JUM 2 PLY 12X 436MT	12.436	12.436	18.023	18.025	7.400	7.400	9.628	9.628	9.480	9.359	9.480	9.359
EXTRA DOBLE HOJA 12x4 22MT	3.000	3.000	12.000	12.000	25.000	25.000	22.789	22.789	20.444	21.296	20.444	21.296
EXTRA DOBLE HOJA 4x12 22MT	2.730	2.740	3.855	3.855	17.000	17.000	3.282	3.281	4.196	4.100	4.196	4.100
EXTRA DOBLE H 48X1 24MT	15.000	15.000	21.000	21.000	6.287	6.287	13.914	13.915	13.405	13.410	13.405	13.410
PLUS 2 PLY 48X1 27 MT	15.000	15.010			8.290	8.290	14.524	14.525	14.045	14.000	14.045	14.000
2 PLY 4X12 25MT	8.798	8.800			8.491	8.490	6.029	6.073	6.218	5.430	6.218	5.430
2 PLY 12X4 25MT	9.619	9.620	5.000	5.000					4.890	4.890		4.890
	105.671	105.730	103.299	103.304	104.686	104.694	104.595	104.675	106.961	107.591	106.961	107.591

En lo que respecta al indicador de seguridad, hubo una notable mejora en la respuesta para iniciar el cambio de rodillo cliché, en la planificación del cambio los operarios se colocaban sus respectivos EPP's, se señalizaba correctamente el área para llenar el formulario y se pueda otorgar el visto bueno para proceder al cambio.



FIGURA 5.1 OPERADORES CON EPP's

De igual manera, antes de empezar el cambio de rodillo cliché por seguridad, se realiza una limpieza al área para prevenir cualquier accidente.



FIGURA 5.2 BLOQUEO GENERAL DE LA MÁQUINA

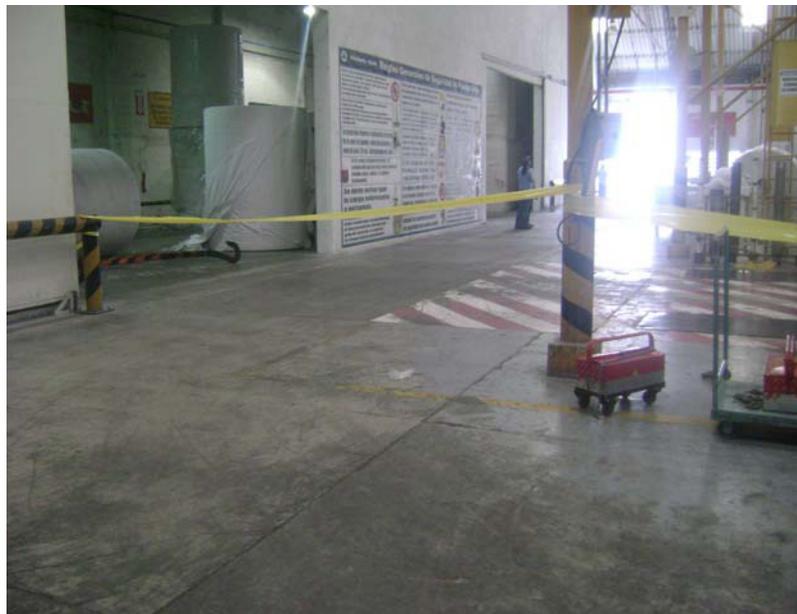


FIGURA 5.3 DELIMITACIÓN DEL ÁREA A TRABAJAR



FIGURA 5.4 MÁQUINA SINCRÓ 6.5

Como fue expuesto en el capítulo 4, el tiempo que se tomaba en realizar el cambio del rodillo cliché era de 4:12:07 y luego de realizar todas las mejoras se logró un tiempo total del proceso de 2:41:14, teniendo un ahorro de tiempo de 1:30:53 que representa una mejora del tiempo inicial del 36%. Esto se debe a la redistribución del equipo de trabajo, una mejor coordinación, el incorporar nuevas herramientas y cajas completas de las mismas, trabajos en paralelo y principalmente a la capacitación y participación impecable de los operadores.

## 5.2 Análisis de costo beneficio

Toda mejora por lo general requiere de una pequeña o gran inversión, para esta tesis y su objetivo se invirtió principalmente en capacitación

de los operarios y del grupo principal de líderes del proyecto, así también como en herramientas.

A continuación un desglose de lo invertido.

TABLA 6  
INVERSIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SMED

Descripción	Inversión
Capacitación a líderes	3.750 USD
Capacitación operarios	2.000 USD
Caja de herramientas	2.006,86 USD
Limpieza de área	150 USD
<b>TOTAL</b>	<b>7.906,86 USD</b>

La inversión que se realizó en la implementación de este proyecto fue de 7.906,86 USD, con respecto a 36% de mejora en el tiempo que se emplea en realizar el cambio del rodillo cliché, cabe recalcar que la mejora de tiempo invertido en cada cambio era de 4:12:07 y en la actualidad es de 2:42:14.

La capacitación fue realizada en Perú junto con el grupo de la planta de Lima, las personas que asistieron a este curso fueron el jefe y asistente de proyectos, el curso duró 16 horas. Luego estas dos personas impartieron los conocimientos adquiridos a los analistas, supervisores,

electricistas y mecánicos. Para luego los supervisores y el departamento de proyecto capaciten a los operarios de la máquina 6.5.

Cabe recalcar que la inversión que se realizó para la aplicación de SMED para el cambio de rodillo cliché de la máquina Sincro 6.5 fue recuperada en 3 meses como se explica a continuación.

En la tabla 7 se especifica las cantidades monetarias programadas y producidas antes de las mejoras, donde se puede observar que no se cumplía con los requerimientos de planeación.

**TABLA 7**  
**PROGRAMADO VS. PRODUCIDO**

PRODUCTOS	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
P1	1.413	1.413	122	122	742	743
P2	150	150	436	436	1.028	1.029
P3	1.800	1.800	1.243	3.157	1.121	1.125
P4	150	150	2.138	3.151	912	912
P5	2.701	2.701	1.110	1.110	1.444	1.444
P6	1.800	1.800	1.502	795	3.418	3.418
P7	578	578	892	974	492	492
P8	2.849	1.839	943	943	2.087	2.087
P9	-	-	1.042	500	2.179	2.179
P10	-	-	1.274	1.274	904	911
P11	750	750	-	-	-	-
P12	7.382	11.938	9.378	9.378	7.106	9.356
Programado USD	\$ 19.573	\$ 23.119	\$ 20.080	\$ 21.840	\$ 21.433	\$ 23.696
Producido USD	\$ 18.445	\$ 22.027	\$ 18.932	\$ 20.648	\$ 20.012	\$ 22.367
Incumplimiento de producción USD	\$ 1.128	\$ 1.092	\$ 1.148	\$ 1.192	\$ 1.421	\$ 1.329

A continuación se muestra las tablas 8 y 9 las mismas que contienen las utilidades antes y después de la implementación de SMED, donde se indica de manera monetaria los valores que representa la planificación, el real producido, valor en ventas y la utilidad que se genera en ambos casos.

**TABLA 8**

**UTILIDAD ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN (USD)**

	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>
Costo de Producción	19.573	23.119	20.080
Ingreso por venta	41.710	49.267	42.790
Utilidad	22.137	26.148	22.710

**TABLA 9**

**UTILIDAD DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN (USD)**

	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>
Costo de Producción	21.922	25.893	22.490
Ingreso por venta	46.715	55.179	47.925
Utilidad	24.794	29.285	25.436

Los resultados de la tabla 10 indica la diferencia entre las utilidades, dando como resultado que la inversión correspondiente a 7.906.86 USD fue recuperada en 3 meses.

TABLA 10  
DIFERENCIA ENTRE UTILIDADES

	MES 1	MES 2	MES 3
Utilidad final	24.794	29.285	25.436
Utilidad inicial	22.137	26.148	22.710
Diferencia entre utilidades	2.656	3.138	2.725
	<b>8.519</b>		

Gracias a la implementación de SMED en la disminución de tiempo en el cambio de rodillo cliché, la coordinación de los trabajadores y estandarización del proceso se cumple con la producción y un excedente, lo cual dio oportunidad a planificarse mayor cantidad de bultos para la satisfacción y respuesta a los clientes.

# CAPÍTULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- ✓ Se implementó una filosofía para la disminución de tiempos en el cambio de rodillo cliché de una máquina convertidora de papel, con el fin de minimizar las operaciones que no agreguen valor, reducir el tiempo de parada, evitar accidentes y cumplir con el programa de producción, dando así una rápida respuesta a los clientes.
- ✓ Se analizó el proceso de cambio de rodillo paso a paso con los supervisores, operadores líderes y el área de proyecto, donde se encontraron algunas falencias y debilidades de parte de la organización e involucramiento de los operarios y áreas relacionadas con el cambio como mantenimiento y seguridad.
- ✓ Se redujeron tiempos al colocar las herramientas y equipos en los lugares donde iban a ser requeridos, como lo es la grúa y cajas de herramientas, además de que las áreas de rodillo nuevo y estación

472 contaban con una caja de herramientas completas en cada lado, evitando la pérdida de piezas y tiempo.

- ✓ Se realizó la evaluación de las actividades internas y externas con el fin de convertir las internas en externas, realizar las actividades de manera paralela, reduciendo de esta manera considerablemente el tiempo total de todas las actividades.
- ✓ Se realiza el chequeo previo de los rodillos nuevos para evitar cualquier demora no programada, de igual manera con las herramientas a utilizar se realiza un check list.
- ✓ Ahora los operadores antes de realizar el cambio deben tener colocado el respectivo equipo de protección personal y de la misma manera señalar el área a utilizar, así se cumple con los requerimientos del holding.
- ✓ Las ganancias de esta implementación se ven reflejadas mensualmente en la puntualidad en entrega de producto y mayor cantidad de producción del mismo.
- ✓ Un agregado adicional es que el éxito que tuvo el proyecto se ha ampliado para realizar esta mejora en la máquina Sincro 4.5 y el estudio en el resto de las maquinarias de pañales y servilletas.

## **6.2 Recomendaciones**

Como recomendaciones finales de la tesis se mencionan las siguientes:

- ✓ Mayor involucramiento de parte del jefe de operaciones para que sea percibido como principal ejecutor o director del proyecto, con el fin de generar mayor confianza y credibilidad para con los operadores.
- ✓ Mantener constante estudios de mejoramiento de procesos e impartirlos a los operarios, ya que son ellos quienes ejecutan diariamente las funciones, principales y rápidas soluciones.
- ✓ Implementar este análisis en la máquina Sincro 4.5, de tal manera que se pueden registrar varios ahorros en la sección de convertidoras.
- ✓ Se recomienda realizar implementaciones de ordenamiento y limpieza de la planta tales como 5's.
- ✓ Capacitar a los mecánicos y electricistas para el ahorro de tiempos y mejoras de los procesos, para que trabajen más de cerca con los operadores líderes de cada línea.
- ✓ Finalmente, es también recomendable integrar a los operarios, renovar el ambiente de trabajo en equipo, liderazgo y empoderamiento, ya que a la final de cada jornada son ellos quienes hacen posible que todo el proceso se cumpla con los resultados esperados.

# APÉNDICE

**APÉNDICE 1**  
**Tiempos históricos en minutos del cambio de rodillo cliché de la máquina Sincro 6.5**

RODILLO ACTUAL (montado)									
Se bloquea máquina en general	2,417	2,769	2,622	2,806	2,795	2,901	2,080	2,732	1,685
Se colocan tarjetas de bloqueo	5,167	5,532	3,726	7,114	5,856	5,445	4,885	5,431	4,675
Se delimita el área utilizando las cintas amarillas y se colocan los epp	11,467	11,579	11,379	11,160	10,213	10,863	11,674	12,557	12,329
Se vacía el acumulador	45,650	47,966	46,163	44,374	46,434	46,895	45,350	43,787	44,928
Se retiran las guardas de seguridad	5,333	5,895	4,120	5,504	6,876	5,503	7,842	6,158	3,797
Se retiran tapa de protección de los rodamientos utilizando la llave allen # 6	5,550	6,052	6,529	4,272	6,056	4,290	6,658	5,543	6,531
Se aflojan bridas de los rodamientos utilizando la llave allen # 14, en ambos lados	5,850	6,310	5,901	6,298	5,962	6,612	7,077	5,050	5,936
Se coloca plástico en las bobinas montadas	6,333	7,694	5,753	6,773	7,510	7,972	7,488	5,574	5,469
Se llena la cartilla de autorización para cambio de rodillos	12,533	13,342	14,029	12,179	12,415	13,370	14,341	12,175	13,832
Desmontan el coche lubricador	5,800	5,938	5,748	7,167	5,747	6,302	6,707	4,583	5,576
Se traen eslingas	9,500	9,897	8,855	11,459	9,579	7,124	10,054	8,185	9,269
Colocan en brazo en la grua	5,700	6,103	5,443	6,234	7,697	6,003	4,295	6,848	5,733
Se desplaza grua a la estación 472	4,200	2,861	2,936	3,955	5,272	4,800	2,163	3,553	3,501
Colocan eslingas al rodillo de la estación 472	6,250	6,216	5,335	8,113	4,737	6,663	6,782	5,879	7,455
Retiran rodillo cliché de la estación 472	4,250	4,459	3,496	4,722	3,707	5,057	6,405	5,701	6,508
Limpian bandeja de la estación 472	8,467	8,254	9,922	10,359	7,208	6,902	8,780	7,329	8,799
RODILLO NUEVO									
Se coloca rodillo al pie de la estación	9,083	8,101	8,793	8,330	8,464	8,213	8,897	9,737	9,024
Se colocan cajas y rodamientos en el eje del rodillo	9,417	9,254	9,885	9,465	9,140	9,465	9,484	9,325	7,469
Se coloca bocin de ajuste en el eje del rodillo	5,933	5,792	5,526	6,273	5,601	6,143	6,189	7,077	6,814
Buscando la posición adecuada se coloca arandela de seguridad en eje del rodillo	5,583	5,665	5,797	5,962	4,450	5,451	7,863	6,315	4,883
Se coloca tuerca de seguridad del rodillo	3,500	2,527	2,984	2,943	3,745	3,183	4,110	4,360	3,828
Se ajusta tuerca y se hace coincidir una punta de la arandela con una de las ranuras de la tuerca	3,133	2,907	3,271	2,820	2,669	3,774	2,944	2,342	2,933
Se trabaja tuerca con punta de la arandela	3,000	3,140	2,996	2,996	3,031	3,092	2,929	2,896	2,982
Se coloca tapa interior de protección del rodamiento utilizando la llave # 13	3,250	3,330	3,195	3,191	3,397	3,251	3,275	3,185	3,268
Se colocan eslingas en los extremos del rodillo para ser elevado	4,717	4,786	4,704	4,883	4,730	4,547	4,926	4,803	4,471
Se nivela rodillo	3,667	3,638	3,558	3,922	3,624	4,040	3,649	3,956	3,566
Se desplaza rodillo hacia el interior de la estación	4,417	4,521	4,600	4,483	3,994	4,840	4,311	4,176	4,600
Se colocan rodillos en las bridas de la estación	3,500	3,332	3,436	3,173	3,449	3,634	3,618	3,439	3,813
Se colocan bridas de los rodamientos utilizando la llave allen # 14, en ambos lados	3,867	3,562	3,814	3,725	4,046	3,884	4,059	3,903	3,906
Verificar que se encuentren completamente cerradas las bridas	5,217	5,256	5,356	5,356	5,139	4,889	5,099	5,576	5,542
Se colocan tapa de protección de los rodamientos utilizando la llave allen # 6	3,700	4,351	3,695	3,877	3,512	3,889	3,837	3,640	3,941
Se colocan las guardas de seguridad	4,933	4,750	5,279	4,960	4,792	5,012	4,798	5,095	5,057
Se calibra el rodillo cliché	23,223	23,235	23,282	23,284	23,154	23,390	23,456	22,930	23,380
Se retiran herramientas de colocación del rodillo y se retira bloqueo y etiquetado	4,600	4,574	5,092	4,545	4,177	4,890	4,683	4,603	4,525
Se retira la señalización de seguridad	2,900	3,234	2,960	3,082	3,202	2,892	2,639	2,896	3,297

2,963	2,754	2,729	2,161	2,127	2,565	2,531	2,701	2,209	1,849	2,311	1,718	2,570	2,401	3,702	2,143	1,763	2,644	2,513	2,106	3,977	2,360
5,311	5,934	6,586	6,139	6,359	5,192	3,509	4,563	6,000	3,668	5,811	2,688	5,346	4,515	6,407	4,168	4,869	4,673	4,850	5,587	7,006	3,149
11,104	11,667	10,670	13,171	9,643	11,931	13,111	10,725	12,850	11,170	11,489	10,791	12,267	11,698	12,388	11,909	10,035	9,624	11,866	10,616	12,302	11,734
45,235	46,198	46,136	45,821	46,500	46,610	45,034	45,149	45,373	47,014	46,719	48,313	45,977	45,041	45,087	46,676	46,538	44,257	45,275	45,022	45,046	46,615
6,846	6,848	6,286	5,256	3,536	6,772	3,628	5,396	4,375	4,516	5,413	4,344	4,656	5,188	4,937	5,528	3,053	4,227	6,839	7,100	4,923	6,025
3,294	5,149	3,854	5,134	3,686	4,316	4,607	6,119	5,380	4,447	7,039	3,270	6,354	5,452	5,020	3,726	6,468	4,427	4,858	5,697	6,148	5,978
5,870	4,763	5,894	5,692	4,355	6,152	6,707	6,931	6,416	6,820	7,314	5,957	6,343	5,335	5,252	4,982	5,729	6,020	6,388	5,994	6,011	6,162
6,585	7,980	4,667	7,910	6,525	6,671	5,382	5,489	7,446	7,962	7,537	5,741	6,773	5,299	6,418	6,391	7,036	5,113	5,965	7,785	6,836	7,410
11,040	14,327	13,344	11,869	11,278	12,856	14,170	11,864	11,891	12,780	13,458	12,978	12,377	11,845	12,978	11,981	12,674	11,905	13,188	12,760	13,262	12,013
6,341	4,891	5,693	5,842	6,528	6,564	5,951	4,833	7,672	3,504	7,004	5,890	6,230	7,310	5,278	6,470	5,619	3,525	5,864	6,637	6,528	6,137
11,730	10,858	9,393	10,571	8,271	9,664	9,043	10,441	8,660	7,473	10,153	6,858	8,403	8,794	7,902	8,869	10,791	8,563	9,118	9,091	8,832	9,042
6,131	6,145	2,898	4,908	5,514	6,646	6,810	6,446	6,299	4,334	5,700	4,892	5,859	5,440	6,597	3,641	4,593	6,681	5,624	7,188	4,844	5,937
4,912	4,299	4,699	5,641	3,578	5,461	3,302	1,053	5,304	2,862	3,895	3,582	5,205	6,150	4,954	4,945	3,798	4,248	3,526	2,875	3,881	5,038
7,370	8,947	6,408	6,294	6,776	4,597	5,541	5,947	4,957	6,192	5,728	7,302	6,583	4,750	3,825	6,460	6,245	7,961	7,373	5,378	6,182	5,604
5,253	2,847	5,014	4,021	5,509	3,980	4,696	4,936	4,916	3,490	5,324	3,617	4,561	4,479	4,334	6,456	4,939	5,506	2,004	5,272	2,096	4,799
9,594	8,850	7,375	7,719	8,372	8,275	8,940	8,443	7,689	9,633	7,839	8,858	10,903	7,550	9,477	7,904	9,744	7,613	9,589	8,702	7,424	9,858
11,101	8,757	8,514	9,241	8,021	6,953	9,446	8,634	9,067	9,601	8,835	10,341	9,039	10,218	10,584	11,954	9,005	9,067	9,592	8,803	9,527	7,987
9,683	9,182	11,521	8,224	9,352	9,013	9,669	8,363	9,301	11,332	7,764	9,552	9,084	10,333	8,868	10,326	10,452	8,349	8,948	10,735	9,051	
5,843	5,822	5,538	5,481	6,493	5,145	4,802	6,081	5,416	5,351	5,334	6,711	6,836	5,780	6,111	6,400	5,976	5,599	5,153	5,771	5,839	5,495
4,979	5,543	5,958	5,329	5,869	5,610	5,596	6,305	5,546	5,741	5,058	6,781	6,340	5,741	5,082	5,662	6,271	7,420	3,752	5,840	6,986	6,397
2,030	4,938	3,063	4,368	2,164	2,187	4,040	3,343	2,481	2,589	3,499	3,430	4,052	3,419	4,210	5,334	2,548	4,314	3,129	3,329	3,310	2,950
2,807	3,011	3,026	3,299	2,980	3,407	2,980	3,629	2,178	3,016	3,317	3,130	3,275	2,991	1,971	3,343	2,548	3,313	2,876	3,422	3,026	3,194
3,100	2,930	3,127	3,081	3,054	3,019	2,962	2,855	2,771	3,039	3,066	2,950	2,865	2,947	3,217	2,954	2,980	3,048	2,912	2,954	2,962	2,931
3,436	3,356	3,293	3,419	3,242	3,198	3,127	3,262	3,247	3,273	3,161	3,249	3,132	3,433	3,227	3,316	3,320	3,396	3,341	3,196	3,325	3,324
4,699	4,700	4,692	4,698	4,688	4,662	4,696	4,617	4,605	4,775	4,526	4,677	4,775	4,734	4,505	4,704	4,667	4,685	4,834	4,877	4,842	4,574
3,940	3,863	3,755	3,967	3,334	3,957	3,718	3,540	3,435	3,943	3,560	3,675	3,564	3,681	4,189	3,850	3,736	3,969	3,655	3,842	4,079	
4,566	4,346	4,171	4,502	4,353	4,495	4,211	4,288	4,456	4,239	4,293	4,421	4,569	4,599	4,701	4,227	4,345	4,562	4,201	4,593	4,377	4,692
3,740	3,373	3,618	3,054	3,672	3,752	3,557	3,485	3,438	3,676	3,640	3,502	3,606	3,757	3,531	3,443	3,463	3,332	3,533	3,152	3,424	3,505
3,904	3,964	3,517	3,867	3,777	3,721	4,100	4,188	3,814	3,721	3,791	3,706	4,031	4,005	4,235	3,734	3,553	3,585	4,006	3,888	3,946	4,007
5,154	5,459	5,674	5,732	5,081	5,097	5,226	5,171	5,045	5,088	5,284	5,422	5,265	5,350	4,873	5,152	5,273	5,335	5,446	5,116	5,401	5,159
3,886	4,038	3,773	3,759	4,040	3,439	3,684	3,759	3,569	3,912	3,679	3,379	3,993	4,038	3,750	3,699	3,622	3,707	3,467	3,739	3,691	3,772
4,751	5,130	4,763	4,990	5,083	5,137	5,177	5,106	4,804	4,947	5,013	5,176	5,234	4,911	4,990	4,740	5,034	4,753	4,963	4,585	5,268	5,177
23,227	23,399	23,287	23,181	23,127	22,960	23,077	23,523	23,097	23,103	23,162	23,383	23,012	23,184	23,197	23,280	22,995	23,558	23,662	23,274	23,395	23,028
4,564	4,705	4,493	4,160	4,736	5,089	4,720	4,395	4,529	4,651	4,488	4,441	4,677	4,713	4,167	4,288	4,559	4,852	4,772	4,568	4,858	4,752
3,142	3,111	3,168	2,951	2,970	2,861	2,736	2,615	2,865	2,769	2,889	3,084	2,948	2,907	2,880	2,756	3,196	2,806	2,800	2,823	3,091	3,247

APÉNDICE 2

Tiempos históricos en minutos del cambio de rodillo cliché de la máquina Sincro 6.5 (mejorado)

RODILLO ACTUAL (montado)										
Se lleva la cartilla de autorización para cambio de rodillos	3,805	3,602	3,265	3,382	3,416	3,284	3,571	3,706	3,280	3,331
Se bloquea máquina en general	1,653	1,286	1,763	1,624	1,998	1,473	1,164	1,120	1,302	1,579
Se colocan tarjetas de bloqueo	1,217	1,209	0,718	1,096	1,483	1,273	1,173	1,212	0,946	1,270
Se delimita el área utilizando las cintas amarillas y se colocan los epp	4,310	4,488	4,447	4,656	4,470	4,192	4,491	4,573	4,551	4,418
Se vacía el acumulador	24,379	23,718	23,984	24,020	24,325	24,285	23,820	23,886	24,001	23,739
Se coloca plástico en las bobinas montadas	4,635	4,373	4,879	4,847	4,624	5,066	4,806	5,073	4,700	4,612
Se retiran las guardas de seguridad	3,300	2,998	3,050	3,111	3,616	3,479	3,479	3,204	3,064	3,178
Se retiran tapa de protección de los rodamientos utilizando la llave allen # 6	2,413	2,577	2,606	2,479	2,669	2,372	2,455	2,443	2,798	2,515
Se aflojan bridas de los rodamientos utilizando la llave allen # 14, en ambos lados	3,494	3,327	3,283	3,471	3,255	3,660	3,419	3,889	3,264	3,520
Desmontan el coche lubricador	4,927	4,476	4,542	4,484	4,318	4,227	4,119	4,247	4,497	3,879
Se traen eslingas	3,168	3,590	3,124	3,616	3,249	3,113	3,472	3,342	3,081	3,105
Traen brazo de grua	3,552	3,720	3,425	3,213	2,984	3,235	3,682	3,130	3,339	3,449
Colocar brazo en la grua	3,451	3,497	3,601	3,311	3,106	3,097	3,321	3,344	3,742	3,645
Se desplaza grua a la estación 472	3,888	4,177	4,219	4,257	4,073	4,177	4,065	3,979	4,157	4,436
Colocan eslingas al rodillo de la estación 472	4,472	4,268	4,540	4,418	4,274	4,730	4,597	4,398	4,532	4,349
Retiran rodillo cliché de la estación 472	4,263	4,267	4,128	4,282	4,174	4,267	4,359	4,381	4,158	4,651
Limpian bandeja de la estación 472	4,627	4,373	4,737	4,622	4,511	4,301	4,426	4,312	4,818	4,407
RODILLO NUEVO										
Se coloca rodillo al pie de la estación	3,603	3,278	3,678	3,344	3,414	3,954	3,341	3,086	3,778	3,585
Se colocan cajas y rodamientos en el eje del rodillo	3,182	2,847	2,935	2,946	2,722	3,168	2,818	2,812	2,806	2,980
Se coloca botón de ajuste en el eje del rodillo	3,183	2,808	2,782	3,333	3,169	3,145	3,038	3,107	3,202	3,094
Buscando la posición adecuada se coloca arandela de seguridad en eje del rodillo	3,249	3,529	3,273	3,530	3,383	3,201	3,470	3,469	3,551	4,117
Se coloca tuercas de ajuste del rodillo	2,363	2,497	2,405	2,571	2,721	2,620	2,415	2,357	2,237	2,844
Se ajusta tuercas y se hace coincidir una punta de la arandela con una de las ranuras de la tuercas	3,088	2,669	2,582	2,826	3,205	2,879	3,039	2,866	2,763	3,086
Se traba tuercas con punta de la arandela	2,617	3,157	3,063	2,789	3,414	3,070	2,847	3,073	2,801	3,536
Se coloca tapa interior de protección del rodamiento utilizando la llave # 13	3,531	3,251	3,305	3,976	3,528	3,663	3,990	3,515	3,709	3,483
Se colocan eslingas en los extremos del rodillo para ser elevado	3,584	3,203	3,819	3,156	3,647	3,377	3,643	3,383	3,480	3,562
Se nivelea rodillo	3,143	3,075	2,909	3,466	3,084	3,511	3,206	3,261	3,064	3,214
Se desplaza rodillo hacia el interior de la estación	4,139	4,401	4,651	4,097	4,234	4,414	4,427	4,311	4,497	4,625
Se colocan rodillos en las bridas de la estación	3,725	3,641	3,175	3,490	3,629	3,545	3,513	3,430	3,635	3,358
Se colocan bridas de los rodamientos utilizando la llave allen # 14, en ambos lados	4,367	4,829	4,301	4,628	4,837	4,811	4,896	4,792	4,846	4,817
Verificar que se encuentren completamente cerradas las bridas	3,665	3,890	3,788	3,534	3,207	3,679	3,631	3,660	3,751	3,863
Se colocan tapa de protección de los rodamientos utilizando la llave allen # 6	3,866	3,720	3,431	3,748	3,448	3,661	4,027	3,548	3,315	3,638
Se colocan las guardas de seguridad	4,502	4,888	5,071	4,896	4,808	4,868	5,221	4,810	4,932	4,763
Se calibra el rodillo cliché	19,729	19,776	19,380	19,831	19,796	19,669	19,795	19,830	19,624	19,549
Se retiran herramientas de colocación del rodillo y se retira bloqueo y etiquetado	3,597	4,066	3,321	3,377	3,599	3,454	3,824	3,342	3,519	3,511
Se retira la señalización de seguridad	3,332	2,849	2,736	2,842	3,015	3,225	3,053	3,052	3,054	2,841

3,557	3,323	3,350	3,302	3,803	3,474	3,648	3,398	3,423	3,318	3,603	3,788	3,423	3,630	3,199	3,634	3,305	3,410	3,544	3,492
1,393	1,783	1,375	1,363	1,545	1,474	1,976	1,552	1,256	1,180	1,482	1,494	1,616	1,356	1,313	1,382	1,587	1,212	1,294	1,418
0,927	1,103	1,227	0,850	1,097	0,954	1,128	1,299	1,318	1,178	1,381	1,326	1,137	0,974	1,168	0,889	0,718	1,512	1,038	1,440
4,640	4,464	4,041	4,641	4,165	4,221	4,639	4,469	4,587	4,535	4,208	4,316	4,189	4,132	4,129	4,456	4,546	4,466	4,583	4,667
24,109	23,558	23,733	23,762	24,224	23,886	23,829	23,901	24,169	23,710	23,930	24,071	24,389	24,211	24,290	24,119	23,501	23,873	23,840	24,032
4,730	4,518	4,559	5,005	4,637	4,887	5,203	4,725	5,058	4,879	4,680	4,644	4,641	5,007	4,887	4,850	4,714	4,280	4,658	4,585
3,251	3,486	3,244	3,244	3,456	3,270	3,481	3,076	3,388	2,995	3,334	3,211	3,322	3,384	3,043	3,224	3,218	3,070	3,372	3,428
2,780	2,375	2,297	2,391	2,838	2,372	2,723	2,705	2,468	2,834	2,552	2,473	2,623	2,886	3,030	2,538	2,503	2,700	2,443	2,765
3,480	3,606	3,125	3,345	3,350	3,243	3,796	3,599	3,540	3,687	3,562	3,302	3,622	3,218	3,625	3,491	3,490	3,252	3,347	3,245
4,291	4,508	4,759	4,242	3,980	4,041	4,298	4,386	4,559	4,266	4,326	4,426	4,110	4,036	4,012	4,469	4,347	4,339	4,353	4,224
3,229	3,175	3,084	3,268	3,402	3,288	3,401	3,170	2,822	3,223	3,093	3,385	3,278	3,358	3,077	3,471	3,358	3,385	3,181	3,291
3,335	2,874	3,276	3,246	2,994	3,301	3,035	3,350	3,306	3,177	3,109	3,181	3,134	3,158	3,187	3,268	3,361	2,851	3,381	3,367
3,433	3,634	3,422	3,470	3,164	3,872	3,609	3,257	2,826	3,612	3,537	3,235	3,595	3,470	3,344	3,312	3,325	3,212	3,114	3,260
4,074	4,143	4,425	4,305	4,243	4,087	3,828	4,259	4,429	4,270	4,216	3,820	4,026	4,498	4,229	4,194	4,226	4,127	4,112	4,429
4,137	4,385	4,361	4,091	4,407	4,403	4,754	4,473	4,444	4,444	4,170	4,260	4,567	4,723	4,343	4,070	4,364	4,386	4,463	4,726
3,848	4,242	4,409	4,273	4,125	4,089	4,328	4,579	4,404	4,519	4,458	4,068	4,374	4,578	4,551	4,291	4,263	4,671	4,032	4,343
4,448	4,625	4,293	4,805	4,334	4,863	4,315	4,616	4,076	4,510	4,565	4,665	4,471	4,686	4,480	4,512	4,292	4,953	4,534	4,633
3,638	3,092	3,298	3,502	3,692	3,303	3,342	3,504	3,400	3,302	3,114	3,626	3,403	3,320	3,271	3,458	3,205	3,495	3,283	3,012
3,043	2,860	2,614	2,732	2,667	2,879	2,805	2,874	3,194	2,864	3,096	3,054	2,872	2,094	2,134	3,062	2,517	2,814	2,876	2,879
3,052	3,029	2,895	2,998	3,003	3,281	2,862	2,691	2,874	3,039	3,105	2,983	3,279	2,847	2,979	3,224	3,132	2,823	2,885	3,110
3,451	3,402	3,622	3,247	3,169	3,502	3,518	3,564	3,474	3,707	3,517	3,467	3,269	3,586	3,563	3,303	3,626	3,735	3,443	3,368
2,578	2,467	2,440	2,435	2,634	2,637	2,717	2,509	2,586	2,462	2,401	2,513	2,491	2,645	2,188	2,529	2,367	2,487	2,203	2,383
2,861	2,883	3,103	2,623	3,321	2,937	2,829	2,616	2,997	2,750	2,562	2,871	2,637	3,192	2,951	2,851	2,882	2,743	2,930	2,829
3,092	2,834	3,017	2,934	2,828	2,941	2,779	3,223	3,050	2,891	2,961	3,321	3,193	3,241	3,026	3,136	3,268	2,941	3,211	2,949
3,536	3,178	3,709	3,941	3,773	3,470	3,584	3,379	3,625	3,686	3,202	3,249	3,331	3,653	3,463	3,383	3,814	3,647	3,604	3,837
3,304	3,092	3,520	3,526	3,347	3,727	3,517	3,511	3,637	3,901	3,493	3,480	3,402	3,416	3,513	3,612	3,320	3,529	3,157	3,684
3,531	3,157	3,139	3,428	2,975	2,940	3,233	3,144	3,192	3,394	3,148	3,100	3,649	3,155	3,504	3,006	3,457	3,083	3,057	3,530
4,545	4,452	4,360	4,137	4,281	4,179	4,430	4,668	4,364	4,428	4,140	4,585	4,497	4,545	4,172	4,078	4,546	4,540	4,248	4,356
3,568	3,467	2,981	3,714	3,406	3,597	3,414	3,691	3,571	3,461	3,750	3,673	3,249	3,502	3,531	3,569	3,809	3,292	3,684	3,840
4,911	4,996	4,825	4,216	4,897	4,712	5,038	4,811	4,548	4,951	5,262	4,887	5,109	4,468	4,934	4,580	4,695	5,044	5,235	4,657
3,965	3,605	3,818	3,930	3,908	3,746	3,734	4,128	3,693	3,932	3,794	3,553	3,825	3,863	3,541	3,566	4,010	3,758	3,583	3,403
3,556	3,452	3,728	3,485	3,491	3,515	3,772	3,989	3,857	3,904	3,981	4,422	3,745	3,796	3,771	3,698	3,800	3,813	4,078	3,420
4,863	4,880	4,981	4,066	4,872	4,596	5,127	4,798	4,855	4,820	4,978	4,760	4,866	4,663	5,019	5,000	5,020	4,846	4,771	5,218
19,609	19,635	19,791	20,063	19,893	19,417	19,737	19,537	20,023	19,825	20,102	19,580	19,803	19,383	19,639	19,882	19,743	20,185	19,709	19,982
3,110	3,483	2,886	3,007	3,728	3,417	3,607	3,416	3,426	3,251	3,483	3,410	3,360	3,283	3,265	3,466	3,697	3,803	3,734	3,637
2,773	2,893	3,310	2,663	2,882	2,948	3,422	3,058	3,001	2,975	2,869	2,806	3,036	3,047	2,528	2,904	2,740	2,848	3,128	2,774

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] \_\_\_\_\_, “Historia de Telxa”, Kcplatam,  
[www.kcandina.com/kcplatam/VBeContent/NewsDetail.asp?ID=3315&IDCompany=111](http://www.kcandina.com/kcplatam/VBeContent/NewsDetail.asp?ID=3315&IDCompany=111), febrero 2004.
- [2] Velasco, S., *Organización de la producción*. Segunda edición, Editorial Pirámide, México, 2006.
- [2] Shingo, S., *El sistema de gestión de la producción*. Cuarta edición, Editorial TGP, 2005.
- [4] Monden, Y., *Sistema de reducción de costes*. Segunda Edición, Editorial TGP, 2005.
- [5] Niebel, B., *Métodos, tiempos y movimientos*. Segunda edición, Fundación Ingenieril, México, 1980.
- [6] Venegas, R. “Diagrama de actividades”,  
<http://spideep.wordpress.com/2007/11/16/diagrama-de-actividades/>,  
Abril 2008.

- [7] \_\_\_\_\_, “Estudio de movimiento”, Allytatt,  
[www.monografias.com/trabajos27/estudio-tiempos/estudio-tiempos.shtml](http://www.monografias.com/trabajos27/estudio-tiempos/estudio-tiempos.shtml), Enero 2006.
- [8] Smith, J., *Implemente calidad de clase mundial*. Primera edición,  
editorial Limusa, México, 1996.
- [9] \_\_\_\_\_, “EHS”, [www.telxaworld.com/aboutus/Sustainability/sustainability\\_pg57.aspx](http://www.telxaworld.com/aboutus/Sustainability/sustainability_pg57.aspx), Marzo 2008.