

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY  
CAMPUS MONTERREY  
ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACION  
Y DIRECCION DE EMPRESAS**



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY**

**SINCRONIZACION DE LA PRODUCCION EN EL AREA  
DE RECTIFICADO LAMINACION EN FRIJO**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
MAESTRO EN DIRECCION PARA LA MANUFACTURA**

**POR:**

**JOSE ALEJANDRO RAMOS ABREGO**

**MONTERREY, N. L.**

**JUNIO 2004**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY**

**CAMPUS MONTERREY**

**ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACION  
Y DIRECCION DE EMPRESAS**



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY**

**SINCRONIZACION DE LA PRODUCCION EN EL AREA  
DE RECTIFICADO LAMINACION EN FRIO**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
MAESTRO EN DIRECCION PARA LA MANUFACTURA**

**POR:**

**JOSE ALEJANDRO RAMOS ABREGO**

**MONTERREY, N. L.**

**JUNIO 2004**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES  
DE MONTERREY**

**CAMPUS MONTERREY**

ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY.®**

**SINCRONIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN EL ÁREA  
DE RECTIFICADO LAMINACIÓN EN FRÍO**

**TESIS:**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO ACEDÉMICO DE:  
MAESTRO EN DIRECCIÓN PARA LA MANUFACTURA**

**POR:**

**José Alejandro Ramos Abrego**

**MONTERREY, N.L.**

*Junio, 2004*

## **Dedicatoria**

A mi esposa e hijos quienes son mi razón de ser y que son los que me impulsan a seguir preparándome y ser mejor persona cada día. Ellos que con grandes sacrificios me apoyaron durante el desarrollo de esta maestría.

A mis padres quienes me han apoyado incondicionalmente durante toda mi vida, me han proporcionado el camino y han inculcado en mi persona el deseo de superación.

## **Agradecimientos**

A todo el equipo de trabajo que me ayudaron a desarrollar e implementar el proyecto en APM. Este equipo esta conformado por las siguientes personas:

Ing. Rogelio Martínez Obregon  
Ingeniero de Rectificado LF

Ing. Isidro de la Torre Ochoa  
Ingeniero de Automatización LF

Ing. Julián Armando Galaz  
Jefe de Automatización LF

## **Resumen**

Este proyecto de Tesis viene a complementar una de las estrategias de negocio de la empresa IMSA MEX S.A. de C.V (División APM), a quién en lo sucesivo se le llamara APM. Donde uno de sus objetivos es el de incrementar su participación de mercado en la lámina RFR (Rollo Rolado en Frío), para lograr lo anterior se necesitan desarrollar proyectos que ayuden a aumentar la capacidad productiva de uno de sus procesos críticos (Molino Tandem Frío).

Con la finalidad de lograr lo anterior esta tesis se desarrolla mediante la implementación de un sistema "pull system", el cual permita la sincronización de la producción del área de rectificado de laminación en frío con los requerimientos del Molino Tandem. Con este sistema se busca eliminar las demoras por falta de rodillos generadas en el Molino a causa de un problema de sincronización.

Lo que se espera lograr al implementar el sistema de trabajo (Pull System) es lo siguiente:

- Incremento de Capacidad Productiva del Molino Tandem Frío
- Eliminar las demoras por falta de rodillos en el Molino Tandem Frío
- Coordinar el proceso de rectificado con las necesidades de sus cliente internos.
- Potencial incremento en la participación de mercado en el segmento de lámina RFR (Rollo Rolado en Frío)

# Tabla de Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	
1.1	Antecedentes	1
1.2	Descripción de los Procesos Involucrados en esta Tesis	2
1.3	Problemática General	2
1.4	Propósito de la Tesis	3
1.5	Alcance	4
<b>2</b>	<b>Revisión Bibliográfica</b>	
2.1	Conceptos Básicos de la Filosofía “Lean Manufacturing”	5
2.2	Principios de “Lean Thinking”	6
2.3	Siete tipos de desperdicios identificados en “Lean Manufacturing”	6
2.4	Metodología para lograr la Sincronización del Área de Rectificado	7
2.5	Identificar Valor	7
2.6	Cadena de Valor	8
2.7	Flujo de Valor.	8
2.8	Sincronización mediante el desarrollo de un “Pull System”	9
<b>3</b>	<b>Implementación de la Metodología</b>	
3.1	Definir valor desde la perspectiva del cliente (value)	10
3.2	Identificar la cadena de valor para cada producto (Value Stream)	11
3.3	Hacer fluir lo definido como valor sin interrupciones (Flow)	13
3.4	Implementar el Sistema “Pull” (Pull)	13
<b>4</b>	<b>Resultados del Proyecto de Tesis</b>	18
<b>5</b>	<b>Conclusiones</b>	
5.1	Otras Aplicaciones	19
5.2	Investigación Futura	20
<b>6</b>	<b>Bibliografía</b>	21
<b>7</b>	<b>Anexos</b>	
Anexo 1	Procesos Involucrados en el Proyecto	23
Anexo 2	Gráfica de Tendencia de Demoras en Tandem por Rectificado	23
Anexo 3:	Diagrama de Flujo del Proceso de Rectificado de Rodillos en Laminación en Frío	24
Anexo 4	Gráfica de Tendencia de Demoras en Tandem por Rectificado (Real vs. Objetivo)	25
Anexo 5	Capacidad Anual Molino Tandem LF (Real vs. Objetivo)	25
Anexo 6	Presentación del Proyecto de Tesis	26

# Lista de Figuras

Figura 1.1	Diagrama Causa-Efecto Demoras en Tandem por Rectificado	1
Figura 1.2	Capacidad de Rectificado vs. Requerimiento Mensual	2
Figura 1.3	Demoras Promedio '99-'03 y Demoras Objetivo	3
Figura 1.4	Procesos y Productos del área de Laminación en Frío	4
Figura 2.1	Modelo Para la Implementación de "Lean Manufacturing"	7
Figura 3.1	Fotografías Ilustrativas de los Rodillos del Molino Tandem	10
Figura 3.2	Diagrama del Mapeo de la Situación Actual	11
Figura 3.3	Diagrama del Mapeo de la Situación Futura	12
Figura 3.4	Esquema general del "Pull System" Tandem – Rectificado	14
Figura 3.5	Interfase Hombre Maquina del Molino Tandem (HMI)	14
Figura 3.6	Sistema Kanban Rectificado de Rodillos	15
Figura 3.7	Kanban de Rodillos Armados	16
Figura 3.8	Solicitud de Rodillos al Área de Armado	16
Figura 3.9	Retirar Rodillos del Kanban de Matizado	16
Figura 3.10	Kanban de Rodillos Matizados	17
Figura 3.11	Retirar Rodillos al Área de Rectificado	17
Figura 3.12	Kanban de Rodillos Rectificados	17
Figura 5.1	Sistema Kanban Rectificado de Rodillos Área de Temples	20



# 1 Introducción

## 1.1 Antecedentes

En la actualidad donde en la industria se presentan entornos donde la competencia es cada vez más intensa, es de suma importancia que las empresas desarrollen todos sus procesos administrativos y operativos al máximo, buscando incrementar su productividad y eficiencia lo cual los lleve a posiciones competitivas más favorables. Durante el desarrollo de esta tesis y basándose en las necesidades de la empresa donde se realizó la misma, el enfoque que se tiene es hacia a la mejora de los procesos productivos.

La empresa en la que se llevo a cabo el proyecto es APM, una empresa perteneciente al grupo IMSA, y dedicada al proceso de acero. En APM se tiene como estrategia de corto plazo el incrementar su participación de mercado, principalmente en el segmento de lámina rolada en frío, lo anterior conlleva a la necesidad de maximizar la eficiencia en uno de sus procesos productivos críticos, lo que permitirá alcanzar la estrategia establecida. El Molino Tandem Frío es el proceso pivote para la fabricación de lámina fría recocida, el cual es el producto de mayor valor agregado en APM y en el que se quiere incrementar la participación de mercado.

Con la finalidad de incrementar la capacidad productiva del Molino, y considerando los puntos mencionados anteriormente, el proyecto de tesis realizado giro en torno a buscar la continuidad del proceso. Una de las áreas de oportunidad para lograr lo anterior y donde se centrara el desarrollo de este proyecto es el de la *Sincronización del Proceso de Rectificado Laminación en Frío* con las necesidades de sus clientes internos, eliminando pérdidas de capacidad por falta de rodillos. El área de rectificado es un proceso crítico para la continuidad del Molino Tandem, ya que provee uno de los insumos principales como lo son los rodillos de trabajo.

El siguiente diagrama causa efecto (ver figura 1.1) se tomo como base para la definición del proyecto a realizar, al considerarse la problemática de la sincronización como una de las áreas de oportunidad para eliminar la generación de demoras en el molino Tandem por problemas relacionados con el abasto de rodillos provenientes del área de rectificado.

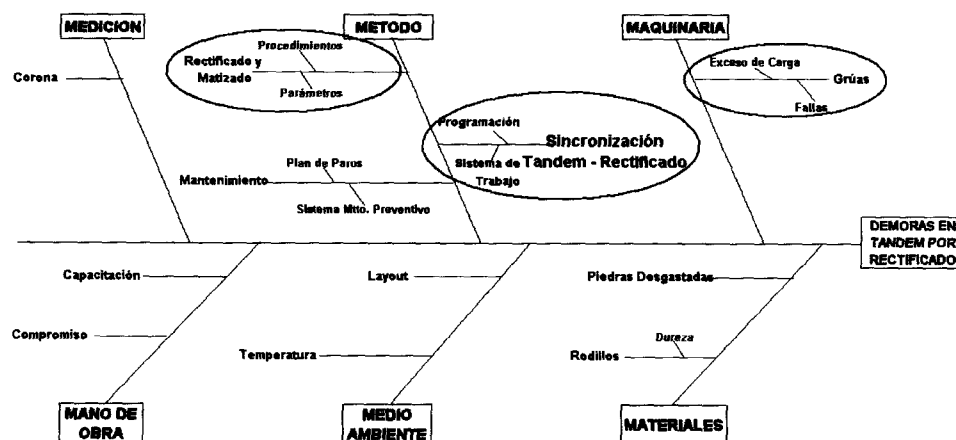


Figura 1.1:  
Diagrama Causa-Efecto Demoras en Tandem por Rectificado

## 1.2 Descripción de los Procesos Involucrados en esta Tesis

Para tener un mejor entendimiento del desarrollo de esta tesis se presenta una breve descripción de los procesos involucrados. En el anexo 1 se muestran los procesos de manera gráfica.

### Molino Tandem Frío:

Proceso de laminación mediante el cual se reduce el espesor de la lámina, se dan las propiedades de resistencia, dureza y se modifica la estructura del acero. El Molino Tandem consiste en 4 castillos (Stands), cada uno con una pareja de rodillos de trabajo motorizados de manera independiente, cada pareja de rodillos esta soportado por una pareja de rodillos de apoyo los cuales son de un mayor diámetro. El espesor de la lámina es disminuido gradualmente conforme va pasando por cada castillo del molino.

### Área de Rectificado:

El área de rectificado en APM consta de tres actividades principalmente:

- **Rectificado:** Proceso en el cual se realiza un desbaste superficial a los rodillos con la finalidad de eliminar el material fatigado y quitar defectos en la superficie del rodillo.
- **Matizado:** Proceso donde se le da el acabado superficial al rodillo (rugosidad). Para dar este acabado se utiliza granalla la cual se impacta a la superficie del rodillo para dejar un acabado rugoso.
- **Armado:** Proceso donde se realiza el montaje de las chumaceras a los rodillos.

## 1.3 Problemática General

Actualmente el flujo de producción del área de rectificado de laminación en frío no esta sincronizado con las necesidades de sus clientes internos, lo cual genera problemas de abasto y exceso de inventarios. Debido a lo anterior es importante el desarrollo de mecanismos y prácticas operativas que permitan coordinar la relación producción-requerimientos de clientes internos, así como desarrollar sistemas que faciliten el flujo de información.

El problema de abasto de rodillos por problemas de sincronización que se tiene actualmente en el proceso, se presenta aún y cuando la capacidad instalada del área de rectificado sobrepasa en un 40% a los requerimientos actuales de rodillos. (Ver Figura 1.2)

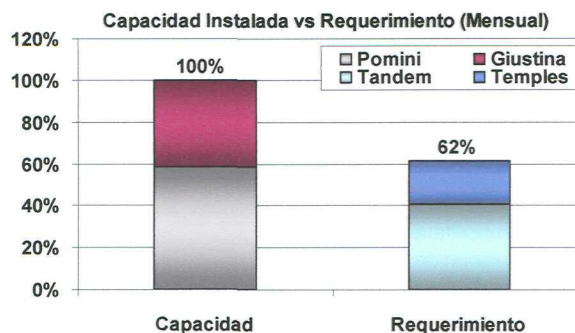


Figura 1.2:  
Capacidad de Rectificado vs. Requerimiento Mensual

Como se comenta anteriormente, a pesar de la capacidad productiva de rectificado se presentan demoras por falta de rodillos en el Molino Tandem Frío. Durante el período de 1999 al

2003, las demoras que se han presentado en el Molino Tandem por problemas de abasto de rodillos del área de Rectificado son de 2,76% como promedio, estas demoras disminuyen el tiempo efectivo del molino, ocasionando pérdidas de capacidad productiva. En el anexo 2 se muestra la gráfica de tendencia anual de demoras en el molino por rectificado

Resumiendo la problemática a resolver con el desarrollo de esta tesis es el siguiente:

- Actualmente en APM se tiene una pérdida de capacidad productiva en el molino Tandem Frío por demoras en el proceso, ocasionadas por problemas en el abasto oportuno de rodillos provenientes del área de rectificado.

## 1.4 Propósito de la Tesis

El propósito de esta tesis es el planteamiento de un sistema de trabajo, el cual permita lograr una sincronización de la producción del área de Rectificado LF con los requerimientos de sus clientes internos. Estableciendo lo anterior, lo que se logra es mejorar el servicio del área de Rectificado e incrementar la continuidad mediante tiempo disponible del Molino Tandem Frío ya que se logra disminuir al máximo las demoras ocasionadas en esta línea por problemas de abasto de rodillos.

Por lo tanto uno de los objetivos de esta tesis es el de eliminar las demoras del Molino Tandem a causa de Rectificado. (Ver figura 1.3)

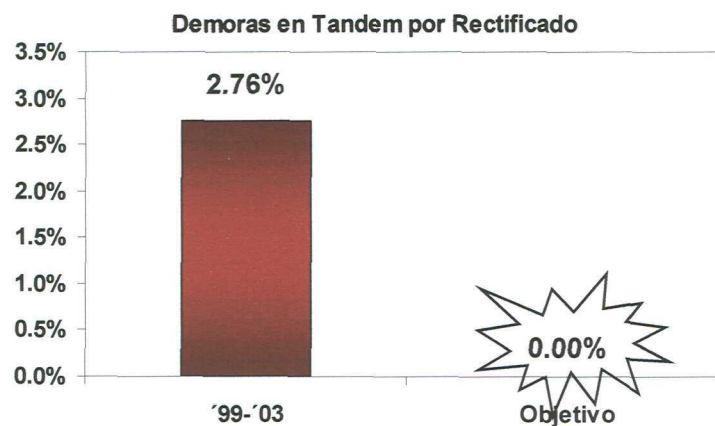


Figura 1.3:  
Demoras Promedio '99-'03 y Demoras Objetivo

El planteamiento del sistema de trabajo esta fundamentado en el desarrollo e implementación de un sistema, en el cual se logren coordinar las actividades realizadas en el área de rectificado con los requerimientos de su cliente interno (Molino Tandem Frío). Este sistema busca producir únicamente lo que el siguiente proceso necesita y cuando lo necesita. Para lograr lo anterior se consideran los siguientes puntos:

- Eliminar Restricciones
- Lograr un flujo de producción e información eficiente
- Desarrollo de un proceso basado en un "pull system"

Otro beneficio adicional que se busca es el de disminuir el inventario de rodillos en procesos y rodillos nuevos en APM, logrando disminuir el capital de trabajo.

## 1.5 Alcance

El alcance de este proyecto de tesis se limita al área de Rectificado Laminación en Frío y a los productos que ofrece al Molino Tandem Frío. Se busca desarrollar un sistema de trabajo basado en un “pull system”, para el cual se desarrolla una base de programación soportada por sistemas de información que facilitan el proceso.

Para lograr un entendimiento de los procesos y productos que están involucrados en el área de laminación en frío en APM, se muestra la siguiente figura ( Ver Figura 1.4).

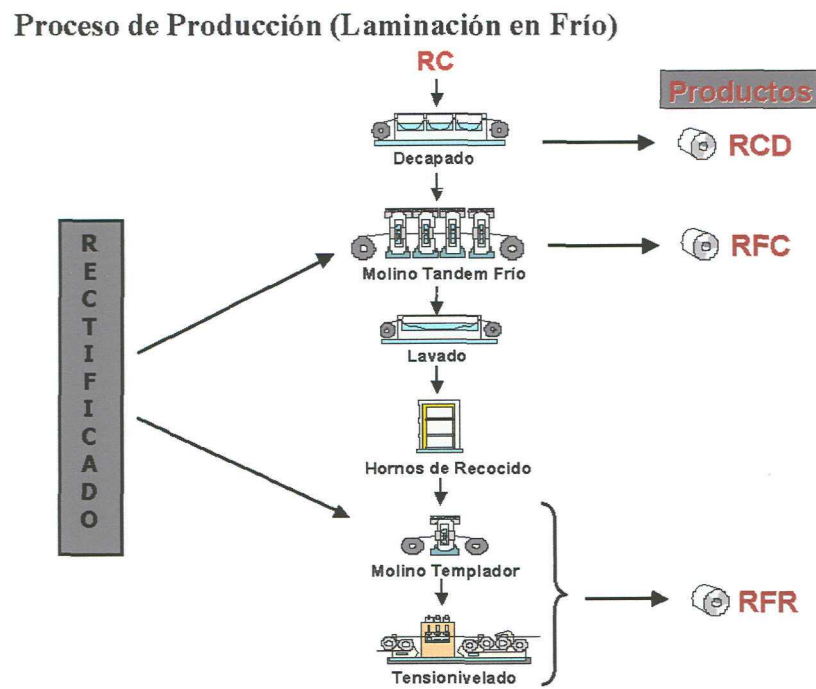


Figura 1.4:  
Procesos y Productos del área de Laminación en Frío

El área de rectificado tiene como clientes internos el Molino Tandem Frío y los Molinos Templadores. El Tandem es el proceso pivote para la fabricación de lámina rolada en frío, teniendo como productos principales el Rollo Frío Crudo (RFC) y Rollo Frío Recocido (RFR).

Si bien Lean Manufacturing trata de analizar toda la cadena de valor de un producto específico, para esta tesis se utilizan los conceptos a nivel compañía.

## 2 Revisión Bibliográfica

Los fundamentos para el desarrollo de esta tesis están basados en principios de “Lean Manufacturing”, en los siguientes puntos se proporcionaran conceptos que tienen que ser tomados en cuenta para su implementación y desarrollo.

### 2.1 Conceptos Básicos de la Filosofía “Lean Manufacturing”

El uso del término “Lean Manufacturing”, en los negocios o ambientes de manufactura, describe una filosofía que incorpora una serie de herramientas y técnicas en los procesos de negocio para la optimización de tiempo, recursos humanos, activos y productividad, mientras se mejora el nivel de calidad de los productos y servicios para sus clientes. Convertirse en “Lean” es un compromiso hacia el proceso. (Becker, 2004)

El término “Lean” en un ambiente de manufactura esta referenciado al Sistema de Producción de Toyota (Toyota Production System, TPS) y que ahora es utilizado por muchas compañías en el mundo. A cuatro personas dentro de la organización de Toyota se les acredita el desarrollo de este sistema: Sakichi Toyoda fundador del grupo Toyoda en 1902; Kichiro Toyoda hijo de Sakichi Toyoda, encargado del departamento de manufactura de 1936 a 1950; Eji Toyoda, Director Administrativo de 1950 a 1981 y Director General de 1981 a 1994; y Taichi Ohno, el “padre” del sistema Kanban. ( Becker, 2004)

Existen distintas herramientas que nos pueden ayudar a mejorar los procesos y evitar “desperdicios” en los mismos, lo cual nos permita desarrollar un flujo más eficiente de la producción. Para este proyecto se tomarán algunos conceptos de la filosofía “Lean Manufacturing” buscando desarrollar un esquema de trabajo que proporcione una mejora en el proceso generando valor.

“Lean Manufacturing” proporciona el camino para la identificación de valor desde la perspectiva del cliente, alinea las actividades de generación de valor en la mejor secuencia, es una manera de hacer más con menos, un antídoto para el desperdicio.

“Lean Manufacturing” es un sistema de trabajo que te permite producir al menor costo posible, un enfoque sistemático para la identificación y eliminación de desperdicio en los procesos de manufactura, mediante la mejora continua. Lo anterior es alcanzado mediante el seguimiento de los productos al ritmo de los requerimientos de los clientes en búsqueda de la perfección

***“ All we are really trying to do in Lean Manufacturing is to get one process only to make only what the next process needs when it needs it. We are trying to link all processes - from the final consumer back to raw material- in a smooth flow without detours that generate the shortest lead time, highest quality and lowest cost ” ( Rother & Shook, 2000)***

***“The most significant source of waste is overproduction...” ( Rother & Shook, 2000)***

La filosofía de “Lean Manufacturing” se enfoca al análisis de toda la cadena de valor, buscando obtener una mejora integral hacia la generación de valor. (Para esta tesis se aplicaron los conceptos en un segmento de la operación de Laminación en Frío a nivel compañía APM)

## 2.2 Principios de “Lean Thinking”

Proporciona el camino para la identificación de valor desde la perspectiva del cliente, alinea las actividades de generación de valor en la mejor secuencia, es una manera de hacer más con menos, un antídoto para el desperdicio. (Womack, 1996)

Lean Thinking puede ser resumido en cinco principios: Especificar precisamente valor de un producto específico, identificar la cadena de valor de cada producto, hacer fluir sin interrupciones los elementos que generan valor, permitir al cliente jalar lo definido como valor del productor y perseguir la perfección mediante la mejora continua. (Womack, 1996)

## 2.3 Siete tipos de desperdicios identificados en “Lean Manufacturing”

El término “Lean” es muy apropiado a la filosofía de “Lean Manufacturing” debido al énfasis que se le da hacia la eliminación de desperdicios, cortar la “grasa” en los procesos de manufactura. Se entiende como desperdicio todo aquello que no agrega valor desde la perspectiva del cliente y que no está dispuesto a pagar.

Los tipos de desperdicios que se identifican en “Lean” son los siguientes:

- Sobreproducción: Producción que no puede ser vendida o que se tiene que depreciar para su desplazamiento. También toda producción que se realiza antes de que el cliente la necesite, la cual tiene que ser almacenada incrementando el inventario.
- Inventarios: Los excesos de inventario tienen asociados grandes cantidades de dinero, el cual es un desperdicio.
- Movimientos Innecesarios de Material: Movimientos excesivos de partes durante el proceso de producción es un desperdicio. Se puede dañar los productos lo cual genera re-trabajos o degradación de los productos.
- Re-trabajos: Tener que volver a procesar partes debido a errores en el proceso es una fuente de desperdicio. Además los muestreos e inspecciones de partes son desperdicio, los cuales pueden ser eliminados mediante la implementación de mecanismos a prueba de error (“error proofing”).
- Movimientos: Movimientos innecesarios o molestos por parte de los operadores causan stress en la gente, lo cual causa desperdicios.
- Procesar: Definición no claras de los requerimientos de los clientes ocasiona que en los procesos se realicen actividades que no agregan valor, lo que incrementa los costos de operación.
- Espera: Tiempos muertos de los operadores. Es aceptable que se presenten tiempos muertos de los equipo debido a la eficiencia del proceso, lo que no es aceptable es que los operadores esperen a los equipos.

Mediante la eliminación de los desperdicios se puede hacer más con menos. Menos capital en equipos, espacios, esfuerzo del operador, mano de obra directa e indirecta, inventario y tiempo de entrega. (Epply, 2004)

## 2.4 Metodología para lograr la Sincronización de la Producción del Área de Rectificado

La metodología a seguir sigue los pasos principales definidos por James Womack and Daniel Jones en su libro “Lean Thinking”. En la siguiente figura (Ver Figura 2.1 ) se muestra el modelo que se seguirá para el desarrollo de este proyecto. En los puntos 2.5 al 2.8 se describen los puntos que conforman este modelo.

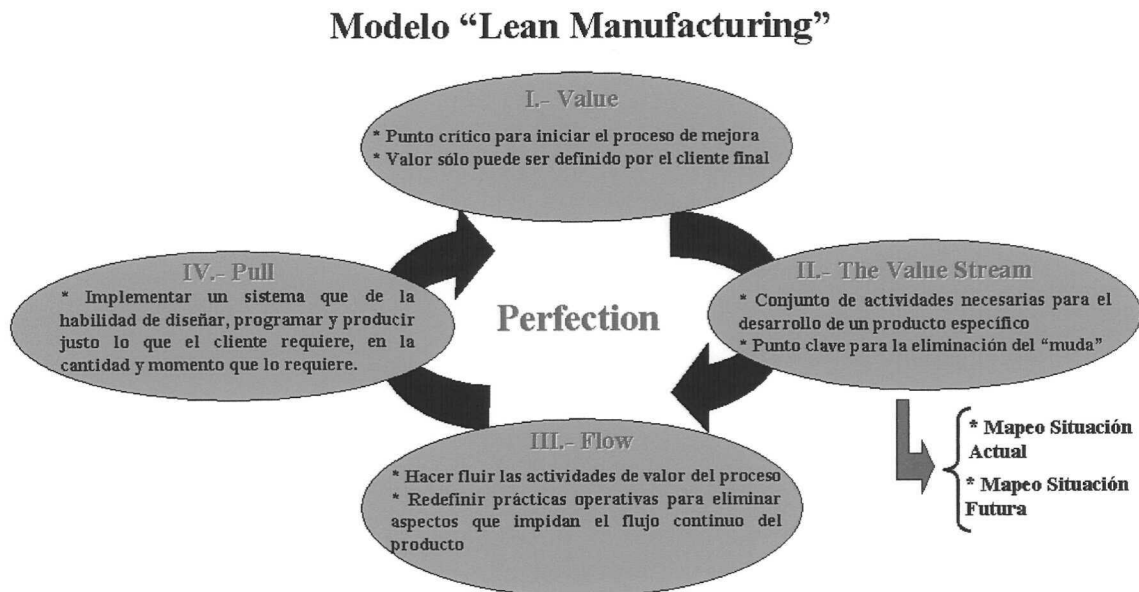


Figura 2.1:  
Modelo Para la Implementación de “Lean Manufacturing” (Womack & Jones, 1996)

## 2.5 Identificar Valor

Valor solo puede ser definido por el cliente final, y tiene significado únicamente, cuando se define en términos de un producto o servicio específico que cumple con las necesidades del cliente a un precio y tiempo determinado.

Valor no es identificado por el productor. Con el propósito de tener una definición exacta de lo que es valor, la compañía debe de observar el trabajo desde todas las perspectivas, comunicarse con todos los que están involucrados, no sólo los empleados, si no de igual manera con los proveedores y subcontratistas. Este paso inicial puede llevar tiempo, pero es el punto donde se establecen los cimientos para el pensamiento “lean”, ya que se requiere tener una visión completa del negocio y las necesidades de sus clientes. (Womack, 1996)

Al identificar valor es importante no confundir entre lo que es valor para el cliente y lo que es valor para el producto. En ocasiones se tiende en buscar la mejora de los productos, dándole características que los clientes no solicitan ni están dispuestos a pagar. Un ejemplo para entender lo anterior es el siguiente:

Existen diferencias distintivas entre valor para el cliente y para el producto. Por ejemplo, una camisa puede ser fabricada con mayor valor si se le agregan costuras extras haciéndola más resistente, utilizando lo último en telas y agregando figuras. Todo lo anterior, le agregan valor al producto en términos de calidad y durabilidad del producto. Sin embargo, si lo que quiere el cliente es una camiseta sencilla, que sea cómoda y que tenga una durabilidad de dos años, entonces todo lo agregado en el producto no genera valor. El cliente no estará dispuesto a pagar por tener el producto que se ofrece y todas las características que están fuera de lo que realmente necesita y valora se consideran como desperdicio. (Epply, 2004)

## **2.6 Cadena de Valor**

Conjunto de acciones requeridas para desarrollar un producto específico a través de las tareas críticas de cualquier negocio: *Solución de Problemas* desde el concepto pasando por el diseño a detalle e ingeniería hasta el lanzamiento de la producción, *Manejo de la Información* iniciando desde la recepción de las ordenes hasta la programación detallada y la entrega del producto, *Transformación Física* iniciando desde la materia prima hasta la obtención del producto terminado en las manos del cliente. (Womack, 1996)

“Value Stream” es el conjunto de actividades (ambas las de valor agregado y las que no generan valor). Tomar una perspectiva de “value stream” significa trabajar con una visión completa, no sólo en procesos individuales: mejorando el todo, no sólo optimizando los elementos. (Rother & Shook, 2000)

Una herramienta que te ayuda a visualizar de manera clara para poder identificar oportunidades de mejora en la cadena de valor, es el mapeo de la situación actual y futura (“value stream mapping”). Esta herramienta es simple, se requiere seguir el camino de un producto desde el cliente hasta el proveedor, y cuidadosamente dibujar una representación visual de cada uno de los procesos en el flujo de materiales e información, obteniendo así el mapeo de la situación actual. Después hay que visualizar el estado deseado al que se quiere llegar para realizar el mapeo de la situación futura, donde se manifiesta el como se desea que los elementos de valor deben de fluir, eliminando todos los “desperdicios” encontrados en el mapeo de situación actual.

## **2.7 Flujo de Valor**

Ya que se ha identificado el valor, se ha definido la cadena de valor para un producto específico y se han eliminado los procesos que no generan valor, es necesario alinear las actividades para que la producción fluya a un ritmo marcado por los requerimientos del cliente.

En las practicas tradicionales de manufactura se tiende a buscar que los equipos operativos se mantengan operando el mayor tiempo posible y justificar su adquisición, sin importar lo que los clientes están requiriendo.

En la búsqueda de generar el flujo de valor se deben de realizar actividades para eliminar desperdicios tanto en el proceso como en el flujo de materiales. En este punto se tienen que aislar los pasos que generan valor en el proceso y hacerlos fluir. Se requiere romper con la forma de trabajar por departamentos y generar equipos de trabajo por productos. (Womack, 1996)



## 2.8 Sincronización mediante el desarrollo de un “Pull System”

“Pull Systems” permite lograr la sincronización, trabajando en los procesos anteriores mediante señales o disparadores que hacen que la producción se realice. Los sistemas “pull” involucran cambios culturales y operacional significativos.

Es el sistema que permite a los clientes “jalar” los productos de tus procesos cuando los necesita, en lugar de que el proceso este “empujando” productos, algunas veces sin que los clientes los requieran en ese momento. Es la habilidad de diseñar, programar y producir justo lo que el cliente requiere en la cantidad y el momento que lo necesite.

***“ By using supermarket pull system, you will typically need to schedule only one point in your door-to-door value stream. This point is called the pacemaker process, because how you control production at this process sets the pace for all upstream processes “ (Rother & Shook, 2000)***

En el desarrollo de esta tesis se busca controlar la producción en los puntos de entrega de productos (rodillos terminados), lo anterior en lugar de buscar programar cada uno de los procesos. Se implementa un sistema “pull” con la finalidad de dar instrucciones de producción precisas a los procesos “aguas arriba” y no buscar predecir la demanda de los procesos “aguas abajo”.

Con la implementación del sistema “pull” se define el proceso que marque el ritmo de la producción, este punto es el que “jala” a la producción de los procesos “aguas arriba” en base a los requerimientos de su cliente, logrando una sincronización de la programación.

Para lograr una implementación exitosa de un sistema “Pull-Kanban”, se tiene que asegurar que los siguientes puntos sean completados:

- Formación de un equipo de trabajo para la implementación
- Capacitación a todo el personal involucrado en el sistema (incluyendo al personal operario), enfocándose en transmitir los principios y beneficios que ofrecen el sistema “Pull-Kanban”.
- Esfuerzos de mejora “kaizen” deberán ser institucionalizados para lograr implementar la mejora continua e impulsar la participación del personal.
- Pruebas del sistema se deben de desarrollar para asegurar el funcionamiento del sistema “pull”.
- Elementos de control de proceso necesitan ser implementados en el proceso con la finalidad de asegurar la calidad. Control Estadístico de Proceso es una herramienta que puede ser utilizada en este punto.
- Programas de mantenimiento preventivo y mantenimiento productivo total deberán ser implementados.
- Optimizar el layout del proceso con la finalidad de reforzar el sistema “pull”.

(Krupp, 1999)

En este punto es importante mencionar algunos conceptos de lo que es un Kanban. Kanban, significa tarjeta o marcador en Japones, es el sistem “pull” mas conocido. Normalmente es referenciado como el Sistema de Producción de Toyota (Justo a Tiempo), se utiliza para controlar los inventarios en las estaciones de trabajo, limitando la cantidad de inventario en cada

proceso. La producción se da en las estaciones de trabajo únicamente cuando la materia prima esta disponible y se tiene un requerimiento vía Kanban. Los productos fluyen a través de los proceso sólo cuando se tiene una solicitud en el sistema. (Marek et. al., 2001)

### 3 Implementación de la Metodología

La metodología utilizada en el desarrollo de esta tesis esta fundamentada en el Modelo “Lean Manufacturing”, visto en el punto 2.4. Los conceptos definidos en este modelo se implementaron a nivel proceso Rectificado-Tandem que es el alcance de este proyecto

Es importante mencionar que antes de iniciar con la implementación de cada uno de los pasos del modelo, es necesario formar un equipo de trabajo, que este conformado con participantes de los procesos involucrados y personal que tenga dominio de tecnología de información, la cual puede ser de gran ayuda para desarrollar el flujo de información. Una función básica de este equipo de trabajo será la de fungir como agentes de cambio, siendo los promotores de la difusión de la filosofía a implementar, buscando iniciar un cambio de cultura en la gente que conforma las distintas áreas del proceso. Este equipo de trabajo deberá contar con el apoyo de los niveles superiores de la organización.

#### 3.1 Definir valor desde la perspectiva del cliente (Value)

Siempre es importante definir con precisión el alcance que se le va a dar a cualquier proyecto, lo anterior para lograr un entendimiento claro del proceso a mejorar. Se debe de escribir de manera clara la familia de productos / procesos seleccionados y los aspectos que desde el punto de vista del cliente generan valor.

Desde la perspectiva del cliente, en este caso el Molino Tandem Frío, se tienen identificados los siguientes puntos como valor:

- Contar con el *abasto oportuno de rodillos* rectificados y / o matizados que permitan la continuidad del proceso.
- Obtener *rodillos al menor costo* y con las especificaciones de calidad establecidas.



Figura 3.1:  
Fotografías Ilustrativas de los Rodillos del Molino Tandem

proceso. La producción se da en las estaciones de trabajo únicamente cuando la materia prima esta disponible y se tiene un requerimiento vía Kanban. Los productos fluyen a través de los proceso sólo cuando se tiene una solicitud en el sistema. (Marek et. al., 2001)

### 3 Implementación de la Metodología

La metodología utilizada en el desarrollo de esta tesis esta fundamentada en el Modelo “Lean Manufacturing”, visto en el punto 2.4. Los conceptos definidos en este modelo se implementaron a nivel proceso Rectificado-Tandem que es el alcance de este proyecto

Es importante mencionar que antes de iniciar con la implementación de cada uno de los pasos del modelo, es necesario formar un equipo de trabajo, que este conformado con participantes de los procesos involucrados y personal que tenga dominio de tecnología de información, la cual puede ser de gran ayuda para desarrollar el flujo de información. Una función básica de este equipo de trabajo será la de fungir como agentes de cambio, siendo los promotores de la difusión de la filosofía a implementar, buscando iniciar un cambio de cultura en la gente que conforma las distintas áreas del proceso. Este equipo de trabajo deberá contar con el apoyo de los niveles superiores de la organización.

#### 3.1 Definir valor desde la perspectiva del cliente (Value)

Siempre es importante definir con precisión el alcance que se le va a dar a cualquier proyecto, lo anterior para lograr un entendimiento claro del proceso a mejorar. Se debe de escribir de manera clara la familia de productos / procesos seleccionados y los aspectos que desde el punto de vista del cliente generan valor.

Desde la perspectiva del cliente, en este caso el Molino Tandem Frío, se tienen identificados los siguientes puntos como valor:

- Contar con el *abasto oportuno de rodillos* rectificados y / o matizados que permitan la continuidad del proceso.
- Obtener *rodillos al menor costo* y con las especificaciones de calidad establecidas.



Figura 3.1:  
Fotografías Ilustrativas de los Rodillos del Molino Tandem

## 3.2 Definir la cadena de valor para un producto (Value Stream)

En este punto es donde se identifican todas las actividades que se realizan para el desarrollo del producto y donde se plantea la situación futura, la cual es el punto al que se quiere llegar, alineando todas las actividades hacia la generación de valor desde la perspectiva del cliente.

Una herramienta esencial para lograr lo anterior, es la del mapeo de la cadena de valor, con esta herramienta se puede lograr visualizar el flujo de proceso, identificar las fuentes de “desperdicio”, plantear los conceptos de “lean manufacturing”, te muestra el enlace entre el flujo del material y de la información, logrando así tener las bases para implementar el proceso de mejora.

“ To create value adding flow you need a “vision”. Mapping helps you see and focus on flow with a vision of an ideal or improve state” (Rother & Shook, 2000)

El flujo de información es tan importante como el de los materiales ya que ambos te dan la sincronía del proceso.

Un punto clave durante el desarrollo del mapeo de procesos, es el de identificar y determinar las actividades que no generan valor, así como las oportunidades de mejora que se pueden implementar en el flujo del proceso, lo anterior con la finalidad de plasmar las mejoras al momento de desarrollar el mapeo de la situación futura.

### 3.2.1 Mapeo de la situación actual

Para la obtención de información que te permita crear el mapeo de la situación actual (Ver Figura 3.2), es primordial que la información sea obtenida de manera directa en los procesos, es necesario que el responsable del proyecto vaya a las líneas de producción, obtenga los datos y entienda de manera clara el funcionamiento operacional actual para así encontrar las áreas de mejora que se implementaran en la situación futura.

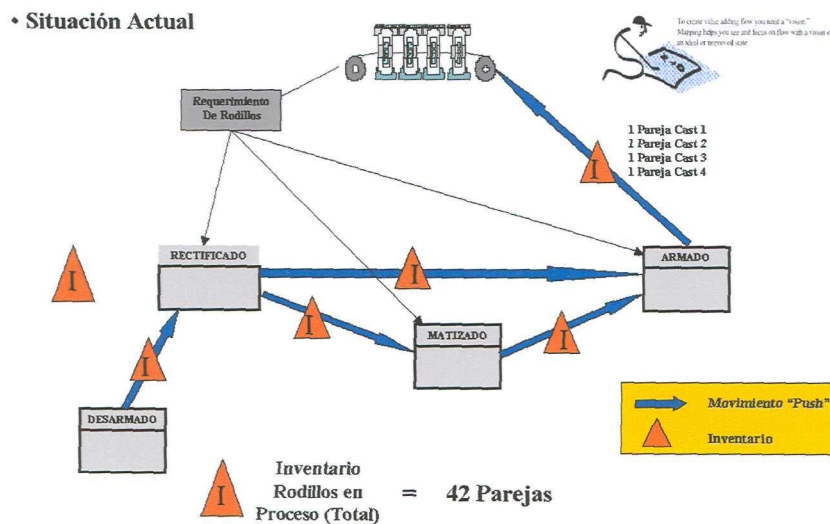


Figura 3.2:  
Diagrama del Mapeo de la Situación Actual

En la situación actual se encuentra que la programación de la producción para el área de rectificado es basada en un “push system”, donde cada proceso involucrado no está viendo lo que el siguiente proceso necesita y no están alineados a los requerimientos de sus clientes internos.

Al momento de realizar un cambio de rodillos en el Molino Tandem, el personal busca los rodillos requeridos en el inventario de rodillos terminados, donde si no se encuentran los rodillos requeridos se procede a informarle a un coordinador el cual les da la señal al personal de rectificado, matizado y armado para que procedan a procesar lo requerido por el molino. Lo anterior conlleva a demoras por falta de rodillos.

Algunas características de la situación actual:

- Falta de sincronía de la producción del área de rectificado con sus procesos internos
- Altos inventarios de rodillos
- Sistema de Programación deficiente
- Poca “visibilidad” de las necesidades de los clientes internos.

En el anexo 3 se muestra el Diagrama de Flujo del Proceso de Rectificado de Rodillos en Laminación en Frío.

### 3.2.2 Mapeo de la situación Futura

Con la información obtenida en el paso 3.2.1 se procede a realizar el Mapeo de la Situación Futura (Ver Figura 3.3). Para ello se debe aplicar los conceptos de generación de valor

Las consideraciones aplicadas para realizar la situación futura (deseada), son las siguientes:

- a) Desarrollar un sistema de trabajo donde todos los procesos del área de rectificado (Rectificado, Matizado y Armado de Rodillos) estén alineados con los requerimientos actuales del molino. Disminuyendo con esto el nivel de inventarios.
- b) Definición de Kanban’s los cuales permiten absorber las variaciones en los requerimientos del molino y así evitar demoras por la falta de suministro.

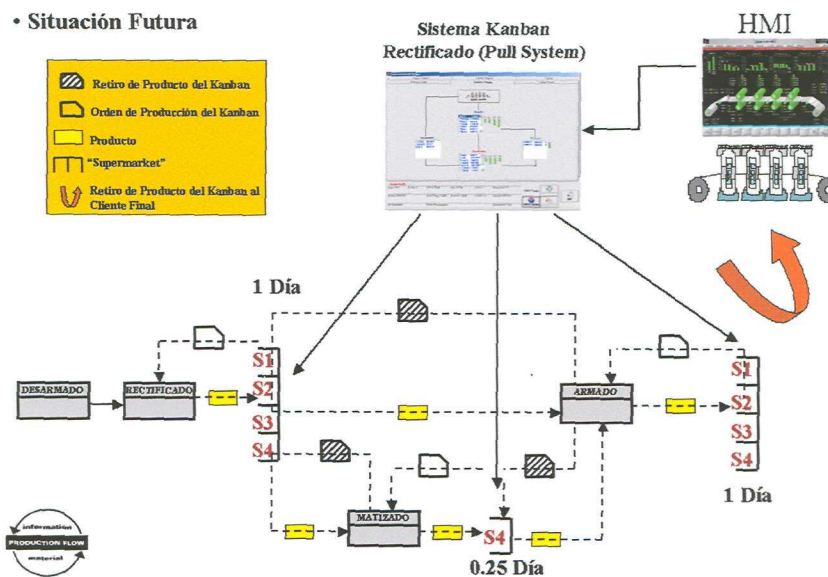


Figura 3.3  
Diagrama del Mapeo de la Situación Futura

Nota: Los “Supermarket Kanban” serán administrados de manera electrónica. Se desarrollará un sistema donde se ejecutarán las ordenes de proceso de manera automática y con ayudas visuales al momento de consumir un producto del “Kanban”. Lo anterior se definirá a detalle más adelante.

Algunas características de la situación futura:

- Procesos alineados con las necesidades de su cliente, por lo tanto se elimina la sobreproducción
- Disminución de inventario de rodillos en proceso al definir Kanban’s para cada una de las áreas.
- Sistema de información que permite visualizar los requerimientos del cliente en cada uno de los procesos involucrados.

### **3.3 Hacer fluir lo definido como valor sin interrupciones (Flow)**

En este punto es donde se tienen que redefinir las prácticas operativas para lograr hacer que los productos fluyan en la cadena de valor y se eliminen desperdicios.

Como parte complementaria de esta tesis realizada, en APM se tenían estrategias en proceso de implementación encaminadas hacia la generación de flujo en el proceso de Rectificado, las iniciativas son las siguientes:

#### **- Eliminar Restricciones**

La restricción principal que se presentaba en el área de Rectificado son las grúas. La demanda de este equipo es mayor a su capacidad y para eliminar este problema en APM se decidió invertir en la adquisición de un sistema de alimentación automática de rodillos en las rectificadoras (Grúa Tipo Semi Gantry).

#### **- Mejoras en Prácticas Operativas y Control de Proceso**

Desarrollo de proyectos Seis Sigma enfocados a prácticas operativas y control de proceso, los cuales ayudaron a incrementar el nivel de calidad en el área de rectificado, disminuir retrabajos y tener un mejor control de la operación.

### **3.4 Implementar el Sistema “Pull” (Pull)**

En este punto es donde se implemento la situación futura visualizada en el punto 3.2. Se desarrollo un sistema de información desde la plataforma de Visual Basic el cuál contempla los principios aplicados de “Lean Manufacturing” y el desarrollo del “Pull System”.

Con este sistema se buscará implementar un método de trabajo que permita la sincronización de la producción del departamento de rectificado hacia las necesidades del Molino Tandem Frío.

En un sistema “pull”, cada proceso retira de los procesos anteriores hasta llegar a los proveedores. Para el caso de esta tesis la secuencia sería la siguiente:

- El Molino Tandem solicita rodillos del Kanban de rodillos terminados.
- El área de armado “jala” del área de matizado
- El área de matizado “jala” del área de rectificado
- El área de rectificado “jala” del área de rodillos desarmados.

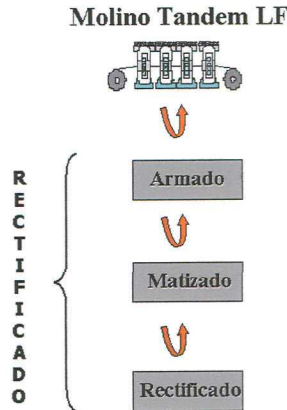


Figura 3.4:  
Esquema general del “Pull System” Tandem - Rectificado

La relación que se establece parte de un esquema de trabajo donde el Molino estará “jalando” la producción del área de rectificado basándose en sus requerimientos. Cuando un proceso no recibe un requerimiento por parte de su proceso posterior, no procesa ningún producto.

Al implementar un sistema “pull” se necesita lograr una conexión del flujo de información y el flujo de materiales lo cual se convierte en el punto medular del sistema. (Kitano, 1997)

### ¿ COMO FUNCIONA EL SISTEMA IMPLEMENTADO ?

#### Molino Operando

El estado inicial del proceso, es cuando el molino se encuentra en operación, reduciendo lámina de espesor a través de sus castillos, mediante un trabajo mecánico. En la siguiente figura (Ver Figura 3.5) se muestra la pantalla del sistema interfase hombre maquina (HMI por sus siglas en inglés), en esta pantalla se muestra las variables operacionales del molino al momento de estar operando.

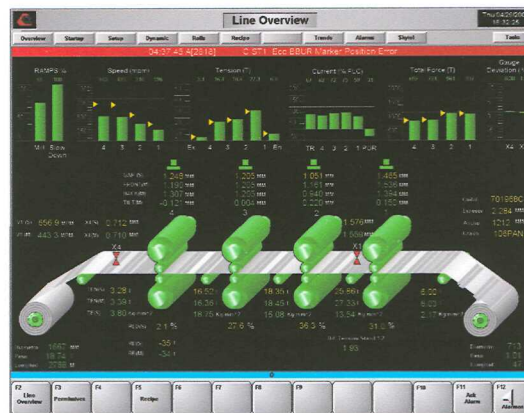


Figura 3.5:  
Interfase Hombre Maquina del Molino Tandem (HMI)

## Sistema de Kanban Completo (Armado, Matizado y Rectificado)

En el inicio de operaciones se cuenta con todo el sistema completo, con sus inventarios de rodillos definidos en los Kanban's sin faltantes.

En el sistema de Kanban Rectificado de Rodillos se implementaron ayudas visuales (focos) los cuales representan la cantidad de parejas de rodillos que conforman los Kanban's para los distintos procesos. Cuando los focos están en verde significa que el Kanban esta completo, cuando están en rojo significa que esta incompleto y falta surtir.

En la siguiente figura se muestra la pantalla del sistema Kanban Rectificado de Rodillos, el cual fue desarrollado desde la plataforma de visual basic, considerando los conceptos de un "pull system". Este sistema fue diseñado durante el desarrollo de este proyecto de tesis y es la base para lograr un flujo de información eficiente. (Ver Figura 3.6)

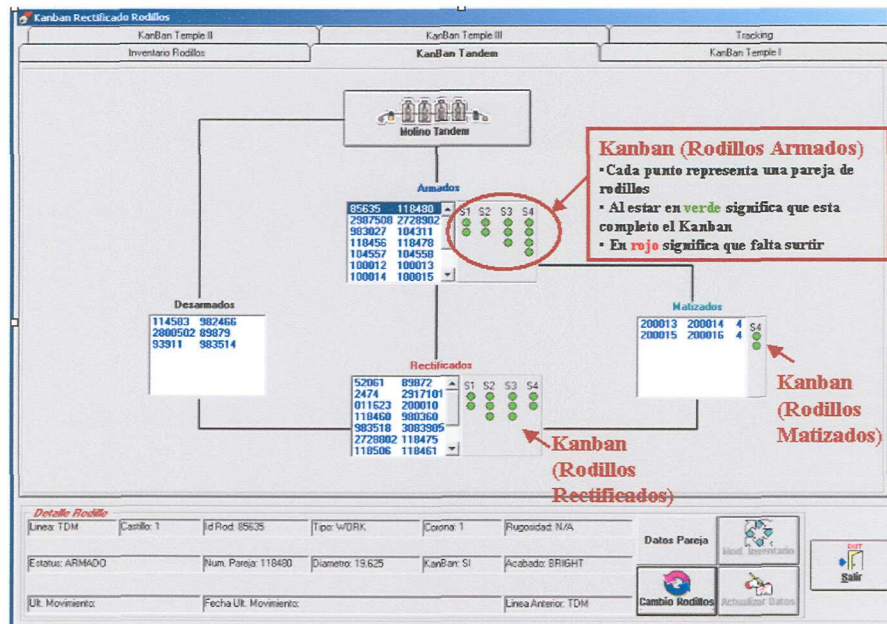


Figura 3.6:  
Sistema Kanban Rectificado de Rodillos

Nota: La cantidad de rodillos que forman cada uno de los Kanban's , fue estimada en base al historial de requerimientos que se tienen en el Molino Tandem Frío y las cargas esperadas en el corto plazo. Las cantidades pueden ser reducidas a medida de que el sistema se implemente y sea dominado por la gente de la operación.

Para ilustrar el funcionamiento del sistema desarrollado e implementado "Sistema Kanban Rectificado de Rodillos" se mostrará un ejemplo:



## CAMBIO DE RODILLOS (Ejemplo de cambio en el Stand 4)

### Paso 1

Operadores del Molino Tandem realizan el cambio de rodillos en el castillo 4

- Retiran los rodillos del Molino (Stand 4) y los envían al área de desarmado.
- Retiran una pareja de rodillos del Kanban de Armados.
- Colocan la pareja de rodillos en el Molino.
- Registran el cambio en el sistema HMI (Interface Hombre Maquina)
- El HMI manda información del cambio al sistema de rectificado poniendo en rojo una de las posiciones del Kanban de rodillos armados. (Ver Figura 3.7)

Armados		S1	S2	S3	S4
118499	983024	●	●	●	●
2987508	2728902	●	●	●	●
983027	104311	●	●	●	●
118456	118478	●	●	●	●
104557	104558	●	●	●	●
100012	100013	●	●	●	●
100014	100015	●	●	●	●

Figura 3.7:  
Kanban de Rodillos Armados

Nota: Adicional a este sistema se instalarán displays que representen los Kanban's, los cuales también tendrán el sistema de focos (verde / rojo) para ayudar a la operación.

### Paso 2

Al encontrarse una de las posiciones del Kanban de armados en rojo, se le manda una solicitud de producción de rodillos para el Stand 4. La solicitud se manifiesta en el sistema y en un display. (Ver Figura 3.8)

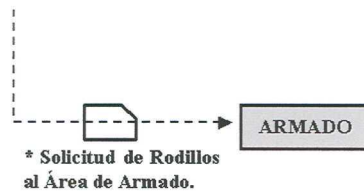


Figura 3.8:  
Solicitud de Rodillos al Área de Armado

### Paso 3

El área de armado retira una pareja de rodillos del Kanban de Matizado para proceder a armarlos. (Ver Figura 3.9)

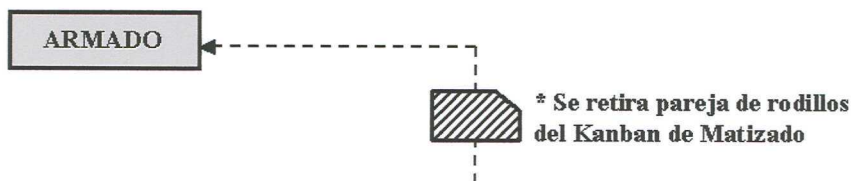


Figura 3.9:  
Retirar Rodillos del Kanban de Matizado

#### **Paso 4**

Al terminar de armar la pareja de rodillos los coloca en el Kanban de Armados y los registra en el sistema.

- Al realizar lo anterior se completa el Kanban de Armados y se cambia a verde
- El indicador del Kanban de Matizados se pone en rojo. (Ver Figura 3.10)



Figura 3.10:  
Kanban de Rodillos Matizados

#### **Paso 5**

El área de matizado retira una pareja de rodillos del Kanban de Rectificado para proceder a matizarlos. (Ver Figura 3.11)

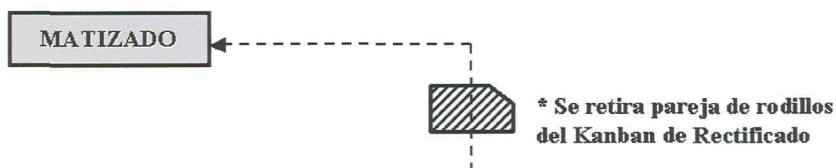


Figura 3.11:  
Retirar Rodillos al Área de Rectificado

#### **Paso 6**

Al terminar de matizarlos los coloca en el Kanban de Matizados y los registra en el sistema.

- Al realizar lo anterior se completa el Kanban de Matizado y cambian a verde.
- El indicador del Kanban de Rectificado se pone en rojo. (Ver Figura 3.12)



Figura 3.12:  
Kanban de Rodillos Rectificados

## **Paso 7**

El área de rectificado procede a rectificar una pareja de rodillos para el Stand 4.

- Al terminar de procesarlos los coloca en el Kanban de Rectificado
- Todo el sistema se completa nuevamente

Con el ejemplo anterior se muestra la lógica de programación que se sigue en el área de rectificado, la cual esta sincronizada con las necesidades del molino Tandem. Los procesos de armado, matizado y rectificado procesan únicamente lo que el siguiente proceso requiere en el tiempo y cantidad adecuada. Con lo anterior se podrá tener la posibilidad de disminuir inventarios, ordenar el área de producción y eliminar las demoras por falta de rodillos en el molino.

El soporte de tecnología de la información da un valor agregado para la implementación de filosofías de trabajo basadas en “pull systems”, proporcionando la plataforma para lograr el flujo de información adecuado y en sintonía con el flujo de material requerido.

## **4 Resultados del Proyecto de Tesis**

La implementación de un sistema de trabajo tal y como el desarrollado en esta tesis permite facilitar los procesos de manera significativa, enfocando los esfuerzos a las actividades que generan valor y eliminando todo aquello que genera confusión en el proceso.

Como resultado de la sincronización del área de rectificado y en conjunto con actividades desarrolladas por APM, tales como eliminar restricciones de capacidad de grúas e implementar mejoras en las prácticas operativas mediante proyectos de Seis Sigma, se ha logrado alcanzar beneficios que se manifiestan en los siguientes puntos:

### **- Disminución de Demoras en el Molino Tandem Frío**

Con la implementación de las actividades definidas durante el desarrollo de esta Tesis, se ha logrado disminuir el nivel de demoras del molino Tandem a causa de Rectificado de un 2.76% (promedio 1999 al 2003) a un 0.70% que se tienen en lo que va del 2004. Al terminar la implementación total y lograr la capacitación del personal operativo con lo que es el sistema “Pull System” se espera llegar al objetivo, el cual es la eliminación de las demoras en su totalidad llegando al 0%. En el anexo 4 se puede ver la tendencia anual de las demoras del Tandem por Rectificado hasta la fecha.

### **- Incremento de Capacidad en el Molino Tandem Frío**

Al disminuir el nivel de demoras del molino Tandem, se incrementa el tiempo efectivo del proceso lo cual lleva a alcanzar un nivel mayor de capacidad productiva. Hasta lo que va del 2004 se incremento la capacidad del molino en un 3%. Al llegar al objetivo final eliminando las demoras en su totalidad se alcanzara un incremento de 4% de la capacidad del molino. En el anexo 5 se puede ver la gráfica de capacidad del molino Tandem donde se refleja el incremento alcanzado.

## **Paso 7**

El área de rectificado procede a rectificar una pareja de rodillos para el Stand 4.

- Al terminar de procesarlos los coloca en el Kanban de Rectificado
- Todo el sistema se completa nuevamente

Con el ejemplo anterior se muestra la lógica de programación que se sigue en el área de rectificado, la cual esta sincronizada con las necesidades del molino Tandem. Los procesos de armado, matizado y rectificado procesan únicamente lo que el siguiente proceso requiere en el tiempo y cantidad adecuada. Con lo anterior se podrá tener la posibilidad de disminuir inventarios, ordenar el área de producción y eliminar las demoras por falta de rodillos en el molino.

El soporte de tecnología de la información da un valor agregado para la implementación de filosofías de trabajo basadas en “pull systems”, proporcionando la plataforma para lograr el flujo de información adecuado y en sintonía con el flujo de material requerido.

## **4 Resultados del Proyecto de Tesis**

La implementación de un sistema de trabajo tal y como el desarrollado en esta tesis permite facilitar los procesos de manera significativa, enfocando los esfuerzos a las actividades que generan valor y eliminando todo aquello que genera confusión en el proceso.

Como resultado de la sincronización del área de rectificado y en conjunto con actividades desarrolladas por APM, tales como eliminar restricciones de capacidad de grúas e implementar mejoras en las prácticas operativas mediante proyectos de Seis Sigma, se ha logrado alcanzar beneficios que se manifiestan en los siguientes puntos:

### **- Disminución de Demoras en el Molino Tandem Frío**

Con la implementación de las actividades definidas durante el desarrollo de esta Tesis, se ha logrado disminuir el nivel de demoras del molino Tandem a causa de Rectificado de un 2.76% (promedio 1999 al 2003) a un 0.70% que se tienen en lo que va del 2004. Al terminar la implementación total y lograr la capacitación del personal operativo con lo que es el sistema “Pull System” se espera llegar al objetivo, el cual es la eliminación de las demoras en su totalidad llegando al 0%. En el anexo 4 se puede ver la tendencia anual de las demoras del Tandem por Rectificado hasta la fecha.

### **- Incremento de Capacidad en el Molino Tandem Frío**

Al disminuir el nivel de demoras del molino Tandem, se incrementa el tiempo efectivo del proceso lo cual lleva a alcanzar un nivel mayor de capacidad productiva. Hasta lo que va del 2004 se incremento la capacidad del molino en un 3%. Al llegar al objetivo final eliminando las demoras en su totalidad se alcanzara un incremento de 4% de la capacidad del molino. En el anexo 5 se puede ver la gráfica de capacidad del molino Tandem donde se refleja el incremento alcanzado.

Adicional a lo anterior al concluir con el 100% de la implementación del sistema, se logrará disminuir el inventario de rodillos en proceso en un 33%.

**Inventario Actual      →    42 Rodillos en Proceso**  
**Inventario Esperado    →    28 Rodillos en Proceso**

## **5 Conclusiones**

Como se muestra en el desarrollo de esta tesis el implementar acciones basadas en la generación de valor, buscando alinear los procesos con los requerimientos de sus clientes, eliminando actividades innecesarias y restricciones, nos pueden llevar a condiciones operacionales de mayor eficiencia lo cual nos da un soporte para ser más competitivos.

Algunos beneficios obtenidos tal y como se ha mencionado durante este escrito son los siguientes:

- Sincronización de la producción de rodillos rectificadas acorde a las necesidades de su cliente interno (Molino Tandem Frío), eliminando las demoras por falta de este insumo.
- Proceso de producción con menor complejidad soportado en sistemas de información y ayudas visuales.
- Disminución del capital de trabajo, al reducir los inventarios de rodillos terminados, en proceso y nuevos en stock.

### **5.1 Otras Aplicaciones**

#### **a) Implementar el Sistema de Rectificado para el área de Molinos Templadores**

- Durante el desarrollo de este proyecto se busco ampliar el alcance del mismo y así generar un valor adicional para APM. En este momento se tiene un avance de un 80% para las áreas de los molinos templadores (1, 2 y 3). (Ver Figura 5.1)
- Al concluir con la implementación en esas áreas, se lograrán beneficios similares a los obtenidos en el Molino Tandem, disminución de capital de trabajo, disminución de demoras por falta de rodillos y una mejor sincronización de la relación cliente-proveedor.

Adicional a lo anterior al concluir con el 100% de la implementación del sistema, se logrará disminuir el inventario de rodillos en proceso en un 33%.

**Inventario Actual      →    42 Rodillos en Proceso**  
**Inventario Esperado    →    28 Rodillos en Proceso**

## **5 Conclusiones**

Como se muestra en el desarrollo de esta tesis el implementar acciones basadas en la generación de valor, buscando alinear los procesos con los requerimientos de sus clientes, eliminando actividades innecesarias y restricciones, nos pueden llevar a condiciones operacionales de mayor eficiencia lo cual nos da un soporte para ser más competitivos.

Algunos beneficios obtenidos tal y como se ha mencionado durante este escrito son los siguientes:

- Sincronización de la producción de rodillos rectificadas acorde a las necesidades de su cliente interno (Molino Tandem Frío), eliminando las demoras por falta de este insumo.
- Proceso de producción con menor complejidad soportado en sistemas de información y ayudas visuales.
- Disminución del capital de trabajo, al reducir los inventarios de rodillos terminados, en proceso y nuevos en stock.

### **5.1 Otras Aplicaciones**

#### **a) Implementar el Sistema de Rectificado para el área de Molinos Templadores**

- Durante el desarrollo de este proyecto se busco ampliar el alcance del mismo y así generar un valor adicional para APM. En este momento se tiene un avance de un 80% para las áreas de los molinos templadores (1, 2 y 3). (Ver Figura 5.1)
- Al concluir con la implementación en esas áreas, se lograrán beneficios similares a los obtenidos en el Molino Tandem, disminución de capital de trabajo, disminución de demoras por falta de rodillos y una mejor sincronización de la relación cliente-proveedor.

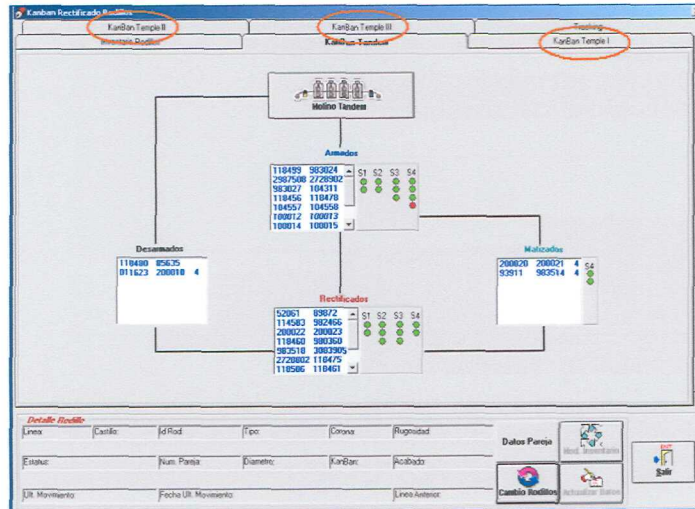


Figura 5.1:  
Sistema Kanban Rectificado de Rodillos para Molinos Templadores

## 5.2 Investigación Futura

Si bien durante el desarrollo de esta tesis se utilizaron fundamentos de Lean Manufacturing para mejorar un proceso dentro de la organización (APM), un valor agregado superior sería buscar implementar esta filosofía en toda la cadena de valor, buscando lograr integración de proveedores, fabrica, almacenes, distribuidores para sincronizar toda la producción y distribución en las cantidades adecuadas, en el lugar y tiempo adecuado. Minimizando el costo total del sistema satisfaciendo las necesidades del mercado.

Buscar implementar sistemas de trabajo basados en Lean Manufacturing podría dar la oportunidad a APM de alcanzar eficiencias mayores, las cuales le den una ventaja competitiva en un mercado del acero cada vez mas complicado.

Para implementar “Lean Manufacturing” a nivel compañía y su cadena de valor, es importante considerar el rol que deben de seguir los altos mandos de la organización. El punto clave para el lograr el éxito al iniciar con esta filosofía, es el compromiso total de todos los miembros de la organización, partiendo de los niveles directivos hasta los equipos de trabajo. El equipo directivo debe estar comprometido con la filosofía del “cliente-primero”, deben de eliminarse las barreras departamentales y todos apoyar la idea de solucionar problemas sin importar el área de la organización.

El Sistema de Producción de Toyota, es un sistema integrado e interdependiente que involucra varios elementos, el cual se puede expresar en un triángulo donde en cada uno de sus lados se encuentran los elementos claves, como son la filosofía, la tecnología y la dirección. Gary Convis (2001)

## **6 Bibliografía**

*Becker, Ronald (2004). Lean Manufacturing and the Toyota Production System.*

*Convis, Gary (2001). Role of Management in a Lean Manufacturing Environment.*

*Cooner, Gary (2001 ). Lean Manufacturing for the Small Shop.*

*Drickhamer, David (2004). Lean Manufacturing: The 3<sup>rd</sup> Generation.*

*Ellis, Scott (2004). Learning Lean.*

*Epply, Tom (2004). The Lean Manufacturing Handbook*

*Fleming, Mick (2000). No Tears Over The Demise of Muda.*

*Golia, Peter (2000). Local Lean Efforts Gets National Attention.*

*Henderson, Bruce; Larco, Jorge (ND). Lean Transformation. How to Change Your Business Into a Lean Enterprise.*

*Hoekman, David (2000). Lean Enterprise: Easy To Talk About, Tough To Do.*

*Kitano (1997). Toyota Production System: “One-By-One Confirmation”*

*Koenigsaecker, George (2000). Organizing for Lean. Productivity Inc.*

*Krupp, James A. G. (1999). Some Thoughts on Implementing “Pull” Systems.*

*Kirkland, Elizabeth (2000). Lean manufacturing cuts fat out of operations.*

*Lewis, Jim (2004). Six Steps to Lean.*

*Liker, Jeffrey (1998). Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers.*

*Marek, Richard; Elkins, Debra; Smith, Donald (2001). Understanding the Fundamentals of Kanban and Conwip Pull Systems Using Simulation.*

*Monden, Yosuhiru (1998). The Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time.*

*Nadler, Gerald; Hibino, Shozo (1994). Breakthrough Thinking.*

*Najarin, Gerald (n.d.). Flow Manufacturing is the Essential Component in Your Supply Chain Strategy.*

*Nhajarin, Gerald (n.d.). Just in Time.*



*Najarin, Gerald (n.d.). The Pull System Mystery Explained: Drum, Buffer & Rope With a Computer.*

*Ohno, Taiichi (1988). The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Productivity Press.*

*Pendrous, Rick (2004). Lean experts gets mean over “expensive and costly” ERP.*

*Pitcher, Michael (2003). Lean Directions: Examining Just-In-Time and Theory of Constraints.*

*Rother, Mike; Harris, Rick (2001). Creating Continuous Flow: An Action Guide for Managers, Engineers & Production Associates.*

*Rother, Mike; Shook, John (2000). Learning to see, Value Stream Mapping.*

*Scheidecker, Jeffrey (2001). Lean Thinking in Lean Times.*

*Sheridan, John H. (2000). Growing with Lean.*

*Shingo, (1989). A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint. Productivity Press.*

*Spear, Steven J. (2004). Learning to Lead at Toyota.*

*Spearman, Mark L. (1991). Customer Service in Pull Production Systems.*

*Tennant, George C. (2000). Implementing Lean Production.*

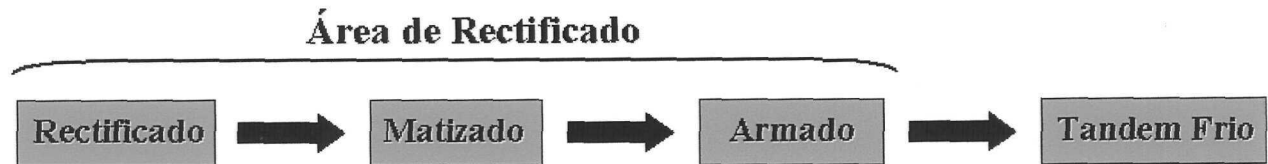
*Womack, James; Jones, Daniel (1994). From Lean Production to Lean Enterprise.*

*Womack, James; Jones, Daniel (1996). Lean Thinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.*

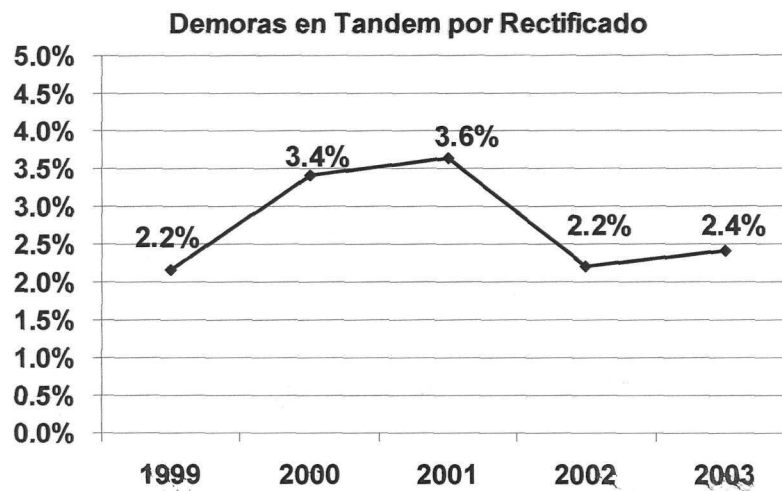
*Womack, James; Jones, Daniel; Ross, Daniel (1990). The Machine That Changed the World.*

## 7 ANEXOS

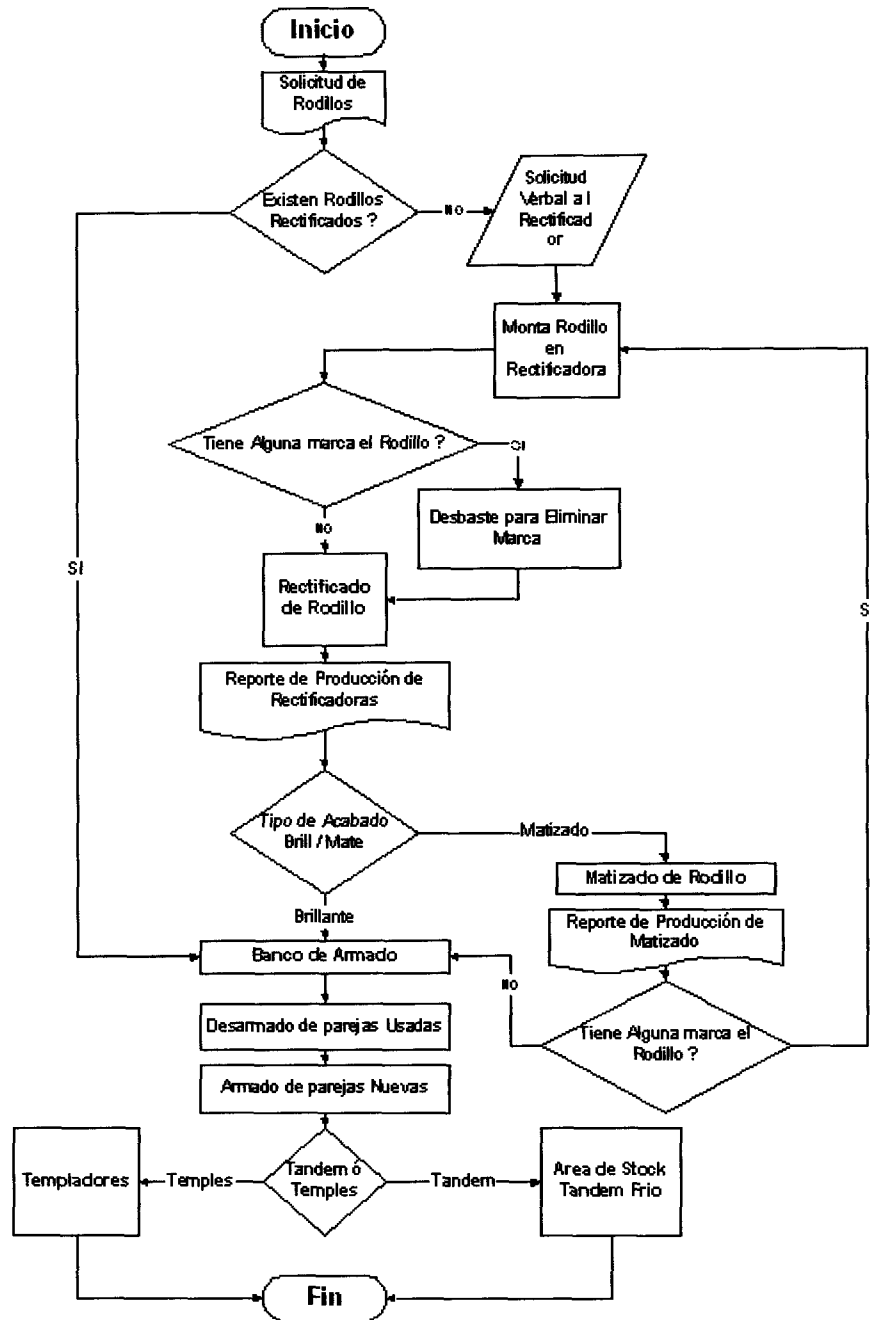
### Anexo 1: Procesos Involucrados en el Proyecto



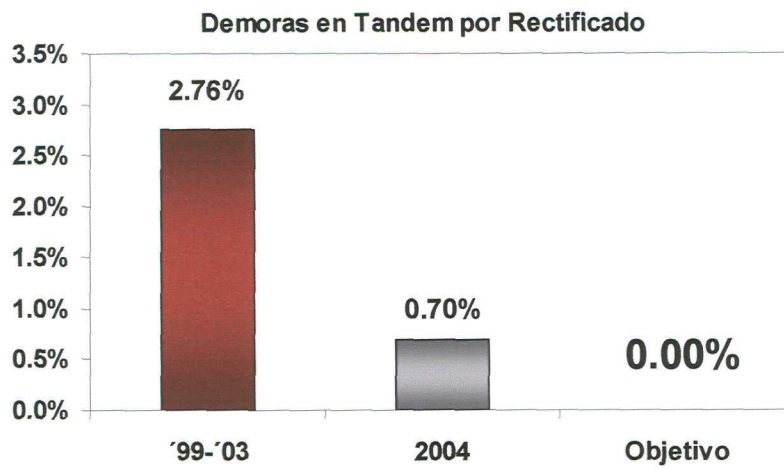
### Anexo 2: Gráfica de Tendencia de Demoras en Tandem por Rectificado



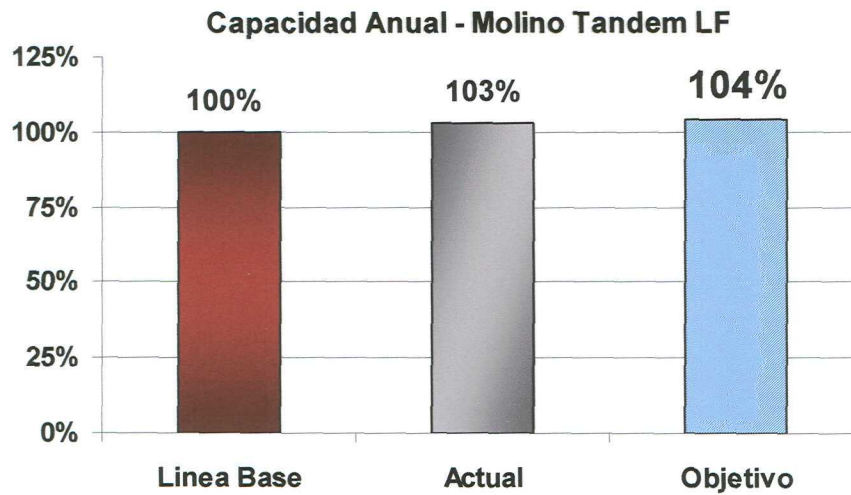
**Diagrama de Flujo del Proceso de Rectificado de Rodillos en Laminación en Frío (Situación Actual)**



Anexo 4: Gráfica de Tendencia de Demoras en Tandem por Rectificado (Real vs. Objetivo)



Anexo 5: Capacidad Anual Molino Tandem LF (Real vs. Objetivo)



Anexo 6: Presentación en del Proyecto de Tesis.

**PRESENTACIÓN Y ARTÍCULOS DE REFERENCIA ADJUNTOS AL DOCUMENTO DE TESIS EN UN DISCO COMPACTO.**

