

## ***Reducción en el Desperdicio de Material en un Proceso de Impresión Flexográfica***

Jennifer Soto Rodríguez  
Ingeniería de Manufactura  
Rafael Nieves, Pharm.D.  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Universidad Politécnica de Puerto Rico

---

**Abstracto** — *Las compañías han optado por implementar técnicas de mejoramiento que ayuden a eliminar ineficiencias en sus procesos para reducir costos y ser más competentes dentro del mercado. La materia prima es el componente más costoso en el proceso de manufactura de una compañía de impresión flexográfica, representando un 60% del precio del producto. El desperdicio promedio de la materia prima en el área de prensa es de 15% por cada producto manufacturado, siendo el costo que más afecta a la compañía. El objetivo principal de este proyecto es reducir en 5% el desperdicio mensual de material en productos manufacturados en una máquina. La utilización de la metodología de DMAIC en conjunto con herramientas de “Lean Manufacturing” permitió analizar el proceso y encontrar mejoras que redundaron en una reducción de material a un mínimo de 5%. Esta mejora le traerá a la compañía un ahorro anual de aproximadamente \$64,000.*

**Términos Claves** — *Impresión Flexográfica, “Lean Manufacturing”, Metodología DMAIC, “Six Sigma”*

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El departamento de Prensa de una compañía que manufactura productos de empaque para la industria de dispositivos médicos se encarga de manufacturar productos impresos y no impresos que utilizan en el empaque primario de dichos productos. El departamento consta de seis máquinas de impresión flexográfica y dos máquinas de impresión *Offset*.

Debido al incremento de competidores la compañía ha tomado la iniciativa de reducir costos para poder ser más competentes. La materia prima

es el componente más costoso dentro de la operación del proceso de manufactura, representando un 60% del costo del producto. En adición cada año la materia prima tiene un incremento en el costo. El desperdicio promedio en el área de prensa de la materia prima es de 15% por cada producto manufacturado.

Este proyecto está enfocado en reducir el porcentaje de desperdicio de productos manufacturados en una de las máquinas más utilizadas para la producción (Máquina X). El proyecto constará del proceso de manufactura (excluyendo el ajuste), se analizarán los productos que tengan mayor porcentaje de desperdicio y alta demanda, de manera que impacte a la compañía en la reducción de costos.

Los objetivos son los siguientes:

- Reducir el desperdicio de material durante el proceso de manufactura en un 5% para los productos seleccionados;
- Desarrollar un procedimiento estándar de la operación para estandarizar los cambios en el proceso;
- Implementar las 5 S en el proceso.

La reducción de desperdicio está directamente relacionada a la reducción de costos, ya que reduce la cantidad de material utilizado durante la manufactura de un producto en adición a la cantidad estipulada por el cliente. También tiene otras contribuciones tales como:

- Incrementa la calidad en el producto y/o proceso: al reducir desperdicio de material defectuoso, se incrementa la producción de material conforme a las especificaciones;
- Reduce el tiempo de manufactura: disminuye el tiempo de *downtime* de la máquina;
- Mejora la capacidades del operador;
- Aumenta la productividad.

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

En esta sección se presentara información sobre el concepto de *Lean Manufacturing*, incluyendo todas las herramientas útiles en la investigación, como la metodología de *DMAIC*. Además se incluirá información del proceso y maquinaria de impresión flexográfica.

### Filosofía de *Lean Manufacturing*

La filosofía de *Lean Manufacturing* fue desarrollada por los Japoneses, quienes mediante la compañía Toyota crearon estas herramientas que hoy día son utilizadas en todo tipo de industria que busque reducir costos y mejorar procesos mediante la reducción de desperdicios. El enfoque de esta filosofía es la reducción de desperdicio y de tareas que no añaden valor al producto o proceso, desde el punto de vista del cliente.

Está definido que hay ocho tipos de desperdicios (Figura 1), los cuales son: sobreproducción, exceso de inventario, movimiento innecesario, transportación, espera, sobreprocesamiento, defecto y potencial humano mal utilizado [1].

Las 8 causas principales de desperdicios	
1. Sobreproducción	5. Inventarios
2. Tiempos de espera	6. Movimientos
3. Transportes	7. Defectos
4. Excesos de procesado	8. Creatividad de los empleados no utilizada

Figura 1  
Ocho Tipos de Desperdicio

### Mapa de Valor Añadido (VSM)

El mapa de valor añadido es una representación pictórica del flujo de material e información de los procesos de un producto y/o servicio. En este mapa se puede observar que actividades añaden valor al proceso, las que no añaden valor y los *bottleneck* que hay durante el flujo entre los procesos, y que conllevan al exceso de inventario. Las actividades que añaden valor son aquellas que transforman el producto y/o servicio, y que el cliente esta dispuesto a pagar por ellas. Las actividades que no añaden valor son aquellas que no contribuyen a la

transformación del producto y/o servicio. El mapa de valor añadido (Figura 2) es muy utilizado en la mejora de procesos, ya que ayuda fácilmente a ver las deficiencias del proceso y reducir el tiempo desde que se coloca la orden, hasta que se entrega el producto y/o servicio al cliente [2].

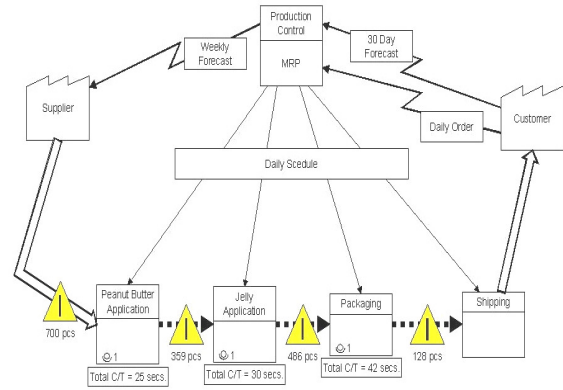


Figura 2  
Ejemplo de un Mapa de Valor Añadido

### Diagrama de Causa y Efecto

El diagrama de causa y efecto es una técnica utilizada para resolver problemas, identificando las posibles causas del problema. En el diagrama se parte de cinco posibles causas (Figura 3); material, equipo, método, medición y personal [3].

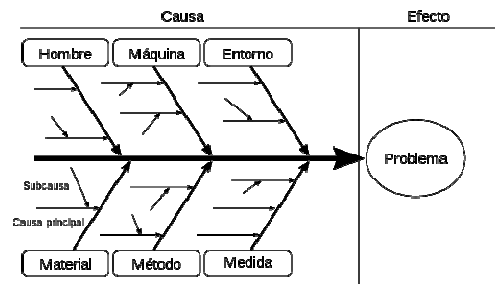


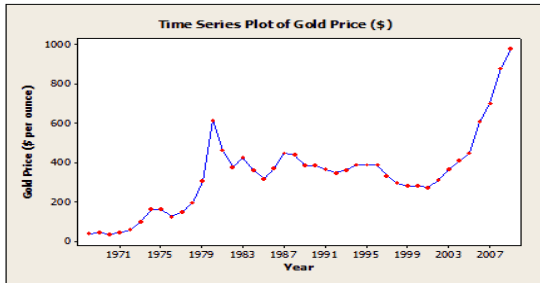
Figura 3  
Ejemplo de un Diagrama de Causa y Efecto

### Tormenta de ideas

La tormenta de ideas es una técnica utilizada para identificar soluciones a un problema y/o mejorar un proceso. Esta técnica se basa en generar ideas, dentro de un grupo que este distribuido con una representación de las partes afectadas. Las ideas generadas se canalizan para ver de que manera efectiva pueden aportar a la solución del problema y/o mejorar un proceso.

### Gráfica de Tiempo

La gráfica de tiempo (Figura 4) te permite ver el comportamiento de la data a través del tiempo [4]. En esta grafica también se puede visualizar si existen patrones en la data, y es una buena herramienta para ver el antes y después del comportamiento de la data luego de realizar las mejoras en un proceso.



**Figura 4**  
Ejemplo de una Gráfica de Tiempo

### Metodología de 5'S

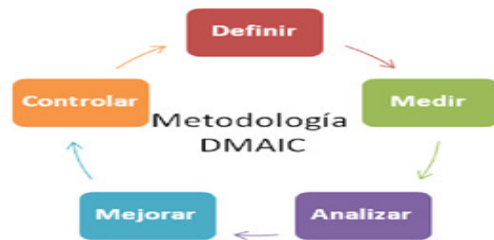
La metodología de 5'S consiste en optimizar el funcionamiento, seguridad, confortamiento y limpieza de un área seleccionada. Esta metodología consiste de cinco pasos (Figura 5); eliminar lo que no se usa, organización, limpieza, estandarizar y sostener [5]. En el primer paso se elimina todo aquello que no se utiliza para ejecutar el trabajo requerido. En el segundo paso se organiza las herramientas de trabajo que se requieren para realizar el trabajo de forma visible y organizada. En el tercer paso se hace una limpieza del área. En el cuarto paso se estandariza el proceso en forma escrita para mantener el orden y la limpieza. El quinto paso mantener los estándares escritos mediante adiestramientos, disciplina y motivación.



**Figure 5**  
Pasos de 5'S

### Filosofía Six Sigma

La filosofía de *Six Sigma* está basada en la aplicación herramientas estadísticas para reducir la variabilidad en los procesos. Una metodología utilizada en *Six Sigma* es la *DMAIC*. La metodología de *DMAIC* (Figura 6) consiste cinco etapas en definir, medir, analizar, mejorar y controlar un proceso, teniendo como objetivo la mejora continua [6]. En la etapa de definir se define el proyecto, se establecen las metas, las expectativas del cliente, se define el problema y el resultado esperado. La etapa de medir consiste en medir el desempeño actual del proceso, se valida que la data sea confiable. En la etapa de análisis se determinan las causas raíz del problema. En la etapa de mejoramiento se mejora el proceso eliminando los defectos a causas que afectaban al proceso. En la última etapa de *DMAIC*, etapa de control se controla el desempeño del proceso.



**Figura 6**  
Metodología DMAIC

### Impresión Flexográfica

El proceso de impresión flexográfica se puede utilizar para imprimir en una gran variedad de materiales absorbentes y no absorbentes, utiliza tintas de rápido secado, base solvente, base acuosa o ultravioleta (UV). Utiliza placas de caucho o ftopolímeros que pueden imprimir gran cantidad de puntos de color. Este proceso puede imprimir imágenes continuas y laminaciones en línea para dar protección a los productos.

La impresión flexográfica se efectúa en línea recta y generalmente consiste en cuatro partes:

- Sección de desembobinado y alimentación;
- Sección de impresión;
- Sección de secado;
- Sección de salida y rebobinado.

### Sección de Desembobinado y Alimentación

Esta sección se ubica en uno de los extremos de la máquina y desde ahí el rollo de papel se va desembobinando constantemente según la velocidad de la máquina (Figura 7). En esta parte del proceso el operador de la máquina tiene que tomar en cuenta la tensión que le aplique al rollo para que no se afecte la calidad de impresión en el registro del impreso del producto.



Figura 7

Sección de Desembobinado y Alimentación

### Sección de Impresión

Cada estación de impresión contiene un rodillo entintador, un rodillo *anilox*, una unidad de impresión, una placa, un tintero y la tinta. Cada máquina tiene una cantidad determinada de estaciones de color según el diseño de la misma. En la Figura 8 se puede observar la secuencia del proceso durante la estación de impresión [7].

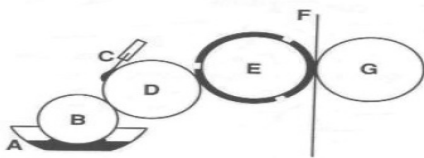


Figura 8

Proceso de una Unidad de Impresión Flexográfica

En la unidad de impresión flexográfica el rodillo entintador (B) es sumergido en el tintero (A), para que este se llene de tinta. El rodillo entintador se debe presionar contra el rodillo *anilox* (C) y así disminuir el espesor de la tinta, esta presión hace que entre los dos rodillos haya una especie de deslizamiento posibilitando que pase la cantidad de tinta necesaria, permitiendo la transferencia de un nivel uniforme de tinta hasta la superficie de la placa de impresión. Luego la placa montada sobre el cilindro (E) pasa la tinta al

material (F) a medida que pasa por la prensa. El rodillo de impresión (G) sirve de soporte al material (Figura 9).

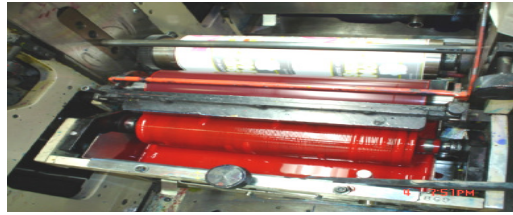


Figura 9

Unidad de Impresión Flexográfica

### Sección de Secado

Esta sección se coloca entre las estaciones de impresión y sirve para secar las tintas (Figura 10). El secado puede ser por medio de aire caliente para tintas con base solvente o base agua ó por lámparas ultravioletas (UV) cuando se trate de tintas UV.



Figura 10

Estación de Secado

### Sección de Salida y Rebobinado

Realiza la misma función que la sección de desembobinado y alimentación, pero se ubica en el extremo de salida y envuelve el material ya impreso (Figura 11).



Figura 11

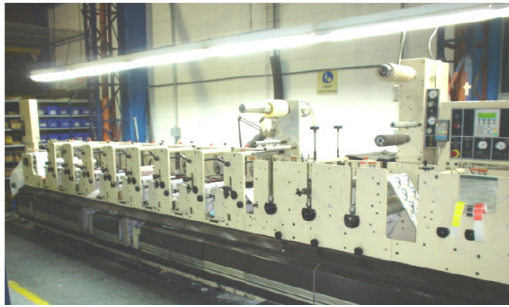
Sección de Salida y Rebobinado

### Máquina Mark Andy 4000

Es una máquina modular a la cual se le pueden incluir o retirar estaciones de impresión de acuerdo a las necesidades del mercado. Tiene capacidad



para un mínimo 4 estaciones de color y máximo 12 estaciones de color (Figura 12), permitiendo hacer trabajos con mayor complejidad.



**Figura 12**  
**Máquina Mark Andy 4000**

La versatilidad de la MK 4000 le permite una amplia variedad de aplicaciones en diferentes materiales (autoadhesivo, papel, material engomado, *film*, entre otros) garantizando flexibilidad en el uso de estos materiales y control sobre el registro. La máquina tiene la capacidad de desembobinar rollos de 40" de diámetro, tiene rodillos guidores que aseguran el recorrido exacto del papel, controles de registro en marcha en cada estación de impresión y tiene una velocidad variable de hasta 500 pies/min.

## METODOLOGÍA

La ejecución de este proyecto constará en la utilización de herramientas de *Lean Manufacturing* y la metodología *DMAIC* de *Six Sigma* para reducir el desperdicio de material en el proceso de impresión flexográfica en la Máquina X. La data analizada es colectada de la hoja de producción diaria, documentada por el operador de la máquina. En esta hoja se muestra la cantidad de pies de material utilizado para completar el lote contra la cantidad de pies de material segregado como material bueno.

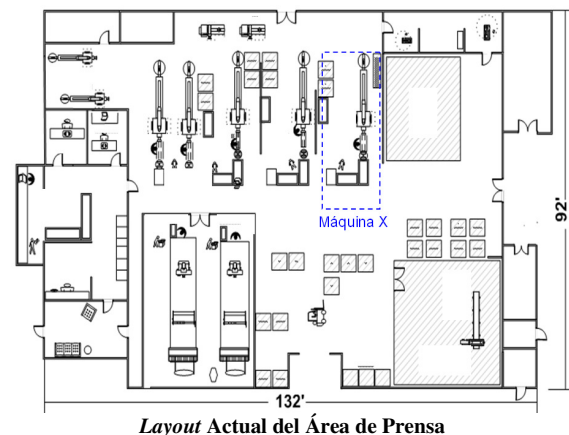
La metodología de *DMAIC*, nos ayudara a interpretar la data analizada en el proceso actual y como poder mejorar el proceso para cumplir con los objetivos definidos. Este proyecto se regirá por las fases que define la metodología de *DMAIC*; Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

## DISCUSIÓN Y RESULTADOS

En esta sección se presentaran los resultados obtenidos durante cada una de las fases de la metodología de *DMAIC*. Además se mostrarán las herramientas de *Lean Manufacturing* que se utilizaron en el proyecto.

### Fase I: Definir

Este proyecto fue ejecutado en el Departamento de Prensa de una compañía que realiza empaque para dispositivos médicos. El Departamento de prensa utiliza la impresión flexográfica para manufacturar el impreso en los productos. En la Figura 13 se muestra el *layout* actual de cómo esta estructurada el área de prensa y muestra la ubicación de las cinco máquinas de impresión flexográfica. En este *layout* se identifica la máquina que se escogió para la reducción de desperdicio de material.



La máquina seleccionada es una Mark Andy Modelo 4000 y actualmente tiene capacidad para imprimir cuatro colores. Esta máquina produce el 40% de los trabajos manufacturados en el área de prensa y tiene 50% de utilización de su capacidad. Esta máquina se corre en un solo turno y en ocasiones se incurre en tiempo extra. La máquina es operada por una sola persona y se realiza inspección en línea con un inspector de producción.

El proceso comienza cuando el cliente coloca la orden y termina con la entrega del producto terminado. En la Figura 14 se muestra el *VSM* del proceso de impresión flexográfica. En este mapa se

pueden ver los tres procesos que aportan valor al producto; impresión, inspección y empaque. El proceso de impresión es el que mas desperdicio de material presenta con un promedio de 15% de desperdicio por cada lote producido.

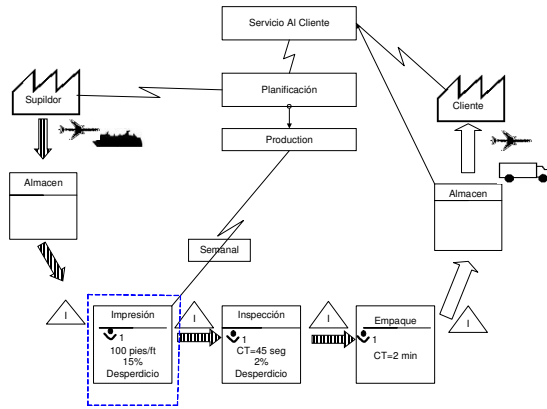


Figura 14

Mapa de Valor Añadido para el Proceso de Impresión Flexográfica

El desperdicio de material puede estar sujeto a las entradas del proceso. En la Figura 15 del Diagrama de SIPOC se puede observar todas las entradas al proceso de impresión flexográfica. Entre las entradas mas criticas al proceso están; la materia prima, la tinta y los aditivos.

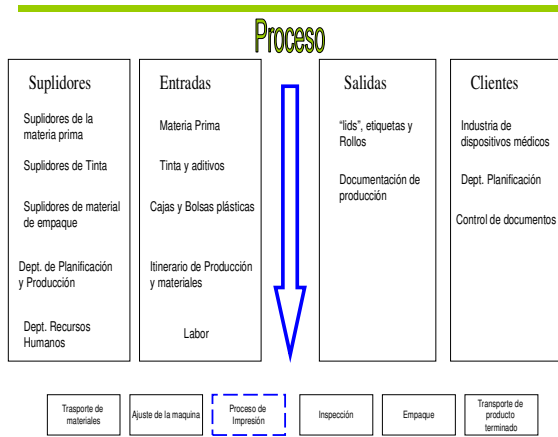


Figura 15

Diagrama de SIPOC

Los operadores y líderes de área tienen mucha experiencia en la ejecución del proceso de impresión. Se escogió una representación amplia de las personas involucradas en el proceso y se realizó una tormenta de ideas (Figura 16) para definir todas las posibles razones que pudieran estar

aumentando el desperdicio de material en el proceso de impresión.



Figura 16

Tormenta de Ideas

Fase II: Medir

La data de producción es tomada a través de una forma que completa el operador de la máquina junto con el inspector de producción. Esta forma es completada para cada lote producido. De la información que contiene esta forma se puede medir el desperdicio de material por cada lote. El desperdicio de material fue calculado utilizando la siguiente ecuación mostrada en la Figura 17:

$$\text{Total de material utilizado para completar el lote (ft.)} - \text{Total de material aceptado en el lote (ft.)} = \text{Desperdicio de material (ft.)}$$

Figura 17

Ecuación para Determinar el Desperdicio de Material

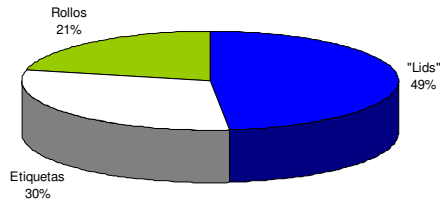
La data histórica fue analizada para ver el impacto que tendría el proyecto en beneficios hacia la compañía. En la Tabla 1 se muestra el desperdicio de material que hubo por cada mes, durante los pasados dos años. Este proyecto busca reducir el desperdicio de material mensual en un 5% obteniendo unos ahorros para la compañía de aproximadamente \$64,000 anuales.

Tabla 1

Data Histórica del Desperdicio de Material

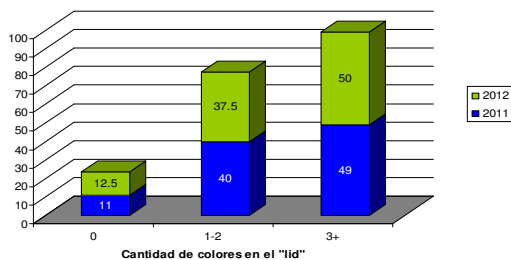
Mes	Historial de desperdicio de material sin incluir el "setup" (ft.)		Promedio de desperdicio de material (ft.)	5 % de Reduccion de desperdicio de material (ft.)	Meta de reduccion de desperdicio de material (ft.)	Meta de reduccion de desperdicio de material (\$ ft.)
	2011	2012				
1	41,229	28,969	35,099	1,755	33,344	\$ 3,510
2	40,915	42,995	41,955	2,098	39,857	\$ 4,196
3	263,940	145,358	204,649	10,232	194,417	\$ 20,465
4	51,700	38,099	44,900	2,245	42,655	\$ 4,490
5	58,025	12,968	35,497	1,775	33,722	\$ 3,550
6	34,951	27,247	31,099	1,555	29,544	\$ 3,110
7	39,869	47,832	43,851	2,193	41,658	\$ 4,385
8	42,545	46,992	44,769	2,238	42,530	\$ 4,477
9	68,241	54,951	61,596	3,080	58,516	\$ 6,160
10	47,939	42,508	45,224	2,261	42,962	\$ 4,522
11	44,198	36,897	40,548	2,027	38,520	\$ 4,055
12	17,242	45,865	31,554	1,578	29,976	\$ 1,231
	<b>Ganancia Esperada Anual</b>					<b>\$ 64,149</b>

En la información recopilada de la forma de producción se pudo segregar el desperdicio de material anual por cada tipo de producto manufacturado en la Máquina X. En la Figura 18 se puede observar que el producto que más alto nivel de desperdicio tiene son los *lids* con un 49%.



**Figura 18**  
% Desperdicio de Material por Año en la Máquina X

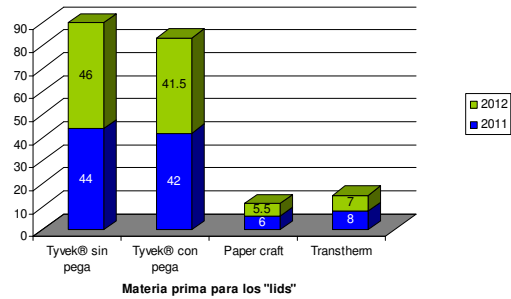
Los *lids* son hojas sueltas cortadas por un *die* o *sheeter* que deben de cumplir con unas dimensiones requeridas por el cliente. Estas hojas pueden ser manufacturadas con impreso o sin impreso. En la Figura 19 se puede observar que entre mas colores contenga el *lid* mayor es la cantidad de desperdicio de material. Los *lids* que tienen tres colores o mas reflejan un 50% de desperdicio de material en comparación con los *lids* que no tienen impreso que tienen un 12.5%.



**Figura 19**  
% Desperdicio de Material por Año en la Máquina X para *Lids* según la Cantidad de Colores

El desperdicio de material en los *lids* también puede ser afectado por el tipo de material del cual esta echo el "lid". En el proceso de impresión de *lids* se utilizan tres tipos de materiales; *Tyvek*®, *Paper Craft* y *Transtherm*. En la Figura 20 se puede observar que la composición de material que mas desperdicio de material tiene es el *Tyvek*® representando un 87.6% de desperdicio. El *Tyvek*® se clasifica en dos materiales; *Tyvek*® con pega o *Tyvek*® sin pega. El *Tyvek*® sin pega es el material

que representa mayor desperdicio con un 46% de desperdicio.

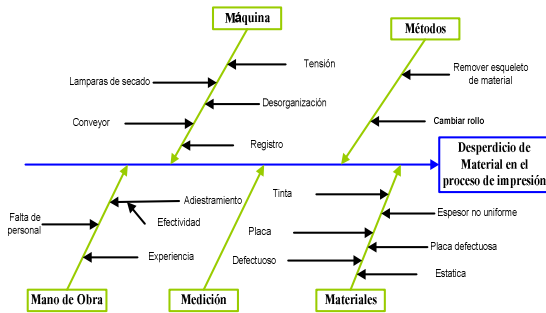


**Figura 20**  
% Desperdicio de Material por Año en la Máquina X para *Lids* según la Materia Prima

La data histórica nos reveló que los *lids* manufacturados con materia prima de *Tyvek*® sin pega y con algún tipo de impresión son los que mayor desperdicio de material crean en su reproducción. El desperdicio de material promedio por lote es de 15%, el cual quiere ser reducido a un 10% como meta a corto plazo.

### Fase III: Analizar

Se analizaron las corridas de productos *lids* que fueran manufacturados con materia prima de *Tyvek*® sin pega, y que tuvieran algún tipo de impresión. Durante las corridas se identificaron posibles causas que pudieran estar aumentando el desperdicio de material. Se realizó un Diagrama de Causa y Efecto (Figura 21), con la ayuda de las personas involucradas en el proceso de impresión de *lids*, en el cual se identificaron todas las causas que hacen que se incremente el desperdicio de material. Entre las causas más comunes para incrementar el desperdicio de material esta: la estática en el material y el cambio del esqueleto del material. Cada vez que la máquina tiene que hacer paradas a causa de estas dos razones y se este manufacturando *lids* impresos se pierde alrededor de 350 pies de material. Cuando la máquina hace una parada pierde la tensión, y el registro de la impresión se mueve, por estas razones se bota alrededor de 350 pies hasta que la máquina cae nuevamente en los parámetros óptimos.



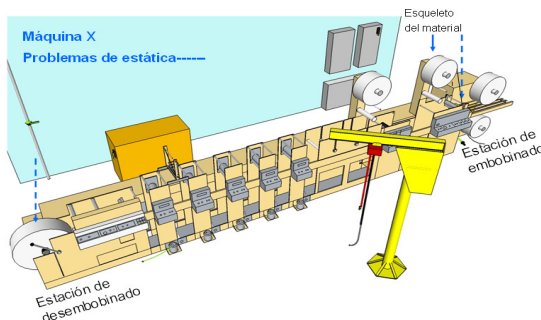
**Figura 21**  
**Diagrama de Causa y Efecto**

El problema de estática que se presenta en la máquina es en el área de embobinado cuando los *lids* pasan al *Conveyor* para ser recogidos. Se utilizó un medidor de estática (Figura 22) para verificar si los rollos de material venían cargados con estática y esta aumentaba al pasar por la máquina.



**Figura 22**  
**Medidor de Estática**

Se midieron los rollos de materia prima y se encontró que en los rollos en que el material media mas de 5.0 kv en el área de desembobinado, cuando pasaba por la máquina y llegaba a la estación de embobinado o recogido de material aumentaba a la estática a un promedio de 12.0 kv. En la Figura 23 se puede observar el diagrama de la máquina que se esta analizando y las estaciones que están teniendo problemas de estática.



**Figura 23**  
**Diagrama de la Máquina X Mark Andy 4000**

El cambio del esqueleto de material es una operación requerida en el proceso, pero si puede ser disminuida. El cambio de este esqueleto depende de cuan larga sea la corrida y de cuantas veces se rompa y tenga que ser removido. Se observo la máquina por varios días y se identifico que materiales con un esqueleto en ambos lados menor a 0.5 pulgadas se rompía tres veces mas rápido que un esqueleto que fuera igual o mayor a 0.5 pulgadas.

La desorganización de las herramientas utilizadas para hacerle ajuste a la máquina es un factor que retrasa al operador a dar una respuesta rápida en la corrección de algún problema durante la corrida. Esta desorganización aumenta la posibilidad de incrementar el desperdicio de material ya que se retrasa la corrección del defecto producido y ese material tiene que ser descartado. En adición puede conllevar a que la máquina sea detenida hasta dar con la herramienta requerida.

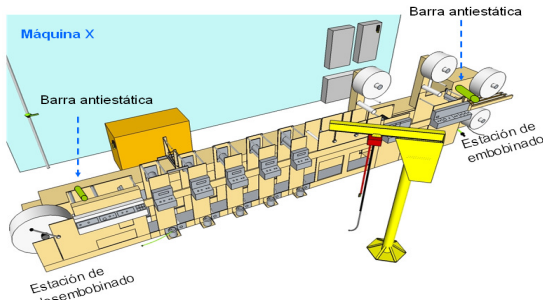
#### Fase IV: Mejorar

En la fase de analizar se encontró que las causas más comunes que incrementaban el desperdicio de material eran: la estática en el material y el cambio del esqueleto del material. Se realizo una búsqueda de productos que pudieran ayudar a disminuir el problema de estática en la sección de recogido de material. En la búsqueda se encontraron las barras antiestáticas, que son un tipo de producto costo efectivo y que tienen una buena reputación para resolver el problema de estática. Se instalaron dos barras antiestáticas (Figura 24); una en el área de desembobinado y a la otra en el área de recogido. La barra instalada en el área de desembobinado ayudara a reducir la estática que contiene el material previniendo que el este menos cargado al llegar al área de recogido. La barra instalada en la sección de recogido ayudará a reducir la estática que tenga el material al llegar a esta sección.

El cambio del esqueleto del material (Figura 25) es la segunda causa más común que aumenta el desperdicio de material en cada lote manufacturado. Se identificaron los trabajos que son



manufacturados con un ancho de material en el que el esqueleto del material resulta ser menor de 0.5 pulgadas a cada lado. Se analizó la información con el Departamento de Planificación para buscar alguna estrategia en la compra de materiales. Se estandarizaron los anchos de material que se compran, para poder cumplir con este requerimiento y reducir el costo de los materiales, basado en el aumento de la demanda de material.



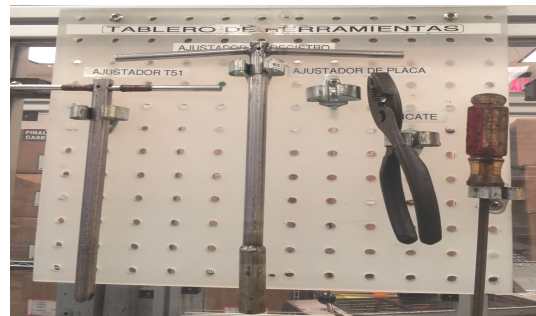
**Figura 24**  
Localización de las Barras Antiestáticas en la Máquina X Mark Andy 4000



**Figura 25**  
Esqueleto del Material

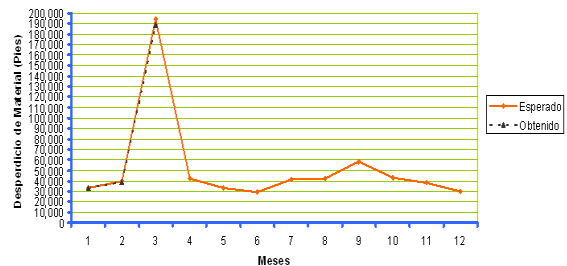
La desorganización de las herramientas utilizadas para hacerle ajuste a la máquina era otro factor que influenciaba al incremento del desperdicio de material durante la corrida de un lote de producción. Se adiestró a los operadores de la máquina sobre las 5'S en el área de trabajo y como esta herramienta le podría dar resultados positivos en su estación de trabajo. Se identificaron cuales eran las herramientas indispensables que el operador tenía que tener a la mano para poder brindar una respuesta rápida en corregir el defecto surgido. Se colocaron estas herramientas en un tablero frente a la máquina, identificadas por su nombre (Figura 26). De esta manera el operador no

perderá tiempo en buscar las herramientas y podrá reducir el desperdicio de material al surgir un defecto.



**Figura 26**  
Tablero de Herramientas

Luego de implementar las mejoras se comparó la reducción de material esperado contra la reducción de material obtenida en los meses luego de la ejecución. En la Figura 27 se puede observar que el desperdicio de material obtenido es menor que el desperdicio de material esperado. Según esta gráfica se ha obtenido más de un 5% de reducción en el desperdicio mensual de material producido en la Máquina X para los lids.



**Figura 27**  
Desperdicio de Material Esperado vs. Desperdicio de Material Obtenido

### Fase V: Controlar

Luego de los cambios implementados en la fase de mejorar se realizaron cambios en los procesos para controlar que se ejecuten consistentemente. El procedimiento de la operación de la Máquina X fue revisado y se le incluyó el uso de las barras antiestáticas en las estaciones de desembobinado y recogido de material. Además se adiestró al operador en como utilizar el medidor de estática para que pueda monitorear que las barras estén funcionando.

El Departamento de Planificación estandarizó el ancho de los materiales comprados en una forma interna controlada para cumplir con el nuevo requerimiento. Además se actualizó la información al Departamento de cotizaciones para futuros trabajos.

La organización de la estación de trabajo del operador se incluyó en la limpieza mensual de la máquina y será auditada junto con las otras tareas requeridas mensualmente. Se incluyeron controles visuales en la estación para mantener en control los arreglos realizados. Además se incluyó en la matriz de adiestramiento de los operadores un adiestramiento mínimo anual de la utilización de las herramientas de 5'S en el área de trabajo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este proyecto consistió en reducir el desperdicio de material en un proceso de impresión flexográfica. Utilizando la metodología DMAIC y herramientas de Lean Manufacturing, se ejecutó cada una de las fases del proyecto. Luego del análisis se encontró que el producto en el que más se incurría en desperdicio de material eran los lids impresos en Tyvek® sin pega. La estática en el material y el cambio del esqueleto del material fueron los factores que en la actualidad incrementaban el desperdicio de material en lids de cada lote manufacturado en la Máquina X. Se realizaron las mejoras identificadas que impactaban el proceso y se redujo a un mínimo de 5% el desperdicio de material mensual en la Máquina X. Esta mejora impacta la compañía con una ganancia anual de aproximadamente \$64,000 (Tabla 2).

**Tabla 2**  
**Ganancias Obtenidas hasta el Presente**

Mes	Promedio de desperdicio de material (t)	5% de Reduccion de desperdicio de material (t)	Meta de reducion de desperdicio de material (t)	Meta de reduccion de desperdicio de material (\$/t)	Desperdicio de material sin incluir el "setup" (t), 2013	Diferencia (t)	Ganancia
1	35,099	1,755	33,344	\$ 3,510	33,145	1,954	\$ 3,908
2	41,955	2,098	39,857	\$ 4,196	38,998	2,957	\$ 5,914
3	204,649	10,232	194,417	\$ 20,485	188,874	15,778	\$ 31,550
4	44,900	2,245	42,655	\$ 4,490			
5	35,497	1,775	33,722	\$ 3,550			
6	31,093	1,555	29,538	\$ 3,110			
7	43,851	2,193	41,658	\$ 4,385			
8	44,769	2,238	42,531	\$ 4,477			
9	61,596	3,080	58,516	\$ 6,160			
10	45,224	2,261	42,963	\$ 4,522			
11	40,548	2,027	38,521	\$ 4,055			
12	31,554	1,578	29,976	\$ 1,231			
			<b>Ganancia Esperada Anual</b>	<b>\$ 64,149</b>		<b>Ganancia Anual</b>	<b>\$ 41,332</b>

Las siguientes recomendaciones son sugeridas para la mejora continua del proceso de impresión de lids: implementar un programa para la recopilación de datos de una manera confiable, monitorear la data del desperdicio de material mínimo una vez al mes, publicar la información para que los empleados tengan conocimiento del material que se esta desperdiciando y desarrollar un programa de adiestramiento al personal para que adquieran conocimiento sobre las herramientas de Lean Manufacturing.

## REFERENCIAS

- [1] Riviera, P. (2010). *Las 8 causas principales de desperdicio*. Obtenido Enero 25, 2013, desde <http://meliorconsulting.es/metodologias-2.html>
- [2] Pereira, R. (2008). *Let's Create a Current State Value Stream Map!* Obtenido Enero 25, 2013, desde <http://lssacademy.com/2008/02/24/lets-create-a-current-state-value-stream-map/>
- [3] Vargux. (2008). *Diagrama General de Causa y Efecto*. Obtenido Enero 25, 2013, desde <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diagrama-general-de-causa-efecto.svg>
- [4] Patrick, R. (2011). *Time Series Plots: There's Gold in Them Thar Hills!* Obtenido Enero 25, 2013, desde <http://blog.minitab.com/blog/statistics-and-quality-data-analysis/time-series-plots-theres-gold-in-them-thar-hills>
- [5] Rabello, C. (2006). *Manufactura Esbelta en Procesos*. Obtenido Enero 25, 2013, desde <http://winred.com/notas-de-prensa/matricula-abierta-para-la-formacion-green-belt-6-sigma-de-caletec-que-empieza-en-octubre-2010-en-barcelona/gmx-niv117-con-20224.htm>
- [6] Drughieri, R. (2008). *5S, Metodología de Gestión y Orientación a la Mejora*. Obtenido Enero 25, 2013, desde <http://www.ventadirecta.Biz/2008/06/02/5s-metodologia-de-gestion-y-base-para-construir-una-cultura-organizacional-orientada-a-la-mejora-continua/>
- [7] Vera, J. (2005). *Flexografía*. Obtenido Enero 25, 2013, desde <http://bdigital.eafit.edu.co/PROYECTO/P658.5M516R/capitulo3.pdf>