

# 1. TITULO

“Desarrollo de un Plan de mejoras e indicadores de desempeño para el proceso del departamento de producción de una fábrica de colchones de espuma de poliuretano”

# 2. AUTORES

Rudolf Haid Icaza<sup>1</sup>, Dr. Kléber Barcia Villacreses<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero Industrial 2005.

<sup>2</sup> Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1987, Master en Economía Agrícola, Texas A&M, 1996, Ph.D en Ingeniería Industrial, 2003. Profesor de ESPOL desde 1989, kbarcia@espol.edu.ec.

# 3. RESUMEN

El objetivo de este estudio es desarrollar un Plan de mejoras en el departamento de producción de una compañía de colchones, como también desarrollar los indicadores de desempeño necesarios para mantener estas mejoras propuestas. El Plan de mejoras se basa en las técnicas de producción esbelta, que proveen la ayuda a cualquier compañía que necesite mejorar sus procesos de producción u otro tipo de proceso. La metodología que se utilizó para determinar que técnicas usar fue tomada del “Modelo para mejorar sistemas industriales”.

Durante el estudio, se efectuaron diversos análisis para determinar la situación de la compañía, como por ejemplo, estudio de tiempos y de movimientos, entrevistas a los gerentes y al personal que trabaja en el departamento de producción, análisis de los sistemas de producción, diagramas de flujos, entre otros. Con este trabajo se determinaron los problemas que existen en el departamento de producción. Una vez determinados estos problemas, se plantearon las mejoras que arrojaba el análisis.

Como conclusión del trabajo, se estimaron los beneficios económicos que se iban a producir en el departamento, como también los costos que se iban a generar y si estos iban a estar justificados mediante una evaluación económica.

The object of this study is to develop an Improve Plan for a manufacturing department in a foam mattress company, also, the development of performance indicators, which are needed to maintain the Improve Plan. This Plan is based on the lean manufacturing system. The lean manufacturing system helps any company that wants to make an improvement either in his manufacturing department or in any other department. The methodology used to determinate which lean technique was appropriate, is the "Improve model for industrial systems".

During this study many analyses to determinate the real situation of the company were made. For example, studies of time and movements, interviews to the managers and workers of the manufacturing department, studies of the manufacturing systems, flow charts, among others. With all this it was possible to determinate the problems in the department, and also, its improvements.

Finally, this study concluded with the financial analysis. In which the economic benefits of all the improvements were seen, and also, the costs assigned to the improvements. With this analysis, is possible to see if the Plan feasible.

## **4. INTRODUCCION**

La fuerte competencia es una realidad que casi toda empresa debe enfrentar, más aún ahora en que las compañías buscan mejorar sus procesos, mejorando la calidad de sus productos, el tiempo de producción de los mismos, y finalmente, el costo que implican los mismos. Precisamente, en este estudio se plantean las mejoras necesarias para poder alcanzar estas metas en el departamento de producción de una compañía de colchones de espuma de poliuretano del sector, por medio de las técnicas de producción esbelta.

Antes de proponer las mejoras, es decir, las técnicas de producción esbelta, se deben seguir 5 pasos: Primero, se deben identificar los problemas del departamento, para esto se recurre a diferentes herramientas de observación y de análisis de los procesos; segundo, se deben jerarquizar los problemas observados, ya que es necesario conocer el grado de importancia que tiene; y en el tercer paso se deben escoger los problemas más críticos; como cuarto paso se deben identificar los desperdicios que existen dentro del departamento; y finalmente todo el análisis lleva al desarrollo de las mejoras.

Este trabajo tiene como objetivo elevar la producción de colchones por cada día, disminuir el tiempo de ciclo de la línea de producción, disminuir el trabajo en proceso, es decir, el número de colchones semielaborados que quedan en la línea al final de día, y reducir el número de colchones defectuosos producidos en el día, por medio del uso de las técnicas de producción esbelta.

Estas mejoras serán expuestas partiendo de una pequeña explicación teórica para luego pasar a indicar su función y la forma como ayuda a contrarrestar el

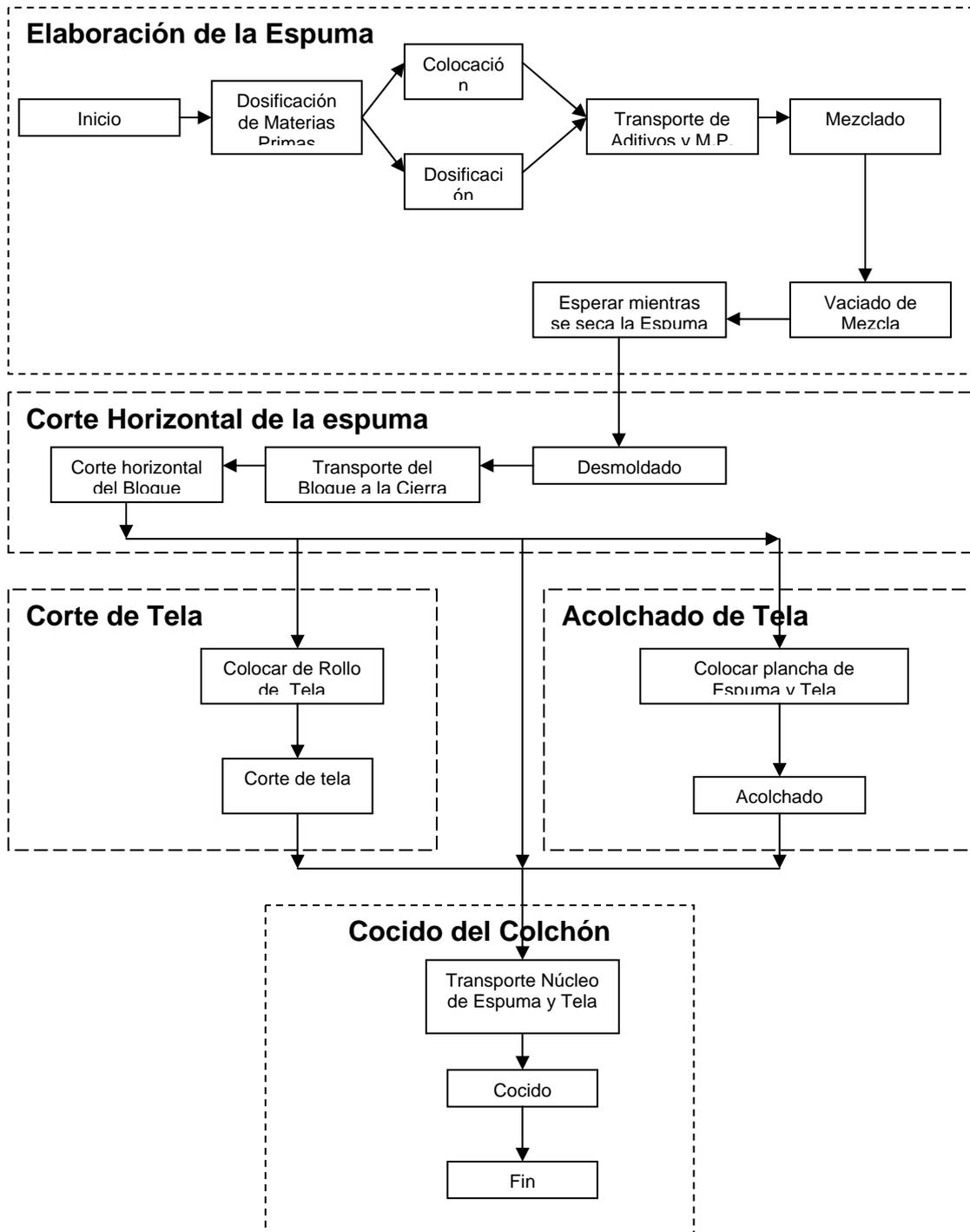
problema en cuestión. Por medio de estas mejoras, se tendrán como resultado beneficios en los procesos de producción o en la línea de producción, que son las metas anteriormente mencionadas.

## **5. CONTENIDO**

### **5.1. Análisis de los procesos de producción**

Es sumamente necesario realizar un análisis de los procesos antes de determinar las mejoras para el departamento, ya que se necesita observar y analizar cuáles son los posibles errores o “desperdicios” que se están cometiendo, para poder atacar a estos.

Para esto se realizaron estudios de tiempo y de movimientos de todos los procesos involucrados dentro de la línea. En la Figura 1 se pueden observar los distintos procesos de forma macro, es decir, sin detallar o analizar profundamente cada uno, ya que esto se lo realiza en la toma de tiempos, pero esta Figura nos da una idea preliminar de qué es lo que se trata.

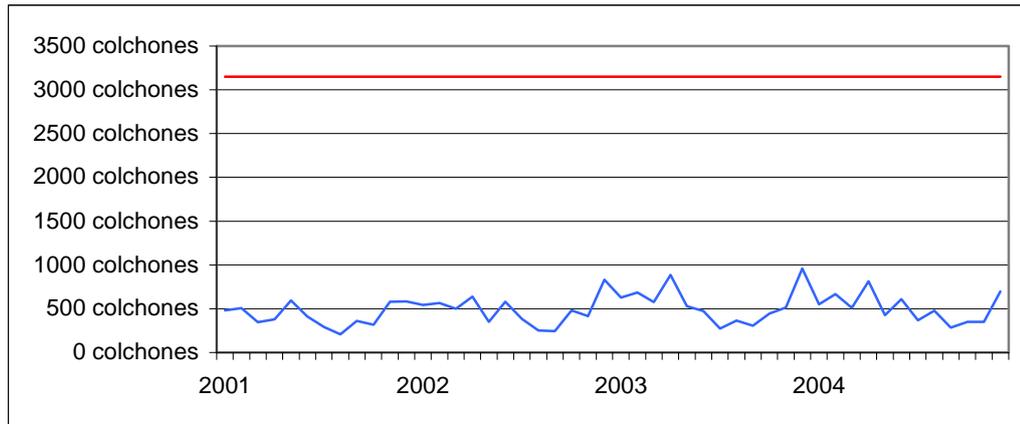


**FIGURA 1. GRÁFICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL COLCHÓN**

Los resultados de la toma de tiempo arrojan los tiempos permitidos para cada operación, tomando en cuenta los factores de nivelación y porcentajes de tolerancia. El resultado final, es decir, el tiempo (minutos hombre) necesario para elaborar un colchón, se lo obtiene sumando todos los tiempos permitidos de cada operación involucrada en la elaboración del producto. Este resultado es igual a 107.53 min.

La comparación de la demanda versus la capacidad instalada, nos muestra la eficiencia de la utilización de las instalaciones respecto a la demanda real.

Esto sirve para el momento de determinar el número de máquinas y de personal necesario. En la Figura 2 se muestra el gráfico:



**FIGURA 2. GRÁFICO DE LA DEMANDA VERSUS LA CAPACIDAD INSTALADA**

Dentro del análisis del departamento de producción, se tienen que realizar algunos estudios como por ejemplo, de la programación de la producción, es decir, sistema “pull” o sistema “push”; de los sistemas productivos, si el sistema productivo sigue el sistema “make to order” o “make to stock”; y del tipo de proceso de manufactura, se determina si el tipo proceso de manufactura es por lote o por masa.

En la Tabla 1 se muestra la matriz de programación de la producción del departamento, revisando la teoría de cada método de producción y comparándola con el que actualmente se utiliza, se obtiene el método que se está utilizando.

**TABLA I. MATRIZ DE PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

CRITERIOS	CARACTERÍSTICAS		
	PUSH	PULL	PROCESO ACTUAL
Volumen del lote de producción	<b>Alto-Medio</b>	Bajo	<b>Medio</b>
Tiempo de producción	<b>Largo</b>	Corto	<b>Largo</b>
Utilización de maquinarias	<b>Bajo</b>	Alto	<b>Baja</b>
Confiabilidad de proveedores	<b>Media</b>	Alta	<b>Media</b>
Variabilidad de demanda	<b>Variable</b>	Constante	<b>Variable</b>

Como se observa en la matriz, la programación que sigue la línea de producción es el sistema “push”.

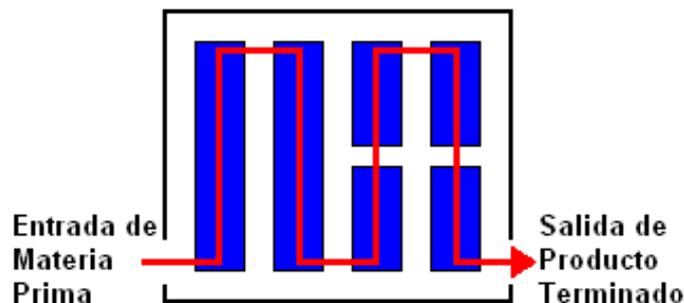
En el caso del tipo de sistema de producción analizado, se que el método de programación “push” que se utiliza es el sistema “make to stock”, ya que este se centra en la entrega inmediata de artículos estándar, como también en el caso de la línea de producción que se estudió.

Para determinar el tipo de proceso de manufactura, se utiliza el mismo principio que se utilizó para determinar el método de programación, y al comparar los dos tipos se concluye que el proceso actual sigue por lote.

**TABLA II. MATRIZ DE TIPOS DE PROCESO DE MANUFACTURA.**

CRITERIOS	CARACTERÍSTICAS		
	LOTE	MASA	PROCESO ACTUAL
Sistemas Productivos	<b>Make to order- Make to stock</b>	Make to stock - Make to assembly	<b>Make to stock</b>
Volumen de producción	<b>Medio-alto</b>	Alto	<b>Medio</b>
Variedad de productos	<b>Baja-Media</b>	Baja	<b>Baja</b>

El flujo de los materiales es importante analizar, ya que permite analizar las rutas de desplazamiento que siguen los materiales dentro de la línea de producción. Como se puede observar en la Figura 3, el proceso arranca con la entrada de materia prima, al lado izquierdo, esta materia prima alimenta al primer proceso, que es la elaboración de la espuma de poliuretano; el segundo bloque azul representa el corte de la espuma; el tercero bloque, el corte de la tela; el cuarto y el quinto, el acolchado de la tela; finalmente, el sexto bloque representa el ensamble final del colchón, también llamado cosido, para terminar con la entrega del producto terminado.



**FIGURA 3. FLUJO ACTUAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.**

## 5.2. Selección de los problemas

En esta etapa se identifican, junto con el gerente de producción, los problemas del departamento de producción, es decir, se los clasifica dentro de los tres tipos: problemas de cultura, problemas de proceso, problemas de tecnología. En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos:

**TABLA III. CLASIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS.**

# PREG	RESPUESTAS DEL GERENTE	CLASIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS
6	Mala distribución del trabajo	Problema de proceso
5	Falta lugar fijo para la colocación de las herramientas	Problema de cultura
7	Línea de producción no está correctamente balanceada	Problema de proceso / Problema de tecnología
8	Excesivo inventario de partes esperando a ser procesadas	Problema de cultura / Problema de proceso
10	El arranque del proceso para realizar la Espuma es muy largo	Problema de tecnología / Problema de proceso
11	Excesivas paradas de las máquinas cortadoras y acolchadoras	Problema de tecnología / Problema de cultura
14	Inadecuada utilización de maquinaria para realizar la Espuma	Problema de tecnología

Una vez que se tiene realizada la clasificación de los problemas se puede proceder a la jerarquización de los mismos, los problemas que tengan más del 50% de ocurrencia se los considera con alta frecuencia y tienen una prioridad de 1. En la Tabla 4 se muestran los resultados de la jerarquización:

**TABLA IV. FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE LOS PROBLEMAS.**

CLASIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PRIORIDAD
Problema de proceso	4	57.14%	1
Problema de cultura	3	42.86%	-
Problema de tecnología	4	57.14%	1

En la Tabla 4, se observa que los problemas de proceso y de tecnología son los que tienen una prioridad de 1, y estos serán los que se tratarán en el análisis.

Después de este análisis se procede a realizar las entrevistas a los trabajadores de la línea de producción, estos resultados se los clasificó dentro de distintos tipos de desperdicio: de recurso humano, de proceso, de espera, de sobreproducción, de procesamiento extra, de inventario, de transporte, de movimiento. Todos estos desperdicios están catalogados dentro los problemas anteriormente mencionados: de cultura, de proceso, de tecnología.

Una vez organizada y clasificada la información obtenida, se realiza una "Agrupación de datos", en la cual es resumido el número total de veces que una categoría de desperdicio ha sido identificado por el trabajador en la entrevista.

La primera columna de la Tabla 5, nos dice la categoría de desperdicio, que en este caso es Cultura y Recursos humanos, que fue identificada 7 veces en base a las respuestas que dieron los trabajadores, y así sucesivamente se puede observar la sumatoria de los problemas identificados, esto se lo realizó en todas las categorías de los desperdicios

**TABLA V. AGRUPACIÓN DE DATOS.**

<b>DESPERDICIO</b>		<b>ENTREVISTADOS</b>					<b>TOTAL</b>
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>CULTURA</b>							
1	RR.HH.	1	3	0	1	2	7
2	Proceso	0	1	0	0	1	2
3	Espera	1	0	0	1	0	2
<b>PROCESO</b>							
4	RR.HH.	0	0	0	0	1	1
5	Proceso	1	0	1	1	1	4
6	Espera	1	1	1	1	1	5
7	Procesamiento Extra	2	1	2	2	1	8
8	Sobreproducción	0	1	0	0	1	2
9	Inventario	1	0	1	1	1	4
10	Movimiento	0	1	0	0	1	2
11	Transporte	1	1	1	1	1	5
<b>TECNOLOGIA</b>							
12	Espera	1	2	2	1	0	6
13	Inventario	0	0	0	0	0	0
14	RR.HH.	1	0	1	1	2	5
15	Proceso	1	0	1	1	0	3

Ya acabada la tabla de agrupación de los datos obtenidos, se procede con la interpretación de los resultados. Aquí se clasifican los resultados en dos grandes grupos: el primero, de desperdicios de alta prioridad; y el segundo, de desperdicios de baja prioridad para ser analizados. Se utiliza la siguiente

regla: “Si el porcentaje del número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicio es mayor o igual al 50% de la presencia del desperdicio, entonces se dice que es importante y esta categoría de desperdicio tendrá alta prioridad para ser posteriormente analizada. En la Tabla 6 se muestran los resultados de los porcentajes de presencia de desperdicios:

**TABLA VI. PORCENTAJES DE PRESENCIA DE DESPERDICIOS.**

<b>DESPERDICIO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>CULTURA</b>		
RR.HH.	7	28.00%
Espera	2	20.00%
Proceso	2	13.33%
<b>PROCESO</b>		
Transporte	5	100.00%
Proceso	4	80.00%
Procesam. Extra	8	80.00%
Inventario	4	80.00%
Espera	5	50.00%
Sobreprod.	2	40.00%
Movimiento	2	40.00%
RR.HH.	1	20.00%
<b>TECNOLOGIA</b>		
Proceso	3	60.00%
RR.HH.	5	33.33%
Espera	6	30.00%
Inventario	0	0.00%

En la Tabla 6, ya se pueden determinar que tipos de desperdicios son los que van a ser tratados. En este caso tenemos los desperdicios de proceso – proceso, desperdicios de proceso – espera, desperdicios de proceso – procesamiento extra, desperdicios de proceso – inventario, desperdicios de proceso – transporte, además de desperdicios de tecnología – proceso.

### **5.3. Desarrollo de Mejoras**

Entre las mejoras que se proponen, se tienen las que se proponen a partir de la teoría de las técnicas de producción esbelta y del análisis realizado anteriormente, los resultados se los muestra en la Tabla 7:

**TABLA VII. TÉCNICAS LEAN PROPUESTAS.**

CAUSAS DE DESPERDICIOS	DESPERDICIOS IDENTIFICADOS	TÉCNICA LEAN
Existe reproceso de productos	PROCESO -Proceso	Manufactura celular. 5S.
Trabajo no es balanceado entre los trabajadores. Larga espera por espuma en las estaciones	PROCESO - Espera	Trabajo en equipo. Manufactura celular.
Colchones tienen q ser reprocesados para cumplir requerimientos. Existen productos en línea que necesitan reproceso	PROCESO - Procesamiento extra	5S.
Mucho inventario entre las estaciones de trabajo	PROCESO - Inventario	Trabajo en equipo. Manufactura celular.
Movimiento del producto requiere personal y maquinaria	PROCESO - Transporte	Manufactura celular
Uso de diferentes políticas de trabajo. No se están usando técnicas para mejorar los procesos	TECNOLOGÍA - Proceso	Trabajo en equipo.

En esta tabla se puede observar que existen tres técnicas que se repiten en los diferentes casos y causas de los desperdicios. Las técnicas son las siguientes: Manufactura celular, 5'S, Trabajo en equipo. Estas técnicas son las que serán propuestas para las mejoras dentro del departamento de producción de la compañía.

#### **5.4. Costos de aplicación de las técnicas lean.**

Primero se calcularon los beneficios que fueron obtenidos por las mejoras propuestas, que es de \$126,737.52 al año, para el criterio "optimista"; \$63,368.76 al año para el criterio "moderado"; \$31,684.38 al año para el criterio "pesimista"; y \$25,487.52 para el criterio "desconfiando la demanda". Estos valores se estiman en base al aumento de la producción, menos en el caso del escenario "desconfiando la demanda", por lo tanto de los colchones que se pueden vender de más; y todos los demás escenarios esperan obtener una reducción de la mano de obra; y una reducción de colchones reprocesados. La inversión única necesaria para la aplicación de las mejoras alcanzó la suma de \$ 73,612.00 en el primer año. Finalmente, utilizando indicadores como el VAN y la TIR, se realizó la evaluación económica de las mejoras dando como resultado un VAN(optimista)=\$225,634.62 y TIR(optimista)=262.6696% para un periodo de recuperación de 3 años. Un VAN(moderado)=\$76,011.31 y TIR(moderado)=167.8959% para un periodo de recuperación de 3 años. Un VAN(pesimista)=\$1,199.66 y TIR(pesimista)=113.9575% para un periodo de recuperación de 3 años. Un

VAN(desconfiando)=\$2,199.90 y TIR(desconfiando)=114.4309 % para un periodo de recuperación de 4 años.

## 5.5. Resultados

Con las mejoras planteadas se ha podido obtener varios resultados positivos para la empresa, como por ejemplo el aumento de producción de colchones en un 150% en el caso optimista, 75% en el moderado, 38% en el pesimista y 0% en el desconfiado; una reducción del tiempo de ciclo en un 70% en el caso optimista y desconfiado, 35% en el moderado, 18% en el pesimista; una reducción del trabajo en proceso en un 79% en el caso optimista y desconfiado, 40% en el moderado, 20% en el pesimista; y una reducción de colchones defectuosos en un 67% en el caso optimista y desconfiado, 34% en el moderado, 17% en el pesimista. En la Tabla 8 se muestran los beneficios producidos por las técnicas de producción esbelta.

**TABLA VIII. RESULTADOS OBTENIDOS**

BENEFICIOS TÉCNICAS LEAN				
	CANTIDAD			
	optimista	moderado	pesimista	desconfiando
Aumento de producción	150%	75%	38%	0%
Reducción de tiempo de ciclo	70%	35%	18%	70%
Reducción del trabajo en proceso	79%	40%	20%	79%
Reducción de defectuosos	67%	34%	17%	67%

Todas estas mejoras tienen además otros beneficios asociados, tanto palpables como impalpables, como por ejemplo de los beneficios palpables tenemos una reducción de la mano de obra necesaria en la línea de producción, reducción de la materia prima utilizada en la línea, entre otros. Entre los beneficios impalpables tenemos un ambiente de trabajo más amigable para los trabajadores; mayor motivación en sus labores; entre muchos más.

La inversión inicial para la ejecución de las mejoras es de \$ 73,612.00, y el ahorro anual estimado es de \$ 126,737.52 para el criterio "optimista"; \$63,368.76 al año para el criterio "moderado"; \$31,684.38 al año para el criterio "pesimista"; y \$25,487.52 para el criterio "desconfiando la demanda". El VAN y la TIR (optimista) del proyecto son: \$ 225,634.62 y 262.6696%, respectivamente, para un periodo de recuperación de tres años. \$76,011.31 y 167.8959% para el caso moderado. \$1,199.66 y 113.9575% para el caso

pesimista. Y \$2,199.90 y 114.4309 % en el caso desconfiado, para un periodo de recuperación de 4 años.

## **6. CONCLUSIONES**

1. La línea de producción está sobredimensionada, por lo que es necesario balancearla, reduciendo el número de personal, de 12 personas a 8 personas.
2. La línea de producción sigue las siguientes condiciones: la programación de la producción es según el sistema "push"; el sistema productivo es "make to stock"; el tipo de proceso es por lote.
3. El flujo de materiales dentro de la línea de producción sigue un flujo en "s".
4. Las técnicas de producción esbelta propuestas son: manufactura celular, 5'S y Trabajo en equipo.

### **Recomendaciones**

1. Realizar reuniones con el personal de planta con el objeto de revisar las mejoras propuestas, y recibir una retroalimentación que sirva para obtener mayor eficiencia en la aplicación.
2. Establecer como eje de la empresa el método de mejoramiento continuo, para que de esa forma no se caiga en una prematura confianza por las aspiraciones alcanzadas, dejando las nuevas mejoras de forma permanente y sin mejoras en el futuro.
3. Establecer un Plan de Mantenimiento Preventivo (TPM) dentro del departamento de producción, que funciona como un soporte paralelo a las mejoras propuestas.
4. Capacitar al personal en otras técnicas de producción esbelta además de las propuestas.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

1. Haid I. Rudolf, Desarrollo de un Plan de mejoras e indicadores de desempeño para el proceso del departamento de producción de una fábrica de colchones de espuma de poliuretano, Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2005.
2. Barcia V. Kléber, Modelo para mejorar sistemas de producción industriales, 2004.

3. Kenichi Sekine, Diseño de Células de Fabricación: Transformación de las fábricas para la Producción en flujo, Productivity Press, Inc, 1993.
4. [http://www.isixsigma.com/dictionary/Takt\\_Time](http://www.isixsigma.com/dictionary/Takt_Time)
5. Rosales Robert C., Manual del Ingeniero de Planta, Mac Graw Hill, 1998.
6. Keith Davis, El comportamiento humano en el trabajo, Sexta edición (primera edición en español),1993.
7. Hodson William K., Maynard Manual del Ingeniero Industrial, Cuarta Edición, Tomo I, Editorial Mc. Graw Hill
8. Abad M. Jorge, Manual de Logística, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2003.
9. <http://www.gestiopolis.com>
10. <http://www.quickmba.com/operations>
11. Emery Douglas R., Fundamentos de Administración Financiera, Pearson Educación, 1998.
12. Crompton Organo Silicones Group, Guía del Espumador de Poliuretano Flexible, 1985.
13. Abad M. Jorge, Manual de Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2003.
14. Hiroyuki Hirano, 5 Pilares de la Fábrica Visual: Fuente para la implantación de las 5S, Productivity Press, Inc, 1998.

---

Rudolf Haid Icaza  
Estudiante

---

Kléber Barcia Villacreses  
Director de Tesis