

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Monterrey

Escuela de Ingeniería y Ciencias



“Análisis de reducción de costos y optimización del proceso de fabricación para producto cartón”

Reporte presentado por

Miguel Ángel Peña Fuentes

sometido a la

Escuela de Ingeniería y Ciencias

como un requisito parcial para obtener el grado académico de

Maestro en Ingeniería

en

Administración de la Ingeniería

Monterrey Nuevo León, 03 de Diciembre de 2019

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Monterrey

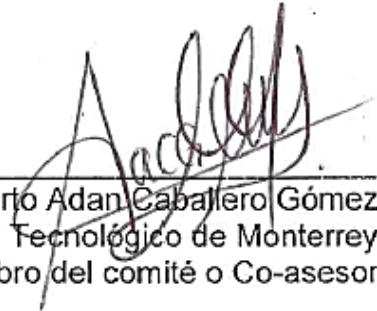
Escuela de Ingeniería y Ciencias

Los miembros del comité aquí citados certificamos que hemos leído el reporte presentado por Miguel Angel Peña Fuentes y consideramos que es adecuado en alcance y calidad como un requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ingeniería en Administración de la Ingeniería,



---

Dr. Dagoberto Garza Nuñez  
Tecnológico de Monterrey  
Escuela de Ingeniería y Ciencias  
Asesor principal



---

Dr. Alberto Adán Caballero Gómez  
Tecnológico de Monterrey  
Miembro del comité o Co-asesor



---

Ing. Roel Castillo Villarreal  
Bradford de México  
Testigo de la empresa



---

Dr. Adán López Miranda  
Director de la Maestría en Administración de la Ingeniería  
Escuela de Ingeniería y Ciencias

Monterrey Nuevo León, 03 de Diciembre de 2019

### **Declaración de autoría**

Yo, Miguel Angel Peña Fuentes, declaro que este reporte titulado, “Análisis de reducción de costos y optimización del proceso de fabricación para producto cartón” y el trabajo que se presenta es de mi autoría. Adicionalmente, confirmo que:

- Realice este trabajo en su totalidad durante mi candidatura al grado de maestría en esta universidad.
- He dado crédito a cualquier parte de este reporte que haya sido previamente sometido para obtener un grado académico o cualquier otro tipo de titulación en esta o cualquier otra universidad.
- He dado crédito a cualquier trabajo previamente publicado que se haya consultado en este reporte.
- He citado el trabajo consultado de otros autores, y la fuente de donde los obtuve.
- He dado crédito a todas las fuentes de ayuda utilizadas.
- He dado crédito a las contribuciones de mis coautores, cuando los resultados corresponden a un trabajo colaborativo.
- Este reporte es enteramente mío, con excepción de las citas indicadas.

Miguel Angel Peña Fuentes

Monterrey Nuevo León, 03 de Diciembre de 2019

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a Jesús Angel Peña Alanís y Marina Fuentes Cruz, padre y madre de incondicional fuerza, paciencia y apoyo. A través de todos mis estudios, carrera y vida me han apoyado determinadamente en cada uno de mis objetivos trazados. Las palabras de aliento y sabios consejos, que día a día se han presentado durante todo este periodo, sentaron los pilares que crearon la disciplina y perseverancia en mí, para poder llevar a cabo el desarrollo y culminación de esta trayectoria que culmina en mi proyecto de investigación que se está por presentar.

# “Análisis de reducción de costos y optimización del proceso de fabricación para producto cartón”

por

Miguel Angel Peña Fuentes

## Resumen

La reducción de costos de la línea de producción de cartón viene de la mano debido a la necesidad que se tiene en la empresa de ser más competitivos en el mercado de cartón con una propuesta patentada denominada P2. El producto viene a ser una novedad involucrando caja y partición en un solo componente el cual se intenta distribuir de manera competitiva. Como primera fase de este proyecto se analiza la cadena de valor del troquelado interno de cajas y particiones en la empresa para identificar oportunidades de reducción de costos. En segunda fase se verifican los valores estimados y reales de los productos troquelados en el área de corte de manera que se puedan conocer las diferencias que se tienen entre lo que se cotiza para venta y lo que realmente se gasta en fabricación y en una tercera etapa se comparan los equipos actuales y se propone un escenario de producción con una maquinaria de nueva tecnología en cuestión de velocidad y eficiencia para el material de cartón.

Al final se propone una reducción de costos en el proceso de troquelado al disminuir cantidad de material a utilizar al producir cajas y particiones, una optimización del proceso con la justificación de una nueva maquinaria y se muestra la diferencia que se puede reajustar entre costos estimados y reales del procesamiento de cartón con la finalidad de reducir el costo de venta o incrementar el margen de una venta.

# Contenido

## 1 Introducción

1.1 Descripción de la Empresa .....	07
1.2 Fundamentación y antecedentes .....	13
1.3 Motivación.....	14
1.4 Objetivos del proyecto .....	15
1.5 Identificación del proyecto a elaborar.....	16
1.6 Justificación de la importancia de la problemática .....	16
1.7 Alcances y limitantes del proyecto.....	17

## 2 Marco Teórico

2.1 Componentes clave del procesamiento de órdenes.....	19
2.2 Entendimiento del producto.....	22
2.3 Herramientas de análisis.....	24

## 3 Metodología de trabajo

3.1 Pasos a seguir en el proyecto.....	27
3.2 Tiempos de desarrollo contemplados.....	28
3.3 Recursos para ejecución del proyecto.....	29
3.4 Resultados esperados.....	30

## 4 Desarrollo de la metodología

4.1 Introducción a la metodología.....	31
4.2 Estado Actual.....	31
4.3 Análisis.....	38
4.4 Desarrollo .....	56
4.5 Resultados.....	67

## 5 Conclusiones y orientaciones para el trabajo posterior

5.1 Propuesta final de reducción de costos y alternativas de solución.....	68
5.2 Recomendaciones y lecciones aprendidas .....	70

## Anexo

Características principales de máquina Boxer .....	73
----------------------------------------------------	----

<b>Bibliografía.....</b>	<b>74</b>
--------------------------	-----------

## CAPITULO 1 - INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción de la Empresa.

Bradford Company es una empresa familiar que data del año 1897. En los inicios de la compañía y para poder generar la eficiencia requerida en aquel entonces, se invirtió en nuevas tecnologías para ensamblar particiones de cartón. A través de todos los años la empresa fue migrando y creciendo en cuanto requerimientos y ofertas de productos.



**Figura 1.1 Bradford Company**

Fue hasta el año de 1984 que el nombre de la compañía fue cambiado de W.J. Bradford Paper Company a simplemente Bradford Company. Todo este cambio, se reflejó debido al enfoque de la compañía de generar más empaque retornable comparado con el de un solo uso. Esto indicó un crecimiento en bruto que se reflejó en el mercado como la empresa manufacturera más grande fabricante de contenedores de plástico corrugado en Norte América<sup>1</sup>.

A partir del año 1984 hacia la actualidad, la empresa ha sufrido cambios considerables para bien debido a la constante competencia que surge en el mercado americano. Hay que tomar en cuenta que este crecimiento recae en la expansión hacia los países vecinos tomando como ventaja el Tratado de Libre Comercio que se había firmado por el año de

---

<sup>1</sup> <https://bradfordcompany.com/about/>

1992 y puesto en marcha hasta 1994. México con una empresa en 1998 y Canadá con otra fueron el resultado de este ambicioso movimiento para abarcar la mayor parte del mercado en América del Norte. La expansión fue tan satisfactoria que en la actualidad se cuenta con un total de 3 plantas en Estados Unidos, dos en México y una en Canadá, en donde se busca dejar huella como uno de los principales fabricantes de empaques de cartón customizados y de empaque retornable protector de interiores con diseño ingenieril dedicado a proteger los productos de nuestro clientes y reputación.

Existen una variedad considerable de productos que la compañía ofrece y tras el paso de los años, estos se encuentran en constante cambio debido a los requerimientos diarios que el cliente tiene con nosotros. Mientras nos mantenemos en el negocio y creciendo, es parte de nuestro objetivo desarrollarnos constantemente con nuevos materiales y diseños personalizados para nuestros clientes con la determinación de permanecer como líderes en el mercado de empaques retornables.



**Figura 1.2 Tipos de Contenedores tamaño-tarima**

### 1. Contenedores tamaño-tarima

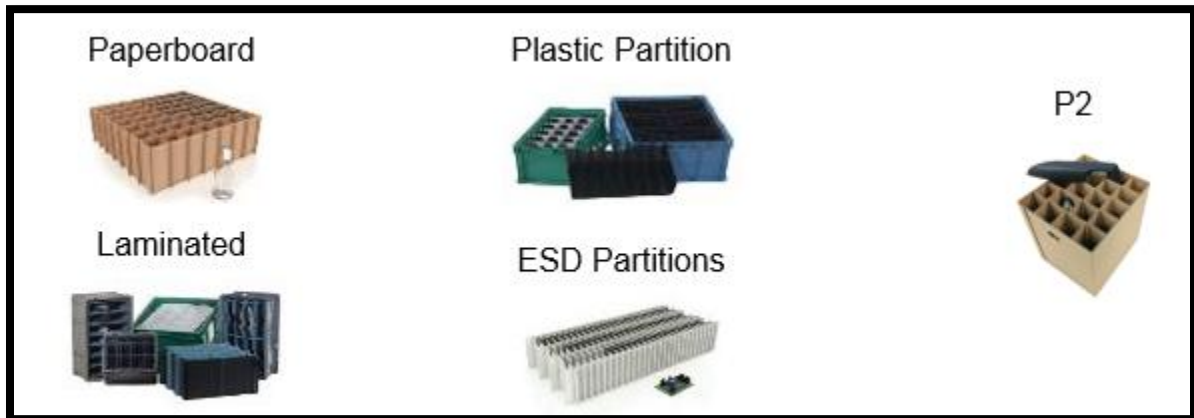
En la gama de productos que Bradford posee, se encuentran los contenedores con tamaño de tarima que optimiza el espacio y la eficiencia de las líneas de producción por medio de un empaque mucho más grande que un rack de acero. Este enfoque se establece con la idea de que es necesario un empaque del tamaño de una tarima para



optimizar, proteger y mover partes de componentes muy grandes que habitualmente en un empaque pequeño no cabrían. Como parte de la variedad que se tiene en este esquema, se muestran los diferentes tipos de empaques que se tienen dentro de esta familia de productos en la Figura 1.2.

## 2. Particiones

Se tiene una variedad en el tipo de particiones que se pueden desarrollar dentro de nuestros 4 muros. Mediante nuestros recursos somos capaces de identificar las mejores áreas de oportunidad para crear la partición adecuada para nuestros empaques y posterior protección de la pieza del cliente.



**Figura 1.3 Tipos de particiones**

Se busca como prioridad la protección de las partes individuales del cliente incluso si es necesario desarrollar ensambles complejos. Como parte de ello se muestran en la Figura 1.3, la mezcla de diferentes productos para nuestras particiones.

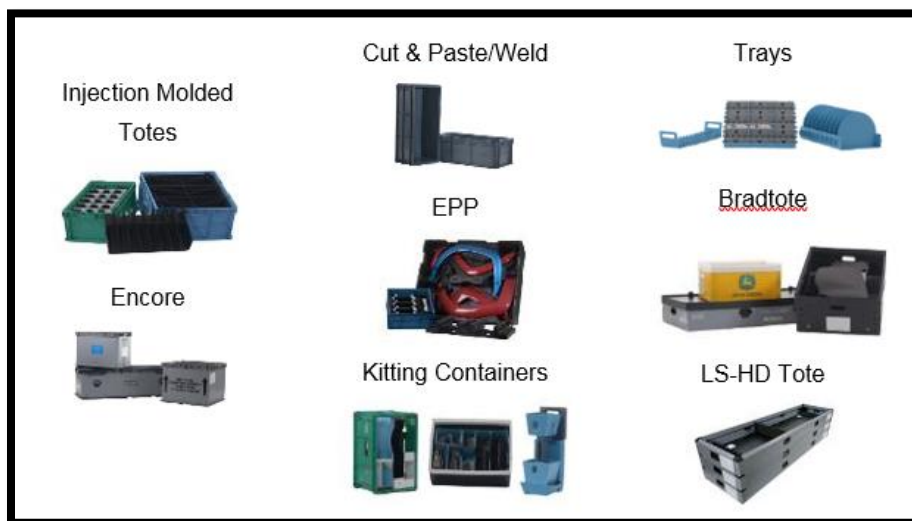
P2 es un producto que tiene la capacidad de contener la caja y la partición de una caja de cartón común en una sola entidad. Es decir que, al abrir la caja, ésta ya contenga la partición consigo y de esta manera reducir tiempos y espacios al momento del manejo del producto, impactando directamente en el área de producción del cliente mediante la reducción de almacenamientos y de tiempos y movimientos.

### Beneficios del producto P2 hacia cliente.

- Reducción de tiempos de proceso al contar con la partición y caja en un solo componente.
- Reducción de espacio en almacenamiento.
- Incrementar la frecuencia de uso de producto de cartón, aumentando hasta 4 usos por producto elaborado vs. El uso habitual desechable de cartón de 1 solo uso tanto en la caja como partición.

### 3. Totes / Contenedores con Manejera

Otra gama de productos mostrados en la Figura 1.4 se diseña con la finalidad de poder trasladar las piezas dentro de un contenedor, y este a su vez sea ergonómicamente adecuado para su manejo. Esto conlleva desde un diseño sencillo como parte de nuestro producto denominado “Brad tote” hasta diseños complejos con una solución ingenieril que faciliten el manejo de piezas en área de WIP.



**Figura 1.4 Tipos de Contenedores con Manejera**

### Tipos de Materiales

Otro valor agregado para nuestra compañía se compone de la variedad de materiales que el mismo maneja. Dependiendo de qué tipo de proyecto o qué tipo de pieza se vaya

a contener en nuestros productos, se elige el material adecuado para brindar la satisfacción del cliente.

- Cartón. - Cajas y particiones de diferentes dimensiones que se fabrican para contener piezas automotrices con la intención de usarse solo una vez.
- Softedge. - es un material que se incrementa en demanda que combina suavidad en material junto con robustez para contener piezas, mantenerlas en su lugar y protegerlas de cualquier rayadura. Es un proceso único patentado que la compañía posee y ofrece resultados sobresalientes en el cuidado de las piezas.
- PolyLite™ es un foam extruido de polipropileno con una superficie lisa que soporta una resistencia considerable al impacto. Este material solo es distribuido por Bradford en Norteamérica. Además de que tiene mucha flexibilidad en cuanto a tamaños, grosores y pesos, este material es completamente reciclable.
- Plástico. - se trabaja con una variedad considerable de plásticos tomando como por ejemplo el Coroplast y HDPE en donde siempre se busca la excelencia en materiales ofrecidos hacia nuestros clientes. Se tiene una amplia gama además debido a la combinación de las materias primas con laminadoras que la empresa contiene con la finalidad de entregar productos únicos hacia nuestros clientes.
- Tela/Textiles. - El desarrollo de empaques con materiales textiles de diferente gama dentro de la compañía es un distintivo que nos mantenemos desarrollando constantemente. Por medio de diseños específicos se pueden realizar bolsas con diferentes materiales para sostener dentro de un contenedor más grande, puertas, volantes, etc. Siempre manteniendo una protección adecuada para el producto.
- Foam. - Se trabaja con una variedad amplia de foam y combinándola con la experiencia de cada diseñador, se diseñan y utilizan para contener piezas alargadas dentro de contenedores y además de ello, también pueden ser utilizados con figuras específicas para controlar las dimensiones de las piezas de nuestros clientes. La ventaja de esto se encuentra en que el foam que se distribuye dentro de los empaques, sensibiliza el interior del mismo y protege piezas que sean demasiado frágiles.

## **Bosquejo del Mercado objetivo al cual se enfoca.**

Dentro del mercado que la compañía decide abarcar, se encuentran dos grandes rubros que se componen por medio del sector automotriz y sector electrónico.

### **1. Automotriz**

Área automotriz en donde nuestros clientes considerados TIR1 son aquellos que nos solicitan a diario crecer día a día en cuanto términos de calidad. Desarrollamos el empaque adecuado y nos mantenemos a la vanguardia para crear el empaque ideal para cada aplicación. Los empaques en este ramo pueden enfocarse ya sea para WIP o embarques hacia clientes finales. En el primero, es para traslado dentro de la empresa del fabricante de la pieza del automóvil. En la segunda, los empaques se enfocarían en aquellas piezas que saldrían embarcadas hacia el cliente final. Estos empaques se realizan con los materiales adecuados dependiendo de la aplicación de la pieza dentro automóvil, es decir, si la pieza es interna y no es perceptible a simple vista o si la pieza pertenece al exterior o vistas del automóvil. En este caso el cuidado en la fabricación es mucho mayor y se fabrica un empaque con las características óptimas para no generar ningún rasguño en la pieza.

### **2. Componentes Electrónicos**

A pesar de ser todo un reto, la compañía no se queda atrás a la hora de fabricar el empaque adecuado para este tipo de componentes. Uno de los retos es la delicadeza que se tiene que manejar para proteger los circuitos y otro es el tipo de material, ya que uno de los principales retos a vencer es la estática, el cual se ha estado cumpliendo.

## **Características de los clientes más comunes.**

Uno de los clientes principales que se tienen es General Motors (GM) en donde su principal característica es la mezcla de sus productos, ya que en un solo momento coloca 20 diferentes proyectos que se tienen que ir entregando paulatinamente. Esto conlleva un reto importante en toda la cadena de suministro, desde la solicitud de materiales que debe ser precisa, el plan de producción para producirlo paulatinamente y por consiguiente la programación de embarques, ya que, por falta de espacio, no se

puede producir todo al momento, y es necesario la coordinación de todo el equipo, para utilizar la metodología “Just in Time” y lograr que lo fabricado, ese mismo día se embarque.

Otros de nuestros clientes son marcas reconocidas como Ford, Mazda, BMW. Es necesario para estos clientes producir de 3 a 5 proyectos diferentes diarios dependiendo de la demanda y para todos ellos, existen metas que se tienen que cumplir diario o semanalmente. El reto con ellos es poder cumplir con la mezcla dentro del tiempo estipulado.

## **1.2 Fundamentación y antecedentes.**

Como empresa de empaque y de manufactura, siempre se ha buscado como objetivo el ofrecer la mejor opción de embalaje y protección para piezas automotrices a los clientes, que, en nuestro caso, son aquellos que fabrican las piezas para los automóviles. De esa manera, ellos envían sus productos terminados a la ensambladora a través de nuestro empaque diseñado a medida de la pieza.

Para este caso, se consideró como área idónea para análisis y optimización de recursos el área de cartón debido a la estabilidad que se tiene al ser productos que mantienen un mismo estándar y continuidad de fabricación a través del tiempo, que, a su momento, al ser empaque usualmente de usarse solo una vez, genera un aporte semanal a la cartera de la empresa. Se tiene que considerar que, al ser cartón, el tiempo de entrega de materia prima para procesarse en la empresa es 6 veces más rápido que obtener materiales de plástico y si se compara en el margen obtenido de un producto de plástico contra el de cartón, que es cambiante debido a que los proyectos de plástico se fabrican una sola vez por pieza automotriz, el margen del cartón se mantiene constante durante el lapso que un contrato de venta se estipule por parte del vendedor con el cliente. Esto puede significar por ejemplo, un año de venta de un número de parte de cartón obteniendo un margen de 35%, lo que significaría que se tiene asegurada financieramente ese 35% de margen para el flujo de efectivo dentro de la empresa durante un año.

Como visión estratégica de la empresa, el área de empaque de cartón es un mercado en el que se desea ser más rentable en México, de manera que, al momento de producir una unidad de producto en nuestras instalaciones, el costo de fabricación en términos de utilización de materiales y uso de mano de obra pueda reducirse y de esta manera, obtener un margen mayor del producto, basándose en el costo de venta que se tiene establecido. De manera que, al momento de la venta, este artículo, se convierta en un producto más rentable al tener un margen mayor en el precio del producto para la empresa.

El procesamiento de órdenes para el producto del cartón es importante analizar en cuanto a material utilizado y labor se requiere. Si podemos reducir los costos de ambos, el margen obtenido de la venta del producto aumentaría, significando beneficios directos hacia la empresa.

### **1.3 Motivación.**

Al buscar identificar un área con la cual trabajar, se entablaron conversaciones con directivos y se procedió a enfocar al producto no retornable hecho de cartón como una oportunidad viable de desarrollo y expansión en el área local. Esto debido a que en la matriz de Estados Unidos se tiene una proporción de fabricación de venta de productos retornables con un 60% y no retornables con un 40%, mientras que, en México, la proporción se observa menor, al reportar en productos no retornables un 15% contra los retornables con un 85%. Al ser un área en crecimiento, pues en 2018 se tuvo un crecimiento en el área de cartón en facturación de 50% con respecto al año anterior y en 2019 de otro 30% con respecto al año anterior, no se cuentan actualmente las herramientas de análisis suficientes para controlar y de esa manera, tomar las decisiones óptimas para mejorar continuamente el área en la dirección correcta. Por ello, una mirada fresca e introducción de herramientas y equipos con previo análisis, se esperarían por parte de dirección, crearía la cultura necesaria para mantener en movimiento de desarrollo al área de cartón.

#### **1.4 Objetivos del proyecto.**

El propósito del proyecto es analizar el flujo del producto cartón en la compañía con la intención de reducir costos de producción y optimizar la fabricación de este mismo. Esto es necesario de manera que el costo estimativo de producción sea lo más cercano al costo real y se puedan identificar los cambios operativos necesarios en el área de troquelado de cartón para reducir costos reales de producción, siendo la identificación de números de parte con gastos de producción excesivos fuera del promedio y la posible adquisición de maquinaria dedicada para el área de cartón, los primeros enfoques para este proyecto, y de esa manera, ser más competitivos y llamativos hacia el cliente.

##### General

- Reducción del costo operativo de la línea de producción P2 y la optimización del proceso de fabricación en el área de troquelado de la empresa.

##### Específicos

- Identificar los valores reales en el sistema, correspondientes al costo del proceso de estimación contra los costos reales de fabricación de componentes en el área de troquelado para los productos P2, enfocándose directamente sobre los costos de materiales y labor para que al momento de analizar e identificar reducciones posibles, éstas puedan ser útiles para incrementar el margen en la venta de un producto.
- Analizar opciones de mejora en proceso de maquinarias para estandarizar formas de operación y reducir costos de producción.
- Analizar y definir diferentes escenarios de reducción de costo en el procesamiento de cartón.
- Justificación de nueva máquina y su uso eficiente en el proceso de fabricación de productos P2.

### **1.5 Identificación del proyecto a elaborar.**

En base a la producción y constante demanda en crecimiento por parte del área de cartón, la compañía se encuentra en la etapa de búsqueda de alternativas de solución para reducir costos de fabricación en la cadena de suministro del área de productos de cartón mediante el uso adecuado en gastos de materias primas y utilizaciones efectivas de maquinaria.

Se quiere analizar el proceso de producción de productos P2, enfocándose en el área de troquelado pues al fabricar alrededor de 112,000 cajas y 850,000 “strips” en el periodo de estudio de este documento, se desea conocer el estado actual dentro del proceso e incrementar posibilidades de crecimiento para la empresa en el rubro del papel al plantear escenarios de mejora. Se quiere identificar la forma más eficiente de procesar estos materiales y si es necesario, recurrir a la adquisición de maquinaria especializada para el área de cartón.

### **1.6 Justificación de la importancia de la problemática.**

En base a visita de directivo del corporativo, se definió que maquinaria actual no era la más adecuada para el procesamiento del cartón ya que la velocidad de procesamiento que se tiene es muy lenta y no se diseñó pensando en la fabricación de cartón exclusivamente y por lo tanto, se tendrá que realizar un análisis para buscar mantener un precio competitivo del producto P2.

Dado el hecho que el área no da un seguimiento constante a los costos de producción de las ordenes de cartón y que los competidores ofrecen productos cada vez más accesibles, es necesario de la parte de producción, poder ofrecer la fabricación del producto a un precio menor, por lo que se necesita un análisis de procesos internos para reducir los costos de fabricación y de esa manera apoyar al equipo de ventas en su flexibilidad para negociar costos de venta finales hacia clientes.

Es importante conocer el costo real que el equipo de producción reporta ya que, en base a ello, los proyectos futuros tienen un mismo patrón de caja y partición, solamente



variando en dimensiones y cantidad de cartón utilizado. De manera que controlando el costo de golpe de cada una de las máquinas y la cantidad de material que se estima y se utiliza, se puede tener un panorama de si la fabricación de un proyecto venidero se está realizando dentro de los promedios de costo de máquina y si se está utilizando solamente el material necesario para cubrir la fabricación del producto. De allí la intención de querer calcular \$/M2 y costo por pieza unitaria.

### **Datos que refuerzan la necesidad de atacar la situación.**

Los requerimientos del cliente son cada vez más exigentes dado el hecho que su principal factor de decisión se basa en precio sin importar que el producto sea una innovación. Por lo tanto, es imperante buscar una estrategia que nos permita ser más agresivos en el mercado ofreciendo un mejor costo de venta y de conocer a fondo el costeo de nuestros procesos para poder reducir costos de fabricación en un estimado de un dólar por unidad de producto.

Al ser una empresa que maneja una gran variedad de proyectos de cartón, se tendrá que buscar dentro de sus procesos información útil para identificar oportunidades en reducción de costos del costo de labor, burden y materiales de cada uno de los proyectos y trabajar con aquellos que se encuentran fuera de los valores estimados, de manera que la producción, se mantenga siempre en un promedio de costo de fabricación cercano al estimado.

### **1.7 Alcances y limitantes del proyecto.**

- Se trabajará en el flujo del proceso P2.
- El área de troquelado es el que requiere mayor enfoque ya que no cuenta con máquinas especiales para el cartón. Se analizarán en el documento las maquinas troqueladoras “Die Cutter 1, “Die Cutter 2”, “Thompson” y “Roller Die”.
- Costos de procesamiento que involucran labor y burden.
- Para obtención y análisis de datos solo se tomará en cuenta el periodo de enero a mayo del 2019, todo valor calculado en términos de utilidades de

maquinaria, velocidad de procesamiento, uso de material, mano de obra serán gobernados por ese espectro de tiempo.

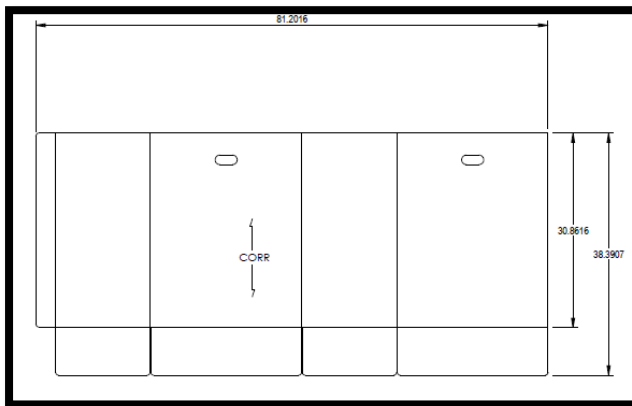
- La información obtenida y utilizada para el análisis en este documento serán obtenidos únicamente de tres reportes existentes en la empresa: “Inventory Transaction Audit Report”, “Manufacturing Efficiency Report” y “Comparative Material Usage Report”
- La información obtenida de los reportes específicamente de producto convertido será considerada en su totalidad como productos fabricados dentro de las instalaciones de la compañía.

## CAPITULO 2 - MARCO TEORICO

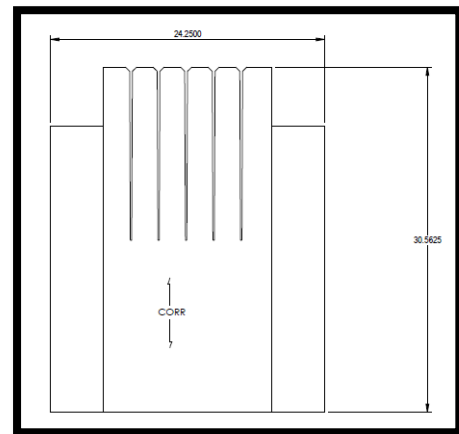
### 2.1 Componentes clave del procesamiento de órdenes.

Para la fabricación actual de una de una partición interna de una caja o la caja exterior en sí, es necesario primeramente fabricar un suaje con las dimensiones exactas de cada una de las piezas con una tolerancia  $\pm 1/8"$ . Después de ello se procede a procesar el material en máquinas prensas ya sea verticales o rotativas que nos ayudan a que el material se corte adecuadamente. Este proceso estandarizado se puede llevar a cabo para cortar el plástico, foam, cartón y diversos materiales.

Para el procesamiento en particular del cartón y en base a los diferentes números de parte que se manejan dentro de la empresa, la cantidad de "strips" de cada número de parte puede variar (Figura 2.2) y por lo tanto al contener más materia prima por procesar para elaborar una caja (Figura 2.1), tanto el tiempo como el costo de fabricación puede variar.



**Figura 2.1 Caja**



**Figura 2.2 "Strip"**

Dependiendo del tamaño de la caja y partición, los tiempos y movimientos pueden aumentar para el manejo del material al momento de colocar el cartón en el suaje para su posterior corte contra el suaje dentro de la máquina y su retiro de la máquina una vez que la pieza haya sido troquelada.

Dentro del costo del precio de fabricación existen dos componentes importantes que integran al costo final, el costo de mano de obra o “Labor”, y el costo de los materiales o “Material”.

Labor. - Es el costo de operación de un operador de producción por hora que trabaja sobre la máquina en particular. Esto incluye el tiempo de ciclo de la máquina y también los tiempos y movimientos que el mismo operador realiza para colocar cada pieza de material sobre el suaje, y una vez troquelado el material, retirarlo y colocar una hoja virgen sin procesar.

Al momento de capturar este tiempo en el sistema, el operador se registra y da de alta para trabajar activamente sobre una orden de trabajo que corresponde a un número de parte, una vez dentro de la orden de trabajo en el sistema, el operador puede iniciar a laborar en la máquina. Si el operador trabaja de manera más lenta, tiene un paro de máquina por mala operación, no tiene el material a la mano para procesarlo o incluso no tiene más espacio donde colocar el producto terminado, puede retrasar el tiempo de fabricación y al final, una vez terminada la orden, salirse de la orden de trabajo. Al hacer esto se captura un número que puede ser cercano o no al valor estimado por el departamento de estimación, lo cual, si no coincide, podría significar que la estimación se ha realizado erróneamente o que la información capturada por el operador no contiene las horas que realmente se utilizaron para fabricar la orden de trabajo.

Material. -Costo involucrado con el uso del material procesado durante una orden de trabajo. Al momento de salirse de la orden, el operador captura las piezas totales cortadas y además de ello coloca la cantidad de “scrap” generado, de esa manera el sistema calcula automáticamente por orden, cuanto material fue utilizado.

Existe otro costo, pero este se refleja solamente para los gastos fijos financieros, de igual manera se explica aquí debajo, ya que, aunque no influye en costo final del producto, es un valor que financieramente es útil a la hora de calcular costos de uso de maquinaria.

Burden. - Costo involucrado en el proceso de producción que involucra costo eléctrico, depreciación, costo por m<sup>2</sup> en edificio de una maquinaria y se captura en sistema paralelamente y de la misma manera que el costo de “Labor”, todo dependiendo de los registros de inicio y termino de operación del trabajador.

La estimación del tiempo de proceso se realiza en dos etapas: Primeramente, el área de estimación utiliza estándares ya definidos por medio del sistema, en el cual, al ingresar dimensiones, cantidad de “strips” por caja, tipos de materiales y procesos que serán necesarios para procesar el producto se inicia a definir los tiempos aproximados de producción de cada número de parte. Estos estándares fueron programados previamente en una aplicación y autorizados por el director de Ingeniería los cuales se revisan anualmente. Posteriormente en el departamento de control de producción, un planeador, por medio de la experiencia, conocimientos de procesos, tamaños de materiales, cantidad de piezas obtenidas por golpe en un suaje, cantidad a producir y tipo de materiales, se ajusta el estimado de piezas por hora. Esta diferencia que se realiza se hace para indicar al equipo de producción la meta que en base a lo que los clientes necesitan dependiendo de urgencias y tiempos de entrega.

Una vez ya definido estos valores de metas por hora dentro del sistema, el equipo de producción al momento de empezar a desarrollar los trabajos se registra en sistema y empieza a contabilizar el tiempo real del proceso. Una vez terminado, se introduce piezas terminadas y por consiguiente se captura en sistema la información real que tomó realizar dicha orden de trabajo.

Al momento de reunir la información y analizarla se tiene los tiempos de proceso estimados por parte del estimador y los tiempos reales, los cuales serán sujetos a estudio en este documento. Se plantea la hipótesis que los tiempos estimados presentan un error con referencia al tiempo real, De esa manera se identificara aquellos valores que tengan un sesgo mayor y se realicen medidas para que éstos valores de estimación se acerquen lo más cercanos a la realidad. Con ello se tendrá más precisión al momento de estimar y ofrecer un producto con un costeo más fidedigno.

## **2.2 Entendimiento del producto.**

Una caja para empaque de un producto puede variar en cuanto a grosores y componentes internos. Esta se compone en el exterior por una caja de cartón corrugado y en el interior por “strips” de cartón micro corrugado. En el sentido común se puede vender la caja y las particiones por separado, dejando la tarea del ensamble al cliente, en este caso, el producto que ofrece la compañía incluye ambas partes, la caja y las particiones, pegadas en una sola, de manera que, al abrirse, la caja ya está lista para usarse.

Debido a que la caja tiene un grado de ingeniería y de valor al unir caja y partición en una sola de manera patentada, se vende por un costo más alto, ya que puede reducir costos internos de manejo con el cliente, sin embargo, los clientes por medio de sus compradores se basan primeramente en el precio, dejando de lado las facilidades como ahorro en espacio y mejor gestión de materiales, pues al pedir particiones y cajas por separado, se puede dar la posibilidad de que internamente el cliente pierda particiones o cajas y por consiguiente demande más para completar la cantidad requerida en sus líneas, y eso al final, recaiga en un pedido mayor de material al requerido. De esta manera al elegir por precio, terminan por comprar cajas y particiones por separado con tal de ahorrarse unos centavos y pasarle el trabajo al área de producción. Esto se documenta en base a comentarios de un cliente fabricante de componentes de puertas que actualmente se encuentra en negociaciones para adquirir producto P2.

Para establecer una visión de lo que se tiene que trabajar de manera que los beneficios de los esfuerzos se reflejen en rentabilidad para la empresa, es necesario tener en consideración como la empresa determina o fija el precio de venta para presentarlo como cotización a nuestro cliente.

Es necesario comprender que, dependiendo de la estrategia de la empresa, el ajuste del precio de venta se puede ver influenciado de dos maneras: (a) por factores internos en donde el precio de venta es igual al margen más el costo de proceso, y (b) por factores externos en donde el margen es igual al precio de venta menos el costo. Es

decir que, si nuestro enfoque es ofrecer **un precio competitivo** ya que existe mucha oferta en el mercado, se tendrá que buscar ya sea reducir el costo del proceso para bajar el precio o se tendrá que sacrificar el margen que cada venta pueda aportar de rentabilidad a la empresa.

Si no existe mucha oferta en el mercado ya que nuestro producto pueda ser una innovación o un producto en un mercado nuevo por explorar, el enfoque podría ser por **medio del margen** y de esa manera, ya sea de modificar el precio de venta en el mercado y/o reducir costos de producción para poder incrementar nuestro margen y ser más rentables con la venta de cada producto para la empresa.

El precio de venta de un producto se compone de 3 elementos importantes en este caso que corresponden al costo del material, costo de labor, margen. Es necesario tenerlos en consideración ya que cada uno influye en el objetivo final que es el precio de venta ofrecido hacia el cliente.

- Costo de labor. - Es el costo que tenemos de mano de obra en la fabricación del producto.
- Costo de material. - Es el costo de material que se utiliza dentro de una orden de trabajo.
- Margen. - Es el rango de valor restante de la formula ( $\text{margen} = \text{precio} - \text{costo}$ ), que representa **al valor de rentabilidad** que se obtiene de la venta de un proyecto.

Por ello al tener como objetivo identificar los valores reales del costo de producción, analizarlos y ajustar los valores de estimación para coincidir con los reales, además de trabajar con aquellos números de parte que generen un costo excesivo de labor y material puede apoyarnos en el fundamento de reducir estos valores y ampliar el margen de precio. De esa manera se podrán dar más opciones al equipo de ventas para ofrecer un producto más rentable.

### 2.3 Herramientas de análisis.

Dentro de este documento se utilizaron herramientas que han ayudado a analizar y estructurar información de una forma amigable y fácil de leer. De manera que, al observarlo, se pueden tomar decisiones con más facilidad al conocer el comportamiento de la información.

Se explicará cuales fueron las herramientas, de manera que se tenga un panorama más amplio de las herramientas que podrán ser útiles para gestionar la información adecuadamente.

- **Histograma**

Gráfico que muestra la distribución de valores de un grupo de valores. Al organizar la información, secciona los valores en rangos de valores similares, y las columnas que se muestra, representan la frecuencia en que esos valores se repitieron dentro del rango establecido<sup>2</sup>.

- **Gráfico de Dispersión**

Gráfico de puntos que muestra el comportamiento de información de un par de variables entre si ubicadas dentro de coordenadas (x,y). Adicionalmente se puede colocar una línea de regresión que mostraría la relación que se tiene entre estas dos variables<sup>3</sup>.

- **Prueba de 2t**

Prueba estadística en la cual se determina si las medias de una población difieren entre sí. Para establecer esta prueba, se tiene que definir la hipótesis nula, la cual generalmente, radica en que si las poblaciones de dos medias son estadísticamente significantes entre sí<sup>4</sup>.

---

<sup>2</sup> <https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/graphs/how-to/histogram/create-the-graph/select-a-histogram/?SID=70186>

<sup>3</sup> <https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/graphs/how-to/scatterplot/create-the-graph/select-a-scatterplot/?SID=70316>

<sup>4</sup> <https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/2-sample-t/before-you-start/overview/>



Se realiza el estudio y después de ello se compara el valor de Pearson obtenido contra el nivel de significancia usualmente definido como 0.05. Si el valor de Pearson(P) es menor o igual que el valor de significancia ( $\alpha$ ) entonces las medias son estadísticamente significantes y la hipótesis nula se rechaza. Si el valor de Pearson(P) es mayor que el valor de significancia ( $\alpha$ ) entonces las medias no son estadísticamente significantes y se falla a rechazar la hipótesis nula.

- **Prueba de Normalidad**

La prueba de normalidad se realiza al momento de querer determinar si un grupo de información siguen una distribución normal. Esto soporta la idea de que los valores son confiables y no contienen una cantidad de valores considerables fuera del rango de valores de la media<sup>5</sup>. Para determinar si los valores siguen o no una distribución normal, se tiene que comparar el valor P contra el nivel de significancia que generalmente suele ser 0.05. Un valor de P menor o igual al nivel de significancia indica que los valores no siguen una distribución normal. Un valor de P mayor al nivel de significancia indica que no se puede concluir que los valores no siguen una distribución normal.

- **Prueba de Correlación**

Esta prueba mide la fuerza y dirección que dos variables tienen entre sí. La correlación de Pearson que es el método más utilizado mide la relación lineal entre dos variables continuas<sup>6</sup>.

- **VPN (Jordan, 2010, pág. 261)**

Valor presente neto es la diferencia entre el valor de mercado de una inversión y su costo. Es necesario al momento de iniciar una inversión, determinar si un proyecto propuesto valdrá más de lo que cuesta una vez que esté en el mercado.

---

<sup>5</sup> <https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/normality-test/before-you-start/overview/>

<sup>6</sup> <https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/correlation/before-you-start/overview/>

El VPN es una medida de cuánto valor se crea o se agrega hoy al efectuar una inversión. Se debe aceptar una inversión si el valor presente neto es positivo y rechazarla si es negativo.

- **TIR (Jordan, 2010, pág. 273)**

Es la tasa interna de retorno de un proyecto que resume los méritos de un proyecto. Tasa de descuento que hace que el VPN de una inversión sea cero. Con base en la regla de la TIR, una inversión es aceptable si la TIR excede el rendimiento requerido en una inversión. De lo contrario deberá rechazarse.

- **Value Stream Map**

Herramienta de análisis en el mapeo del flujo de un proceso, en este caso el área de cartón de la empresa, para elaborar flujo de proceso e identificar ubicación de cada uno de los reportes existentes, de manera que, al rastrear la información posible, sea posible determinar aquellos reportes de donde se pueda obtener la información más útil que se necesita para el planteamiento del problema.

- **Análisis Financiero**

Realización de un estudio financiero del proyecto de inversión operativa de la maquinaria posible para introducción dentro del área de cartón y posibles justificaciones en cuanto a inversiones sean necesarias mediante su VPN, TIR y Periodo de Recuperación.

## **CAPITULO 3 - METODOLOGIA DE TRABAJO**

### **3.1 Pasos a seguir en el proyecto.**

Para el desarrollo de este proyecto, se definieron pasos a seguir para poder obtener la información necesaria para tomar decisiones sólidas. Por ello en esta sección se pueden observar cada una de las actividades para definir las soluciones posibles para la problemática de este proyecto que recaerán en reducción de costos de producción mediante mejoramiento en el proceso de troquelado.

Evaluación de proceso por medio de un Value Stream Map.

- ❖ Identificar posibles áreas de oportunidad en el flujo del proceso.
- ❖ Identificación de reportes existentes en la base de datos de la empresa para obtener información referente al costo y uso de materiales, cantidad de labor y burden generado en ordenes de trabajo y utilización de equipos en nuestro proceso de cartón previamente autorizados por el departamento de control de producción
- ❖ Creación de nueva base de datos vinculando reportes existentes con finalidad de unir ordenes de trabajo, dimensiones de números de parte, costos de procesamiento estimados y reales.

Evaluación de utilización de la maquinaria actual.

- ❖ Conocer utilización de la maquinaria de manera que se pueda definir si se encuentran saturadas o permiten más entrada de trabajo.

Análisis del costo unitario de fabricación en cada maquinaria.

- ❖ Analizar y encontrar cual es el costo que se tiene de fabricación en cada uno de los números de parte y costo de las maquinarias, de manera que se puedan comparar el costo estimado de cada número de parte y el comportamiento de fabricación de cada maquinaria.

Planteamiento y dimensionamiento del proyecto de inversión operativa.

- ❖ Análisis del impacto de implementación de nueva maquinaria en línea con dos perspectivas diferentes para la justificación de la maquinaria.

Creación de escenarios para reducción de costos de procesamiento.

- ❖ Elaboración de escenarios de procesamiento en donde por tipo de maquinaria posible o procedimientos para utilizar cartón, se pueda reducir el costo de procesamiento de los números de parte de cartón.

Elaborar metodología para controlar variación entre costos estimados y costos reales.

- ❖ Construcción del modelo táctico u operativo que confirme los objetivos y/o resultados esperados.

Evaluación de deficiencias de captura en sistema y desfases entre costos estimados y productivos.

- ❖ Identificar diferencias entre los costos estimados y los costos reales que se generan en sistema debido al desempeño de la gente de producción.

Validar y comparar los parámetros de costos que utiliza la gente de comercial.

- ❖ Revisión de precios de venta y la diferencia que estos podrían tomar al comparar los costos estimados contra los costos reales de fabricación.

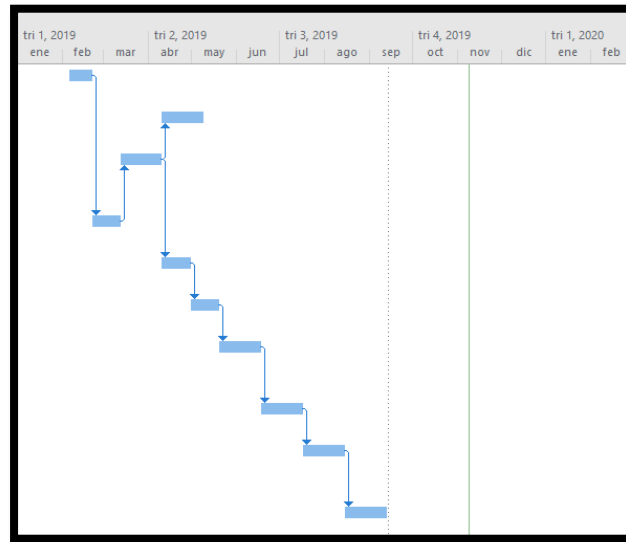
### 3.2 Tiempos de desarrollo contemplados.

Durante el desarrollo del proyecto se estarán evaluando varias etapas que fueron plasmadas en el siguiente diagrama de tiempos. Cabe resaltar que el proyecto se planeó y ejecuto el mes de junio del 2018 hasta el mes de octubre del 2019 para poder desarrollar en conjunto con todo el equipo de la empresa un proyecto que dé resultados satisfactorios para el negocio.

Nombre de tarea	Duraci	Comienzo	Fin	Pred
Evaluacion de proceso por medio de un Value Stream Map	12 días	05/02/19 11:00 a. m.	21/02/19 11:00 a. m.	
Evaluacion de utilización de la maquinaria actual	21 días	10/04/19 11:00 a. m.	09/05/19 11:00 a. m.	3
Creacion de base de datos vinculando ordenes de trabajo, dimensiones, costos de procesamiento estimados y reales	20 días	13/03/19 11:00 a. m.	10/04/19 11:00 a. m.	4
Identificar posibles areas de oportunidad en el flujo de proceso	14 días	21/02/19 11:00 a. m.	13/03/19 11:00 a. m.	1
Analisis del costo unitario de fabricación de maquinaria	14 días	10/04/19 11:00 a. m.	30/04/19 11:00 a. m.	3
Planteamiento y dimensionamiento del proyecto de inversion operativa	14 días	30/04/19 11:00 a. m.	20/05/19 11:00 a. m.	5
Analisis del impacto de implementacion de nueva maquinaria en linea	21 días	20/05/19 11:00 a. m.	18/06/19 11:00 a. m.	6
Creacion de escenarios para reduccion de costos de procesamiento	21 días	18/06/19 11:00 a. m.	17/07/19 11:00 a. m.	7
Elaborar estrategia para controlar variacion entre costos estimados y costos reales	21 días	17/07/19 11:00 a. m.	15/08/19 11:00 a. m.	8
Validar y comparar los parametros de costos que utiliza la gente de comercial.	21 días	15/08/19 11:00 a. m.	13/09/19 11:00 a. m.	9

Figura 3.1 Tiempos de desarrollo contemplados

Se puede observar en la Figura 3.2 la línea de tiempo que se siguió en la cual se fue analizando y definiendo las mejores herramientas de análisis que pudieran ser implementadas dentro del estudio del proyecto.



**Figura 3.2 Cronología de los tiempos de desarrollo**

### **3.3 Recursos para ejecución del proyecto.**

Elaboración de base de datos que englobe los proyectos realizados del producto a analizar que engloban las fechas del 1 de enero del 2019 al 30 de mayo del 2019.

- Inventory Transaction Audit Report - muestra las cantidades totales de materiales utilizados para cada orden de trabajo con su costo total de manera que se pueda identificar el gasto total de tipo de materiales.
- Manufacturing Efficiency Report - Reporte existente en la base de datos de la compañía que muestra cada una de las ordenes de trabajo realizadas en producción, de manera que se puede ver en cuanto tiempo se estimó su procesamiento en cada recurso necesario en la línea de producción y cuál fue el tiempo real en el cual el producto se realizó.

- Comparative Material Usage Report - Reporte que muestra los eventos de cada número de parte producidos en el área de producción, de manera que se obtienen los valores de aquellos materiales que se estimaban utilizar y lo que en efecto se terminó utilizando. Con ello se obtiene la diferencia ya sea positiva o negativa para identificar si se utilizó más o menos material del pronosticado.

### **Equipo de trabajo.**

Se contará con apoyo del equipo de Ventas, Soporte Operacional, Control de Producción, Manufactura, Estimaciones, Área de Ensamble.

Se trabajan los primeros dos meses del proyecto para analizar la información de los reportes y comprender a detalle el funcionamiento de la información. Cada semana se solicita a un departamento 2 horas de su tiempo para el análisis y de esa manera comprender el funcionamiento de la información de cada reporte. Después de 6 semanas se consigue asimilar toda la información para empezar a generar hipótesis y posibles soluciones al objetivo estipulado en el documento.

### **3.4 Resultados esperados.**

Reducir precio de la producción del producto P2

- Identificar razones del alto costo cotizado para el producto P2 y proponer estrategias para ofrecer un precio menor a clientes.

Estandarizar estrategia de flujo en proceso de producción

- Identificar el flujo idóneo interno para fabricación de cajas a través de la identificación de costo de producción en la maquinaria existente de manera que los costos sean mínimos en el procesamiento de ordenes de trabajo.

Reducción en el tiempo de procesamiento con incorporación de nuevo equipo en producción.

- Identificar por medio de un análisis, el proyecto de inversión de nueva maquinaria para asegurar la rentabilidad del equipo, validar el tiempo de proceso y el flujo eficiente con la incorporación de esta nueva tecnología.

Establecer indicadores de control para los gastos operativos en el área de troquelado.

## **CAPITULO 4 - DESARROLLO DE LA METODOLOGIA**

### **4.1 Introducción a la metodología.**

El primer paso para realizar en la metodología fue evaluar gráficamente el proceso de fabricación de cartón para identificar el flujo de valor de los productos entre almacén y producción y de esa manera identificar áreas de oportunidad de mejoras en el uso de mano de obra y materiales. Existía la duda de que los costos representados en el sistema fueran totalmente fiables, ya que no se tenía en el momento un control adecuado de los gastos operativos y de los gastos que representaba el uso de cada maquinaria sobre el proceso. Por ello se evaluó la utilización de material y mano de obra de cada número de parte entre los valores estimados y reales. Con ello se podría tener un panorama del comportamiento en costos de estas dos variables para el margen de cada producto.

Más adelante, se crearon escenarios para reducir costos de procesamiento con dos opciones posibles, ya sea la utilización de una nueva maquinaria o mejora en el procesamiento de cartón en el área productiva y, además, se estableció una metodología para controlar variación de costos estimados contra reales y de igual manera comparar los datos reales contra los parámetros de costos de la gente de comercial.

Al final se encontraron hallazgos que representaron un ajuste de 0.97 USD en el precio unitario del producto y fue posible determinar las causas posibles de la variación dentro del proceso y posibles maneras para normalizar los costos obtenidos del uso de cada maquinaria además de una justificación para el proyecto de inversión de un nuevo equipo para la empresa para el procesamiento de cajas de cartón.

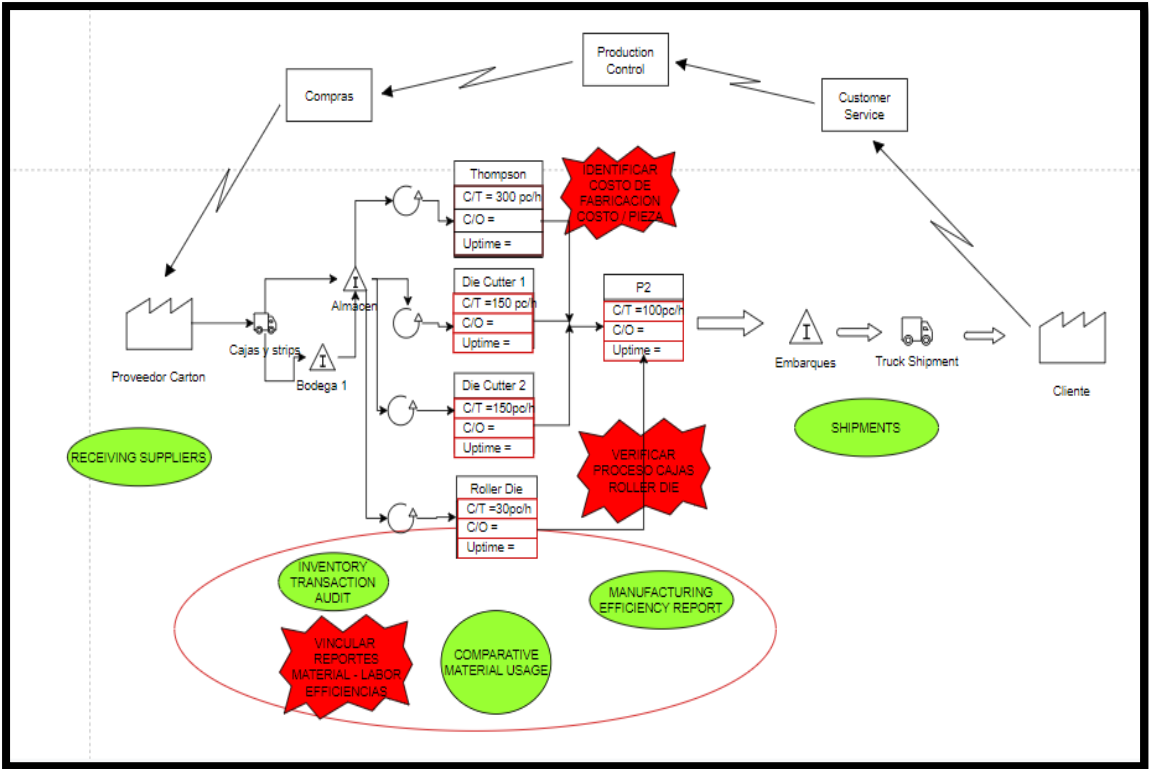
### **4.2 Estado Actual.**

- **Evaluación de proceso por medio de un Value Stream Map.**

Para establecer un entendimiento sobre el área, ya que no se conoce a profundidad el flujo de información y de materiales en el departamento, se procede a elaborar un

mapeo de valor por medio de la metodología “Value Stream Map”, con ello se pudo dar seguimiento desde la entrada de materia prima del proveedor a la empresa, su flujo a través de toda la cadena de valor de la empresa, su producción y su embarque hacia los clientes.

Se identifica cada una de las áreas y con ello se investigan los indicadores existentes para ubicar información valiosa para el análisis. Avanzando en el estudio de información se relaciona los valores más predominantes en el precio del producto para dar un seguimiento más preciso en las áreas que más influencia tienen sobre de ellos y de esa manera identificar oportunidades de mejora.



**Figura 4.1 Value Stream Map del Proceso Cajas P2**

Se utilizó la herramienta básica de Vaue Stream Map por medio de la aplicación de Internet Diagrams Visual Paradigm (diagrams.visual-paradigm.com) para poder visualizar el estado actual del proceso del área de cartón a través de todo su flujo por



la empresa desde que el proveedor envía la materia prima hasta que se embarca al cliente.

Con ello marcar los reportes existentes en el mapa a través de la línea de flujo y con ello identificar aquellos que se orientaban de mayor manera al área que involucrarían el objeto de estudio de este documento ya sea material y labor.

Como procedimiento de análisis del mapa, se empezó a identificar en donde radican los costos de materiales y labor e identificamos primero los materiales entrantes por el área de recibos, la parte de proveedores y su flujo de entrada. Allí verificamos efectivamente que ese apartado es importante, por lo que se requiere encontrar información actual que nos pueda servir de análisis. Dentro del sistema se identificó un reporte llamado **“Inventory Transaction Audit”** en donde se puede rastrear la cantidad de material que se le compró a cada proveedor y separándolo por el tipo y sus dimensiones. Al hacer esto, se puede obtener una cantidad de m<sup>2</sup> de cartón comprados y hacer un cálculo de cuanto estamos pagando por cada m<sup>2</sup> de cartón comprado.

Avanzando en el flujo, nos encontramos con el área de troquelados, que recibe directamente la materia prima y la convierte en base al proyecto requerido para su posterior procesamiento de pegado en la maquinaria P2. Por ello, se identifica que en esta área se involucra materiales y labor. Estos dos costos son medidos para identificar la cantidad total de costo generado por proyecto.

Ya tendríamos eficiencias de maquinaria y además de ello costos de materiales, pero ahora la interrogante aparece al querer unir ambos reportes para obtener información útil. Por ello y por medio del reporte **“Comparative Material Usage”** se puede analizar de esa manera las ordenes de trabajo de producción y sus eficiencias con la cantidad de material utilizado por orden.

Se tomó el reporte **“Manufacturing Efficiency”** donde muestra los valores estimados del departamento de estimación y los valores reales de cada una de las ordenes de

trabajo, el cual nos puede dar valores muy útiles para identificar eficiencias de máquinas y para identificar si efectivamente las estimaciones se estaban haciendo adecuadamente contra el costo de producción real. Se habló con el departamento de estimación y se obtuvieron los datos de piezas por hora estimadas utilizados para cada una de las máquinas de manera que se pudieran hacer los cálculos en base a cantidad de cada una de las ordenes, el tiempo que se estima que cada orden debería de terminarse. Con ello y definiendo las horas totales de trabajo, se multiplican por el costo por hora definido para cada una de las maquinarias.

**Tabla 4.1 Parámetros de procesamiento**

<b>THOMPSON</b>				Parámetros de procesamiento de maquinaria de conversión de cartón en la empresa.									
Batch Qty		Pcs / hr	Set-up time (hr)										
0	300	450	0.75										
301	800	375	0.85										
801	1400	325	0.9										
1401		300	0.95										
<b>ROLLER DIE</b>				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>DIE CUTTER 1</b></td> <td style="text-align: center;"><b>DIE CUTTER 2</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Batch Qty</td> <td>Pcs / hr</td> <td>Set-up time (hr)</td> </tr> <tr> <td>INF</td> <td>150</td> <td style="background-color: yellow;">0.25</td> </tr> </table>	<b>DIE CUTTER 1</b>	<b>DIE CUTTER 2</b>		Batch Qty	Pcs / hr	Set-up time (hr)	INF	150	0.25
<b>DIE CUTTER 1</b>	<b>DIE CUTTER 2</b>												
Batch Qty	Pcs / hr	Set-up time (hr)											
INF	150	0.25											
Batch Qty	Pcs / hr	Set-up time (hr)											
INF	30	0.25											

De esa manera, dependiendo de la maquina en que se haya trabajado el proyecto, se obtendrá el valor del costo estimado que el equipo de estimación debe de estar considerando para cada número de parte.

Si vamos definiendo que lo que se vende se basa en el precio de estimación, y si esos costos no son similares a los costos de procesamiento reales, nos puede dar indicios de dos caminos diferentes. Uno siendo que el costo de producción real es menor, por lo que estaríamos ahorrando dinero a la empresa, o, al contrario, que el costo de

producción sea mayor, significando que estamos gastando más en producir de lo que la empresa se puede permitir al vender los productos.

**Tabla 4.2 Costos financieros de procesamiento por hora en mano de obra y burden que se ingresan en el sistema**

Financial Costs					
	P2	Die Cutter 1	Die Cutter 2	Roller Die	Thompson
Setup per hour	48	48	48	36	36
Run per Hour	48	48	48	36	36
Burden hour setup	310	280	280	180	200
Burden hour run	310	280	280	180	200

Al momento de verificar los costos de fabricación entre estimación y costos reales, se obtiene una diferencia de 233% de costo estimativo superior contra el costo real que el equipo de producción registra realmente. El costo unitario de fabricación por caja se encuentra a los niveles de la Tabla 4.3.

**Tabla 4.3 Costo unitario de fabricación por caja**

MXN		
\$	19.99	Costo Estimacion
\$	10.71	Costo de Estimacion por produccion
\$	8.55	Costo Real con Roller Die
\$	6.06	Costo Real con Boxer

Y por lo tanto si consideramos las horas totales trabajadas durante el periodo de enero a mayo 2019, ya que ese es el espectro de estudio en este documento y la cantidad que se estaría esperando mantener en producción constante en el futuro como escenario reservado y tomamos como referencia la diferencia de precio entre costo estimado y el costo real en la maquinaria actual mostrado en la Tabla 4.3, se podrá observar que el nivel de gasto entre uno y otro al multiplicar esa cantidad por las piezas totales fabricadas durante el espectro de tiempo estudiado, se llega a obtener una

reducción de 1,359,045.27 MXN, y por lo tanto si esa reducción se divide entre la cantidad total de cajas fabricadas en la P2, se calcula una reducción de 0.56 USD en el costo de fabricación unitario. Eso nos quiere decir que aquí se encuentra una oportunidad para efectivamente controlar el precio estimado contra el real al actualizar la referencia de las estimaciones por cada número de proyecto buscando la manera de poder mantener márgenes de beneficio para la empresa y de esa manera poder tomar decisiones ya sea de reducción del precio de venta del producto o de incremento en el margen de utilidad del producto unitario.

**Tabla 4.4 Diferencia de costos de labor y burden estimados vs. reales**

DIFERENCIA DE COSTO DE LABOR Y BURDEN ENTRE LO ESTIMADO Y LO REAL		
\$	1,359,045.27	MXN
\$	11.27	MXN
\$	0.56	USD @ 20MXN AJUSTE DE COSTO AL REVISAR Y ASIGNAR ESTIMACIONES AL COSTO REAL

- Evaluación de utilización de la maquinaria actual.**

Se necesita conocer la utilización del valor real de las máquinas por medio del tiempo del proceso estándar y las horas totales que comprenden el periodo de enero a mayo 2019 para definir si el uso de las maquinas en la actualidad, se encuentran saturadas o permiten la entrada de más trabajo. Se podrá definir la utilización al calcular el tiempo total de las maquinas utilizadas a través de las piezas fabricadas en dicho periodo.

**Tabla 4.5 Cantidad de “strips” y cajas troquelados en el espectro de estudio**

	QTY	
Strip A	270253.00	Sum of Strips
Strip B	590193.98	860447
Box P2	120565.00	

En base a la cantidad de cajas fabricadas en la máquina P2, se tomó esa cantidad como referencia y se calculó cuantos “strips” requiere cada caja colocándolo todo en conjunto en la Tabla 4.5.

Se verifica en la Tabla 4.6 que en base a lo que se ha corrido de piezas de “strips” y cajas hasta el momento, se tiene todavía capacidad para procesar más “strips” en las máquinas Die Cutter 1, Die Cutter 2 y Thompson. Sin embargo, en la Roller Die, que es la máquina que se utiliza para fabricar las cajas, la utilización está por encima del 100%, ya que en el estudio se considera que todas las cajas registradas en el sistema fueran producidas dentro de la empresa, cuando pueden existir algunos números de parte que por exceso de trabajo fueran solicitadas a un proveedor externo, por lo que se define que la máquina esta sobrepasada y en algún momento se tuvo que solicitar materiales con el proveedor. Por lo que allí encontramos una oportunidad para buscar mejoras en el procesamiento de fabricación de cartón al adquirir maquinaria que tengan una mayor capacidad de producción de manera que se pueda fabricar toda caja internamente.

**Tabla 4.6 Utilización de maquinaria en base a cantidades Tabla 4.5**

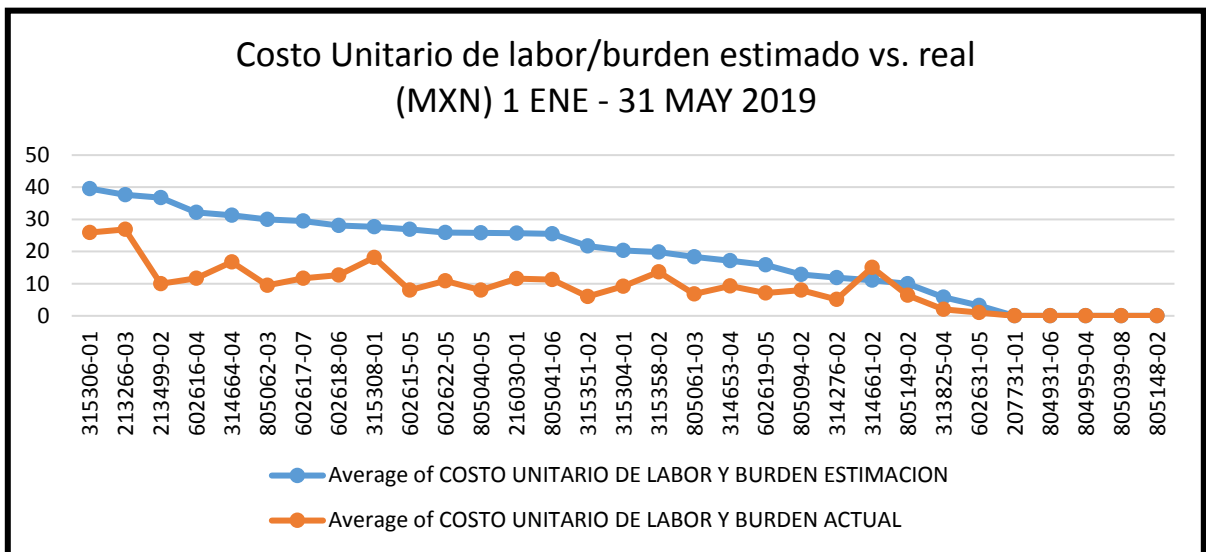
Utilización en base a “strips” totales y cajas totales corridas en periodo ENE- MAY 2019 basados en las piezas por hora que se tiene de estimación de cada máquina.						
	Piezas por hora	Horas	Utilización	Carga total “strips”	Cantidad “strips”	ENE - MAY 19
Die Cutter 1	<b>150</b>	1147	42.02%	1/5	172089	horas totales
Die Cutter 2	<b>150</b>	1147	42.02%	1/5	172089	2730
Thompson	<b>300</b>	1721	63.04%	3/5	516268	
Roller Die	<b>30</b>	4019	147.21%			

Por ello mismo se planteará la alternativa de adquirir una nueva maquinaria, pues actualmente se está buscando la actualización de equipos para el crecimiento de la empresa en el rubro del cartón, con la intención de proporcionar una maquinaria más eficiente y dedicada para la fabricación de cajas de cartón de manera que su adquisición apoye en reducir el costo por hora de procesamiento de los proyectos de cartón contra lo que se tiene actualmente.

### 4.3 Análisis

- **Análisis del costo unitario de fabricación en cada maquinaria.**

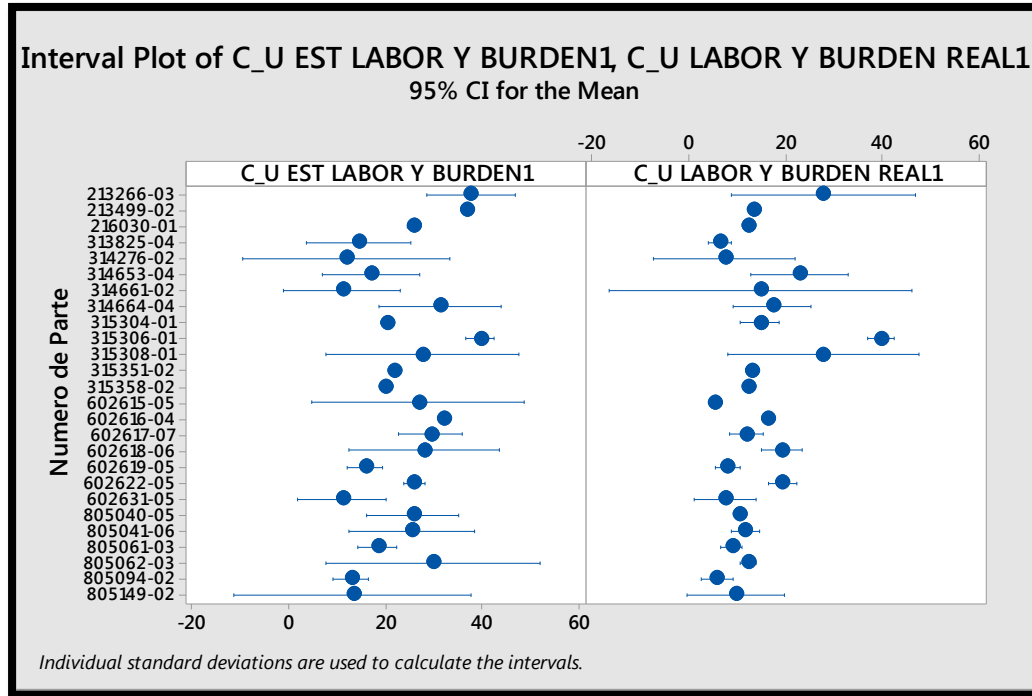
El costo unitario de labor y burden es importante ya que se puede conocer el desempeño del personal operativo sobre cada maquinaria, de manera que se pueda analizar que números de parte son más complicados para realizar para los operadores o si alguna maquinaria en específico genera un gasto mayor del esperado en la estimación.



**Figura 4.2 Costo unitario de labor y burden estimado vs. real**

En la Figura 4.2 se observa costo unitario promedio de labor en cada orden, teniendo los números de parte ordenados de mayor a menor en costos de labor estimados. Se puede observar, además, que los costos actuales de labor en su mayoría son menores a lo estimado.

Esto quiere decir que, en primera instancia, los valores reales de producción se encuentran siendo menores a lo estimado, lo que significa una oportunidad para ajustar el valor de estimación.

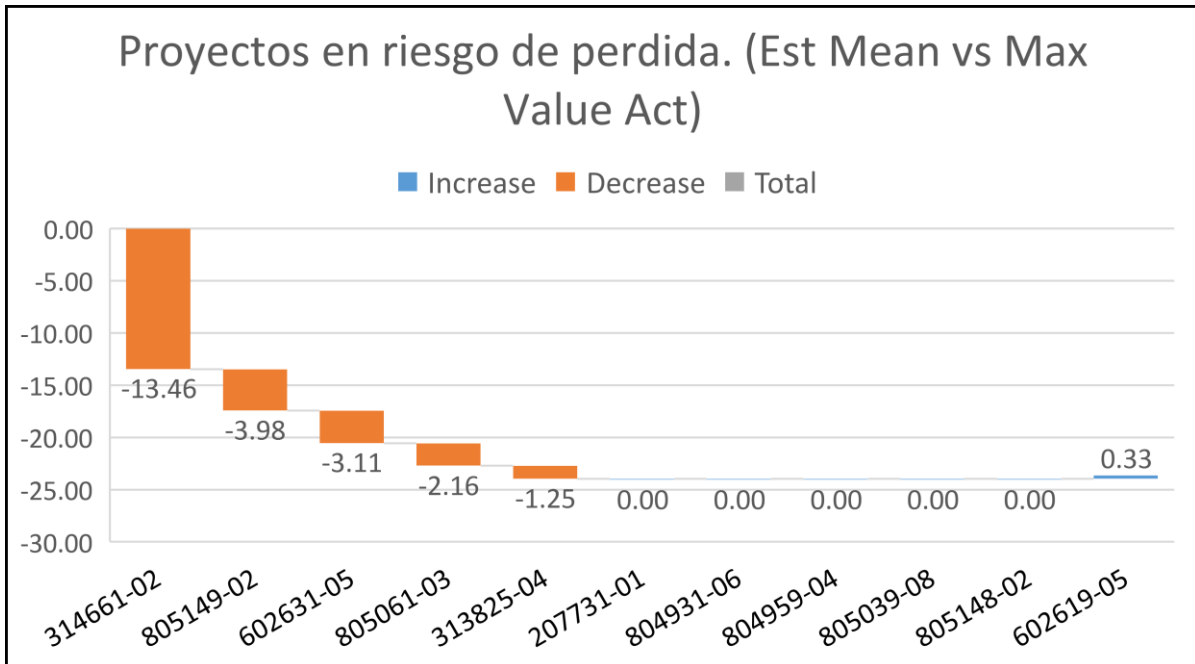


**Figura 4.3 Grafico de intervalos de labor y burden estimados y reales**

En la Figura 4.3 podemos ver las medias con sus desviaciones, esto se puede deber a la mezcla que se tiene en la fabricación de componentes para la caja en diferentes máquinas para cumplir con los tiempos establecidos, por lo que se plantea la hipótesis de que deberá existir una maquina o más máquinas que generen esta varianza considerable. Al identificar un mayor costo en la estimación y en los costos reales, daría significancia para hacer un estudio más a fondo sobre el número de parte en particular.

Se observa en la Figura 4.4 aquellos números de parte que en su costo actual de labor y burden se tiene una varianza tan amplia que termina sobrepasando valores estimados, resultando en pérdidas para la empresa debido a inestabilidad de proceso.

Se muestra cuales son los números de parte más inestables a la hora de fabricarse de izquierda a derecha. Dándonos pauta para trabajar sobre ellos ya que todos ellos fueron procesados por las mismas máquinas y en base a la cantidad de material utilizado en cada uno de los números de parte, son los costos de labor y burden que se utilizarían.

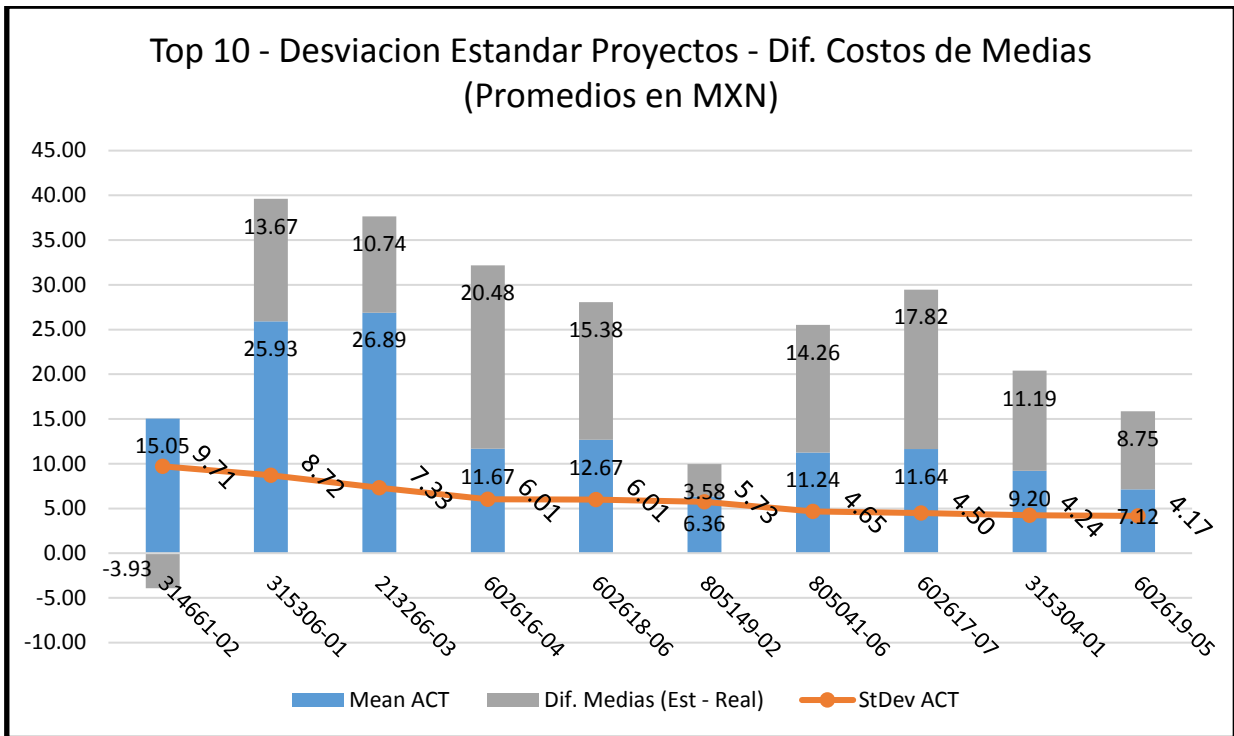


**Figura 4.4 Proyectos en Perdidas con Estimación Actual**

Se puede observar en la Figura 4.5 que tanta diferencia existe entre el costo promedio de estimación para la suma de los gastos en labor y burden y el costo promedio de fabricación de igual manera en costos de labor y burden, de manera que podamos tomar decisiones para primeramente estabilizar el proceso y en segunda, poder definir aquellos proyectos que tengan diferencia considerable entre el promedio estimado y el promedio real de costo, lo cual mostraría los proyectos que tengan una diferencia mayor en base a la referencia que se tiene en estimación. Por ello nos daría pauta a trabajar sobre ellos para reducir el valor de la estimación al ajustar los valores de procesamiento reales dentro de las estimaciones. Todo ello monitoreando continuamente aquellos proyectos que puedan estar en posible pérdida comparando el valor promedio de estimación contra valores máximos reales.

Al tener controlada por medio de medición a la desviación estándar y establecer estrategias para reducirla, el posible riesgo para tener proyectos en perdidas disminuye y por lo mismo, teniendo una desviación estándar más pequeña, asegura que el proyecto es más estable y se puede reducir el costo de la estimación para asemejarlo contra los valores reales.





**Figura 4.5 Desviación Estándar de proyectos y diferencia entre medias de costos estimadas y reales**

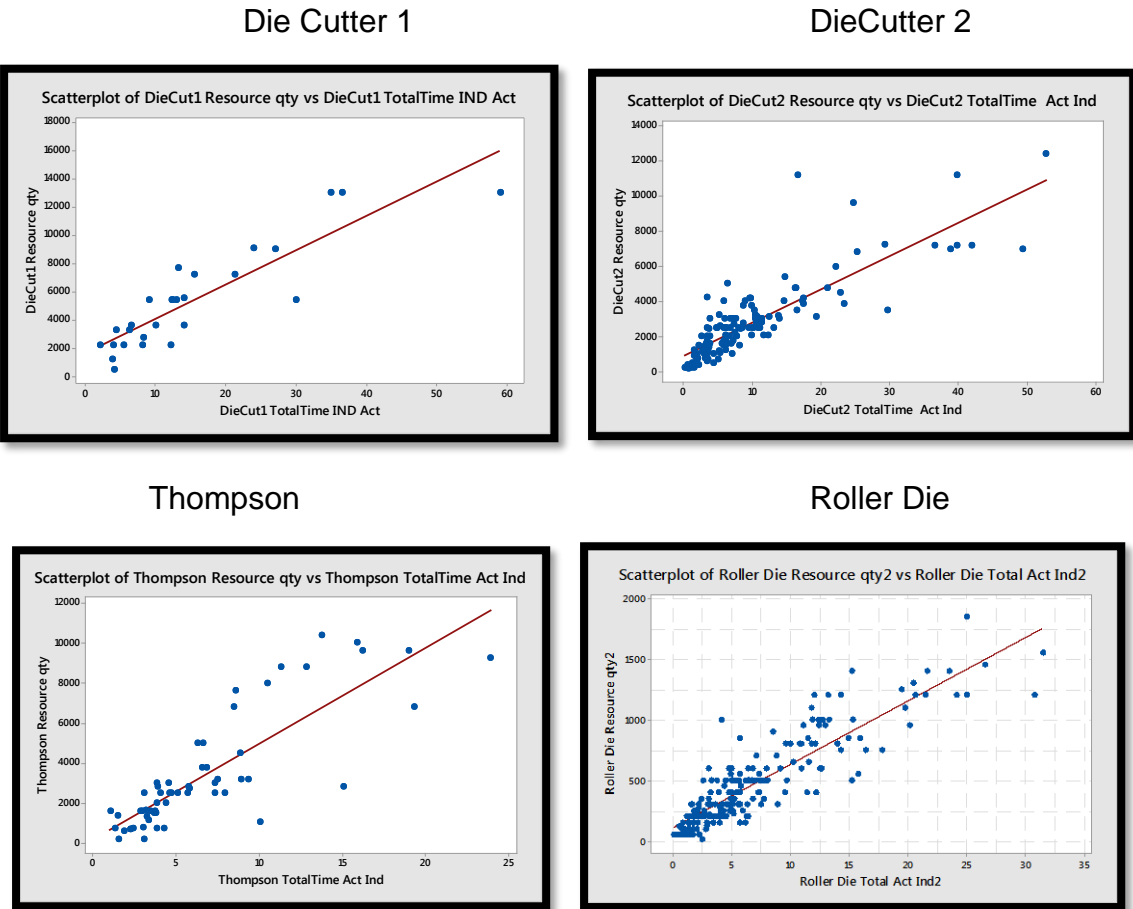
Se consideró la desviación estándar de los valores reales ya que allí es donde efectivamente podremos observar que tan inestable es un numero de parte y con ello enfocarnos para identificar las causas probables de esa inestabilidad y trabajarlas.

Estos costos unitarios son basados en la suma del costo que todos los procesos conllevaron con respecto a labor y burden (Die Cutter 1, Die Cutter 2, Thompson y Roller Die) independientemente de cuantas piezas se hayan troquelado en cada máquina para poder satisfacer la cantidad final necesaria para armar las cajas solicitadas en cada orden. Por ello, una vez teniendo la suma total del costo de los procesos por cada orden, éste se divide entre la cantidad de cajas que la orden solicita, de esa manera que se tiene el costo unitario que conlleva procesar los materiales suficientes para armar una caja incluyendo la caja exterior y sus particiones interiores.

Por medio del grafico de desviación estándar de proyectos se verifica que existe una inestabilidad en el proceso sobre determinados proyectos, por lo que se procede a realizar un análisis más profundo sobre la maquinaria para identificar posibles causas de variación.

Se partirá el análisis en dos partes debido a que la fabricación de “strips” actualmente se realiza en las máquinas Die Cutter 1, Die Cutter 2 y Thompson, y la fabricación de cajas por parte de la Roller Die.

Primero se realizaron análisis de dispersión con línea de regresión para observar el comportamiento de cada una de las máquinas mostrados en la Figura 4.6 basándose en cantidad de piezas contra el tiempo total que se tarda en fabricar la orden.



**Figura 4.6 Gráficos de dispersión de maquinaria actual**

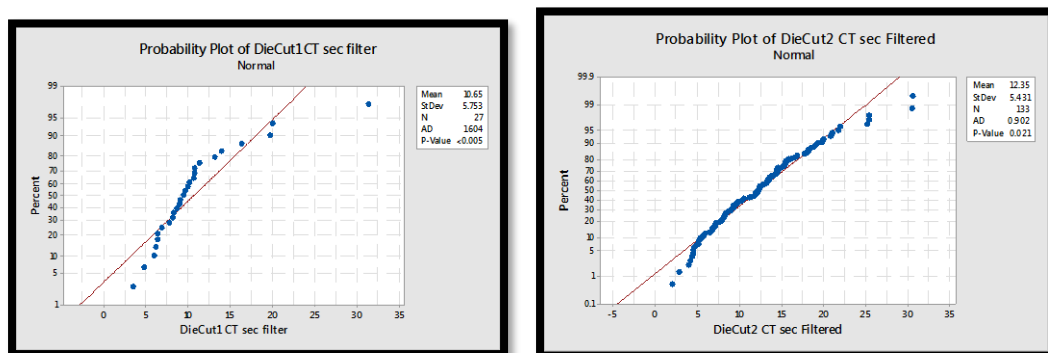
Se realizó un análisis de dispersión con regresión para identificar el comportamiento de la maquinaria con las variables de cantidad por orden y tiempo que se tarda en horas de ejecutar la orden completa. Se alcanza a apreciar que las cuatro maquinas analizadas, se mantienen alrededor de la regresión.

Se procede a analizar la maquinaria que fabrica “strips”, con la idea de reducir elementos que produzcan variación dentro del estudio, se realiza una prueba estadística para identificar si las dos máquinas prensadoras verticales “Die Cutters” tienen tiempos de procesamiento estadísticamente similares.

Se busca diferenciar en el caso que exista algún desperfecto o diferencia en el proceso considerando el factor humano, de manera que se pueda definir si al elegir una u otra maquina nos pueda dar una eficiencia mayor.

Se realiza una prueba de 2t entre los tiempos de ciclo por golpe que le toma a cada una de las maquinas sin importar el tamaño del “strip” a procesar ni el número de proyecto. Se destaca que este tiempo también incluye el manejo del material desde que se toma la pieza, se ingresa a la maquina y se retira, de esa manera repitiendo el proceso.

Se detecta que al tener muchos valores de 0 la columna, los valores de la prueba que nos muestran no son completamente fieles a la lectura, por lo que se discriminan todos los valores nulos y se dejan solo los tiempos de ciclo con valores.



**Figura 4.7 Test de Normalidad de Die Cutters**

Hipótesis nula: El tiempo de ciclo de procesamiento es igual entre las Die Cutter 1 y 2

**Tabla 4.7 Prueba de 2t entre tiempo de ciclo de procesamiento Die Cutter 1 y 2**

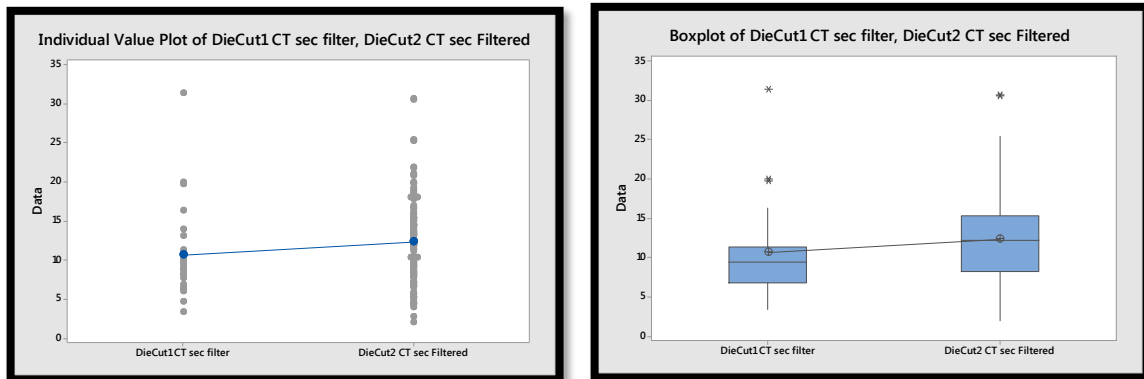
Descriptive Statistics				
Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
DieCut1 CT sec filter	27	10.65	5.75	1.1
DieCut2 CT sec Filtered	133	12.35	5.43	0.47

Test	
Null hypothesis	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Alternative hypothesis	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

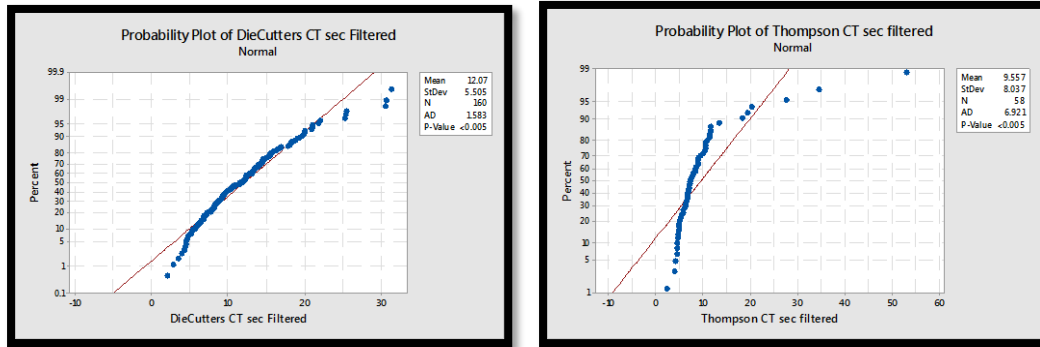
  

T-Value	DF	P-Value
-1.47	158	0.144



**Figura 4.8 Box Plot e Individual Value Plot Die Cutters**

Al momento de procesar la información, se detecta que no existe evidencia necesaria para definir que la diferencia entre las medias de los tiempos de procesamiento entre las maquinas Die Cutter 1 y Die Cutter 2 sea estadísticamente significativa.



**Figura 4.9 Test de Normalidad Die Cutters y Thompson**

Por lo que se trabajará ahora son 3 máquinas. Die Cutter, Thompson y Roller Die para identificar la variación que afecta a los costos reales haciendo el proceso inestable. Al definir que no existe diferencia significativa entre las máquinas Die Cutter, se sumaron los datos y se realizó nuevamente un estudio de normalidad para que de esa manera se pueda comparar los tiempos entre las Die Cutters y la Thompson.

Hipótesis nula: El tiempo de ciclo de procesamiento es igual entre a Thompson y las Die Cutters.

**Tabla 4.8 Prueba de 2t entre tiempo de ciclo de procesamiento Die Cutters y Thompson**

Descriptive Statistics				
Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
DieCutters CT sec Filtered	160	12.07	5.51	0.44
Thompson CT sec filtered	58	9.56	8.04	1.1

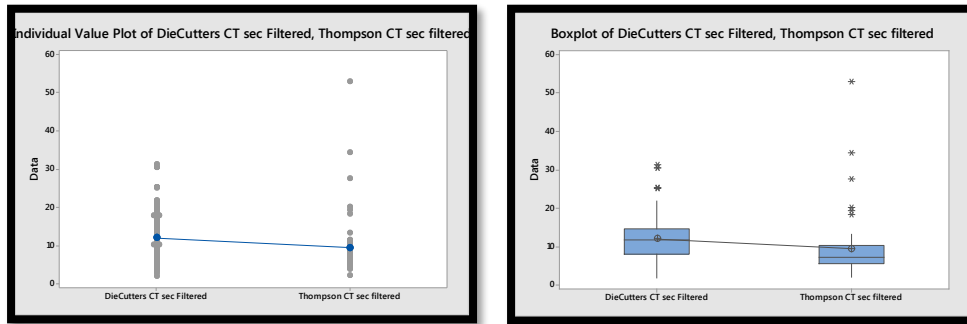
  

Test	
Null hypothesis	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Alternative hypothesis	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

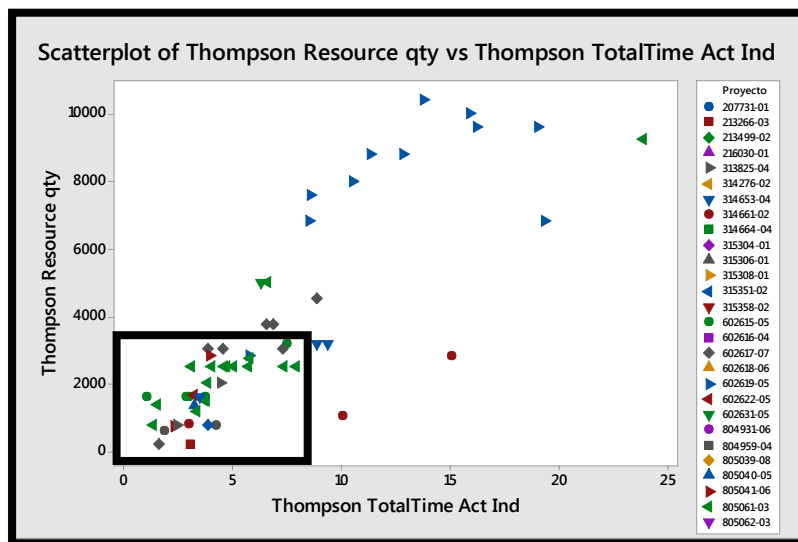
T-Value	DF	P-Value
2.20	77	0.031

Por medio del análisis de 2t, se puede identificar por medio del valor de Pearson obtenido que existe una diferencia significativa de medias. Por lo que la hipótesis nula es rechazada.



**Figura 4.10 Box Plot e Individual Value Plot Thompson**

Una vez que se define que existe variación entre las dos máquinas, se procederá a analizar la maquinaria Thompson para identificar razones por la cual existen variaciones en la máquina Thompson. Se procede a realizar un análisis de dispersión para observar el comportamiento de las ordenes de trabajo considerando la cantidad de troquelado contra el tiempo total que fue necesario para fabricar la orden completa.

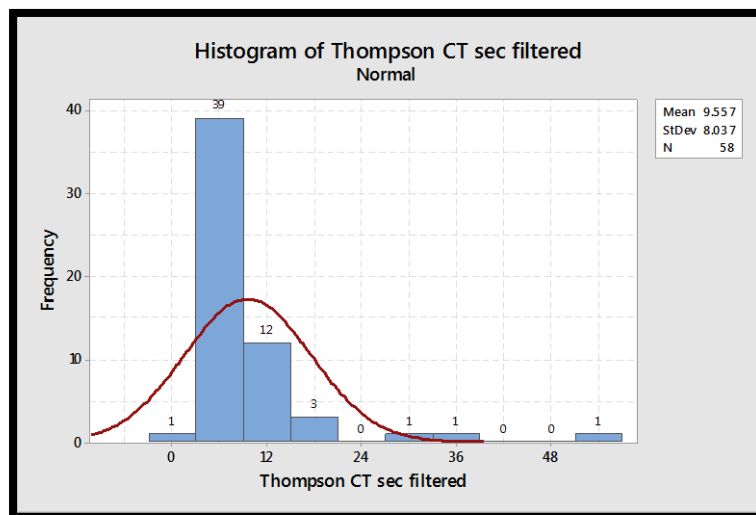


**Figura 4.11 Grafica de dispersión de tiempo de ejecución de cada numero de parte producido en Thompson**

**Tabla 4.9 Estándar que departamento de estimación utiliza al realizar una cotización de un numero de parte**

THOMPSON			
Batch Qty		Pcs / hr	Set-up time (hr)
0	300	450	0.75
301	800	375	0.85
801	1400	325	0.9
1401		300	0.95

Se puede identificar que comparando las cantidades por orden y el tiempo total en horas que toma realizar cada una de las ordenes sobre la maquinaria Thompson, se identifica que la mayor cantidad de ordenes realizadas se encuentra en el rango de 3000 piezas o menos en 5 horas, es decir que se puede tener un promedio aproximado de 600 piezas por hora aun así siendo poca cantidad ya que basados en el estándar que se tiene en estimación, se tendría una producción menor.

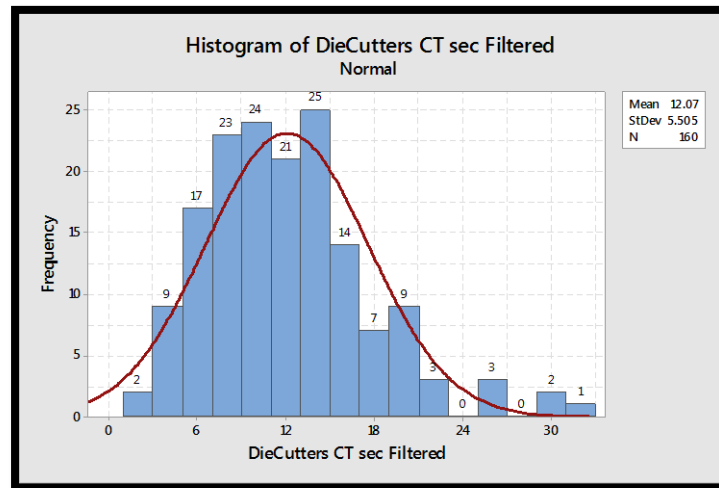


**Figura 4.12 Histograma de fabricación de Thompson**

Por consiguiente se realizará un histograma mostrado en Figura 4.12 para identificar cuales son los valores reales de procesamiento para la máquina Thompson considerando ahora el tiempo de ciclo que se ha repetido en mas ocasiones durante todo el historial de fabricacion de ordenes. Se observa en la Figura 4.12 que el tiempo

de ciclo de la maquina Thompson ronda por los 9.557 segundos, lo que nos da 376 piezas por hora, sin importar número de proyecto y/o tamaño de la pieza. Se puede establecer como mínimo trabajar a la velocidad de 376 piezas por hora de manera que se tenga una mayor estabilidad en el proceso.

Una vez analizada la máquina Thompson, se procede de igual manera a ver el comportamiento de las Die Cutters. Esta maquinaria se analizará con un histograma para verificar el tiempo promedio y su desviación estándar como una sola debido a la confirmación en que el tiempo de proceso entre ambas es similar.



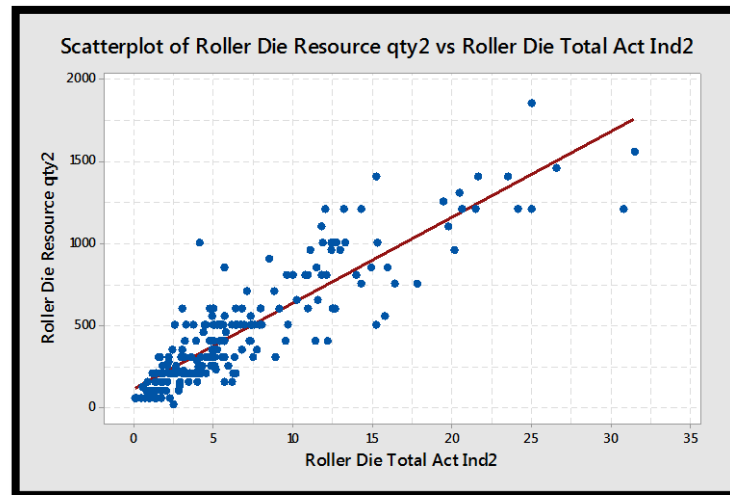
**Figura 4.13 Histograma de Fabricación de Die Cutters**

En este histograma se verifica que las maquinas Die Cutter tienen una media de producción de 12.07 segundos, lo que representaría 298.26 piezas por hora. Muy por encima del estándar que se tiene de 150 piezas por hora. Se recomendaría subir en la estimación a 300 piezas por hora que se podrían realizar en las Die Cutter.

Se observa en la máquina Thompson una variación mayor que las Die Cutters debido a que la maquina tiene un regulador de velocidad que el operador puede ajustar en cualquier momento dependiendo de qué tan cómodo se sienta. Se recomendaría para la Thompson mantener un valor estable para la fabricación de piezas de cartón rondando las 376 piezas por hora.



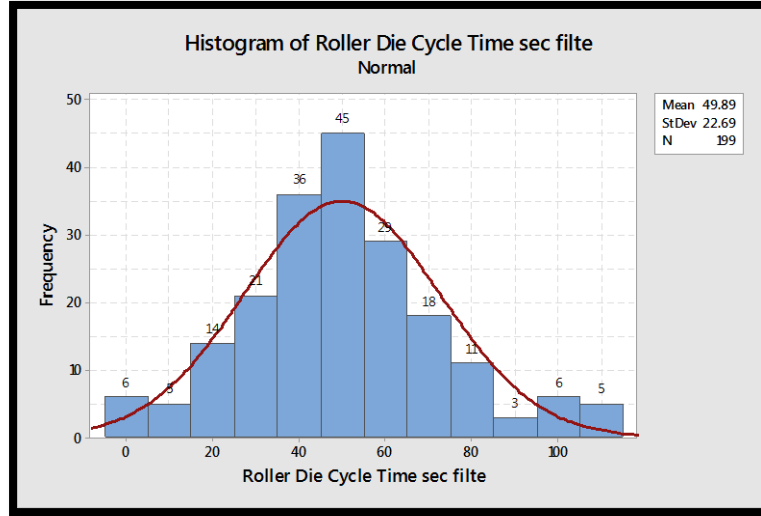
En resumen, el análisis anterior nos da como resultado que las maquinas Die Cutter tienen una media de producción muy por encima del estándar de estimación, lo cual es recomendable que el equipo de estimación aumente a 300 piezas por hora el estándar de estimación y que la maquina Thompson tiene una velocidad de producción de 376 que de igual manera necesitará ser considerada en los estándares de producción para acercar los valores estimados del departamento de estimación a los números reales. Una vez analizadas las maquinarias para fabricacion de “strip”, se procederá con aquella que esta dedicada a fabricar cajas de carton. Por ello se analiza el diagrama de dispersion previamente realizado.



**Figura 4.14 Grafico de dispersión de números de parte producidos en Roller Die**

Se compara la cantidad de cajas a procesar en cada una de las ordenes contra el tiempo que tarda en fabricarse esa orden. Se observa con la regresión que, al aumentar la cantidad de cajas, a la maquina le toma más tiempo en fabricar la cantidad buscada de cajas.

Se observa en Figura 4.15 la frecuencia de tiempos de ciclo registrados para la Roller Die retirando del análisis los valores fuera de rango o “outliners” y se encuentra que se tiene una media de 49.89 segundos, lo cual significaría una cantidad de 72.15 piezas por hora.



**Figura 4.15 Histograma de tiempo de ciclo de producción en la Roller Die**

**Tabla 4.10. Prueba de Correlación entre tiempo de ciclo de Roller Die y tamaño de cajas en m2**

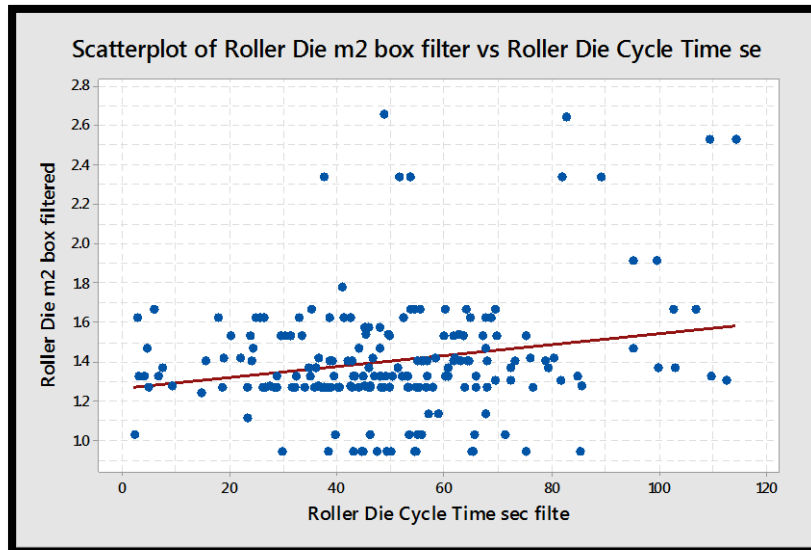
Correlations	
Pearson correlation	0.210
P-value	0.003

Se realiza una prueba de correlación para identificar si existe una correlación estadísticamente relevante entre el tamaño de la caja y el tiempo de ciclo de cada uno de los números de parte. Se identifica que existe una correlación estadísticamente significativa entre ambas variables a través de la Tabla 4.10 donde se muestra el valor de Pearson con 0.003.

Se remarca además en este caso que no se tiene un “pacemaker” físicamente en la máquina que pueda estipular el trabajo continuo con un estándar, lo cual está generando una variación considerable en el procesamiento del material.

En esta grafica de dispersión (Figura 4.16) existe una variación en el tiempo de ciclo considerable a través de cada uno de los tamaños en m2 que se tiene en cajas procesadas y en el estudio de correlación se confirma que existe una relación entre

tamaño y tiempo de proceso, sin embargo, se observa que, aun variando el tamaño , el tiempo de proceso oscila entre 5-10 segundos hasta 80 segundos. Además de que el tamaño puede ser un factor, se define que el factor humano está causando la inestabilidad del proceso.



**Figura 4.16 Grafico de dispersión de tamaño de caja vs tiempo de ciclo**

Se observa que en esta máquina Roller Die la desviación estándar es de 22.69 comparado contra los 8.037 de la Thompson y los 5.505 de las Die Cutters, por lo que se define que la máquina Roller Die es la que afecta más en la variación del proceso. Con la intención de reducir esta variación se pueden instalar temporizadores para mantener una producción continua en la maquinaria, ya que actualmente cada activación de la máquina es manual, lo que incrementa la variación de tiempo debido al factor humano, de manera que al final podamos en teoría tener un promedio de fabricación de 72.15 piezas por hora en la Roller Die.

- **Planteamiento y dimensionamiento del proyecto de inversión operativa.**

- 1.- Perspectiva de utilización actual de maquinaria Roller Die

Para efectos de justificación de maquinaria dentro del estudio, dado que nuestra maquinaria actual en fabricación de cajas real es de 72.15 piezas por hora se toma en

cuenta la cantidad producida del espectro estudiado de 2730 horas con un numero total de piezas posibles a fabricar en Roller Die de 196,969 piezas y la cantidad total de piezas fabricadas en el reporte real es de 120,565.

En este momento no es conveniente desde esta perspectiva hacer inversión de la maquinaria ya que se tiene solamente una utilización del 63.74% del tiempo total disponible.

**Tabla 4.11 Utilización de Roller Die en base a números reales**

Maquina	piezas x hr	Horas	Utilizacion
Roller Die	<b>72.15</b>	1671	<b>61.21%</b>

En base al margen obtenido de todos los números de parte producidos entre enero y mayo de 37,420.28 dólares, utilizando una regla de 3 simple se puede considerar que se debe tener un margen de 61,134.21 USD como objetivo para llegar a considerar una adquisición de maquinaria pues este objetivo se calcula en base de la búsqueda de utilizar el equipo un 100% antes de buscar nuevas alternativas de troquelado.

2.-Perspectiva de beneficios de maquinaria al considerar tiempo de ciclo y costos de producción.

Al considerar el tiempo de ciclo estándar por medio del tiempo de ciclo estándar definido por estimación que se considera a la Roller Die con una fabricación de 30 pieza por hora.

Al realizar la comparación contra maquinaria dedicada al cartón, se realiza un escenario reservado al considerar la maquinaria solamente con un 50% capacidad de velocidad de procesamiento y su operación con dos personas para el manejo de materiales y operación de la máquina.

De esta manera, teniendo un tiempo de ciclo de 156 piezas por hora y considerando el espectro de estudio en 130 días hábiles de lunes a sábado. Se puede definir por medio

de la reducción de costo, la justificación del precio de la maquinaria y su solvencia de adquisición a través de 4.04 años de forma teórica.

**Tabla 4.12 Beneficios de uso de maquinaria entre Roller Die y Boxer**

BENEFICIOS MAQUINARIA			
2 PERSONAS		2 PERSONAS	
Roller Die	Roller Die	BOXER	BOXER
Sum of Labor Costs by Total Act	Sum of Burden Costs by Total Act	Sum of Labor Costs by Total Act	Sum of Burden Costs by Total Act
\$ 51,768.72	\$ 258,843.60	\$ 7,098.09	\$ 35,490.43

**Tabla 4.13 Forma teórica calculando solvencia de inversión de maquinaria**

C/T	REDUCCION DE COSTOS		DURANTE	130 DIAS
23 SEG @ 50% SPEED	\$ 44,670.63	LABOR		
	\$ 223,353.17	BURDEN		
COSTO DE MAQUINA	130 DIAS	\$ 268,023.80	MXN	
\$ 125,000.00 USD	1 AÑO	\$ 618,516.46	MXN	
4.04 YEARS	YEAR	\$ 30,925.82	USD	* @ 20 MXN

Al momento de considerar una inversión con un préstamo de un banco del costo de la maquinaria de 125,000 USD y un interés anual del 12%, se realiza un análisis de VPN, TIR y periodo de recuperación para identificar efectivamente si la inversión es rentable.

Analizando los flujos de inversión, ver Tabla 4.14, se obtiene un periodo de recuperación de 4.04 años con una tasa interna de rendimiento del 12% y un VPN de 42,973.10 MXN a 6 años. Lo que nos quiere decir que la inversión es rentable. Al momento de verificar la hoja de datos de la maquinaria nueva y sus especificaciones no se podía definir realmente con que velocidad iba a fabricar cada una de las cajas y mucho menos comparar esa información para identificar cuanto se tardaría en fabricar las cajas del análisis actual. Por lo que se procedió a adecuar la información actual para

poder realmente comparar el desempeño de la maquinaria actual contra el escenario de fabricar las mismas cajas con la nueva máquina. Se debe considerar que el desempeño de la maquinaria nueva se mide en metros por hora. En su caso 6000 metros por hora y si consideramos eso, no sabemos realmente como comparar eso contra piezas por hora.

**Tabla 4.14**

**Identificar desempeño de nueva maquinaria Boxer contra maquinaria actual**

BRADFORD DE MEXICO		ENERO A MAYO 2019		1 USD @ 20 MXN	
ANALISIS FINANCIERO MAQUINARIA BOXER					
			Precio Boxer	\$ 125,000.00	USD
Rendimiento requerido	12%				
Año	Flujo de Efectivo (MXN)	VPN 12%	Periodo de Recuperacion	1.- Periodo de recuperacion, TIR y VPN de mina propuesta	
0	-\$2,500,000.00	-\$2,500,000.00	-\$2,500,000.00	Periodo de Recuperacion	4.04 años
1	\$618,516.46	-\$1,947,753.16	-\$1,881,483.54	TIR	13%
2	\$618,516.46	-\$1,454,675.63	-\$1,262,967.08	VPN 12%	\$ 42,973.10
3	\$618,516.46	-\$1,014,427.83	-\$644,450.62		
4	\$618,516.46	-\$621,349.43	-\$25,934.16		
5	\$618,516.46	-\$270,386.58			
6	\$618,516.46	\$42,973.10			
			<b>4.0419</b>		

Primeramente, se obtiene la longitud de caja de cada uno de los proyectos. De esa manera se podría identificar la longitud total de cada proyecto y el mismo multiplicar por la cantidad de cajas a fabricar en esa orden. Así mismo, ya sabemos cuanta longitud de cartón requiere la maquina y se puede definir basándonos en un escenario de trabajo ininterrumpido, el tiempo que se tardaría la maquinaria nueva en procesar esa orden. Al hacer eso mismo con todos los proyectos, se tiene un tiempo promedio en procesar todas las cajas del espectro del análisis entre la maquinaria actual y la nueva. En base a reporte de “**Manufacturing Efficiency**” con los datos de producción de la Roller Die y definiendo en un escenario con el mismo costo de labor y burden estimado para el uso por hora de la maquinaria, se puede encontrar una diferencia considerable en procesamiento que se muestra en la Tabla 4.15, que nos puede encaminar más hacia la posibilidad factible de adquirir la maquinaria,

Se tiene un total de 1438 horas utilizadas por la Roller Die a lo que representaría en base a su tiempo de ciclo y capturas actuales del sistema. Ese mismo tiempo total se compara contra la cantidad de piezas producidas en el reporte para obtener un valor de piezas por hora.

**Tabla 4.15 Velocidad de procesamiento Roller Die y Boxer**

ROLLER DIE		BOXER
hrs	pcs / hr	pcs / hr
1438.020	96.169	1402.785895

**Tabla 4.16 Comparación de producción entre Roller Die y Boxer**

BOXER		
98.58 horas	AL ESTAR 50% DE SU VELOCIDAD MAXIMA	1 PERSONAS
197.17 horas	AL ESTAR 50% DE SU VELOCIDAD MAXIMA	2 PERSONAS

Podemos observar la diferencia que se tiene en cantidad de piezas por hora de procesamiento en donde la Roller Die tardaría 1438 horas en procesar y para la Boxer solamente 197 horas considerando un escenario en donde la velocidad de procesamiento de la Boxer máxima sería la mitad y se procesaría con dos personas de manera similar que la Roller die. Desde otra perspectiva se puede observar que, al momento de procesar todos los trabajos con la Boxer, se reduce el tiempo de ciclo considerablemente mejorando la capacidad de reacción en la fabricación de cajas al reducir en un 37% el tiempo de ciclo.

**Tabla 4.17 Tiempo de ciclo de troquelado del cartón**

112.43 seg	Tiempo de ciclo de proceso con Roller Die
70.83 seg	Tiempo de ciclo de proceso con Boxer

#### 4.4 Desarrollo

- **Creación de escenarios para reducción de costos de procesamiento.**

1. Evaluación de reducción de labor y burden por medio de procesamiento con maquinaria nueva

Se considera la diferencia en tiempo de proceso durante toda la cadena de fabricación hasta su llegada a la maquinaria P2 que se tiene entre la maquinaria actual Roller Die con un tiempo de ciclo de 112.43 segundos contra la fabricación de cajas de la maquina Boxer 70.83 segundos.

**Tabla 4.18 Calculo de tiempo de ciclo de proceso de maquinarias para cajas**

	CON ROLLER DIE			CON BOXER		
Cantidad de cajas producidas en P2	Total Sum of Total Act (HRS)	Tiempo ciclo por caja (hrs)	Tiempo ciclo por caja (seg)	Total Sum of Total Act (HRS)	Tiempo ciclo por caja (hrs)	Tiempo ciclo por caja (seg)
120564.9961	3526.91	0.03	112.43	2187.47	0.02	70.83
		Seg				
		112.43 Tiempo de ciclo de proceso con Roller Die				70.83 Tiempo de ciclo de proceso con Boxer

**Tabla 4.19 Comparación entre costo unitario labor y burden entre Roller Die y Boxer**

CON ROLLER DIE			CON BOXER		
MAQUINAS Labor Costs by Total Act	MAQUINAS Burden Costs by Total Act	COSTO UNITARIO DE LABOR Y BURDEN ACTUAL	MAQUINAS Labor Costs by Total Act	MAQUINAS Burden Costs by Total Act	COSTO UNITARIO DE LABOR Y BURDEN ACTUAL
\$ 147,425.52	\$ 813,000.00	\$ 8.55	\$ 99,205.84	\$ 571,901.62	\$ 6.06

Se calcula la línea de flujo de materiales considerando la utilización de la máquina Roller Die y otro escenario con la máquina Boxer. Se considera el precio de costo unitario de labor y burden por el total de cajas producidas en el espectro de estudio.



**Tabla 4.20 Reducción de costo de procesamiento entre Roller Die y Boxer**

<b>Costo entre usar Roller Die y BOXER en línea de producción de cajas.</b>			
\$	2.496	Diferencia de costo unitario (MXN)	
\$	300,958.78	Reducción de costo total (MXN)	
	\$	15,047.94	USD @20 MXN

Al considerar esta diferencia viendo además que en el costo de fabricación comparando “Roller Die” y Boxer”, se tiene una reducción de costo de 2.49 MXN aproximadamente por unidad de empaque.

2. Evaluación de costeo en el procesamiento de cartón dentro del área productiva.

En el caso del proceso interno, se tiene un estándar de dejar 1 pulgada por cada extremo del material al momento de troquelar para que el material se pueda colocar adecuadamente en el suaje antes de ser cortado. De esa manera aseguramos un corte efectivo para obtener una pieza buena.

**Tabla 4.21 Costo calculado en base a dimensiones de cada material por todo producto fabricado de enero a mayo 19**

	Costo de Materia Prima M2 DE CARTON C/ M2 DE CARTON HOJA CC# STRIPS totales				
P0101 PAPER CORRUGATED 32ECT E-FLUTE	\$	1,091,010.27	53,521.01	106,744.95	-
P0103 PAPER CORRUGATED 32ECT C-FLUTE	\$	1,032,528.16	53,803.28	103,894.83	-
P0104 PAPER CORRUGATED 44ECT C-FLUTE	\$	960,010.10	62,065.50	96,608.26	-
P0101 PAPER CORRUGATED 32ECT E-FLUTE	\$	2,004,533.31	91,387.53	147,673.90	26,800
P0101 PAPER CORRUGATED 32ECT E-FLUTE	\$	2,771,112.03	141,798.34	213,209.25	62,950

Se realizó por medio del reporte “**Manufacturing Efficiency**” se obtuvieron las piezas totales fabricadas en la maquinaria P2 de cada número de parte. Con ello, se realizó una tabla con las dimensiones de largo y ancho de la materia prima, el tipo de material que cada número de parte utiliza en su caja y en sus “strips”, el largo y altura de la caja, el largo y alto de los “strips” y el cálculo de cuanto material se requerirá por cada orden fabricada considerando en el corte de cada pieza un extra de material de una pulgada en todo su perímetro.

**Tabla 4.22 Gasto total por M2 de cada tipo de material.**

DIFERENCIA ENTRE M2 DE HOJAS COMPLETAS VS M2 DE MATERIAL DEL EMPAQUE	
Scrap (M2)	M2 x \$/M2
53,223.94	\$ 543,986.98
50,091.56	\$ 497,820.17
34,542.76	\$ 343,256.37
56,286.37	\$ 575,287.27
71,410.91	\$ 729,870.91

En esta Tabla 4.22 en su lado izquierdo se define la cantidad total que se tiene de “scrap” en m2 de cartón al dejar la pulgada en cada extremo del material al momento de troquelar y del lado derecho el valor monetario que representa desechar todo ese “scrap”. De manera que si se propone reducir de 1 pulgada a 0.75” el material que se deja en los extremos, se puede obtener un ahorro de 672,555.43 MXN después de haber producido 120,565 cajas, es decir un ahorro de 5.57 MXN o 0.28 USD por caja producida.

**Tabla 4.23 Ahorro al reducir extremos de material adicional en el troquelado de cartón**

AHORRO SI SE QUITA SOLO 0.25" DE MARGEN A LOS LADOS EN CORTE DE CADA CAJA.	\$ 672,555.43
----------------------------------------------------------------------------	---------------

- **Elaborar metodología para controlar variación entre costos estimados y costos reales.**

Se mostrará como fundamento los indicadores que se desarrollaron a través del proyecto para controlar los costos estimados y reales.

## 1. Costo \$ por m2

Como método de comparación entre los reportes “Manufacturing Efficiency”, “Comparative Material Usage” e “Inventory Transaction” que se tiene en la compañía, se busca tener un indicador que pueda interrelacionar la información de éstos, y en base a ello tomar decisiones si el producto que se compra llega a almacén y se procesa, se le está dando el uso adecuado en troquelado y para ello no se esté desperdiciando, lo cual, podría afectar directamente en el costo de elaboración de nuestro producto.

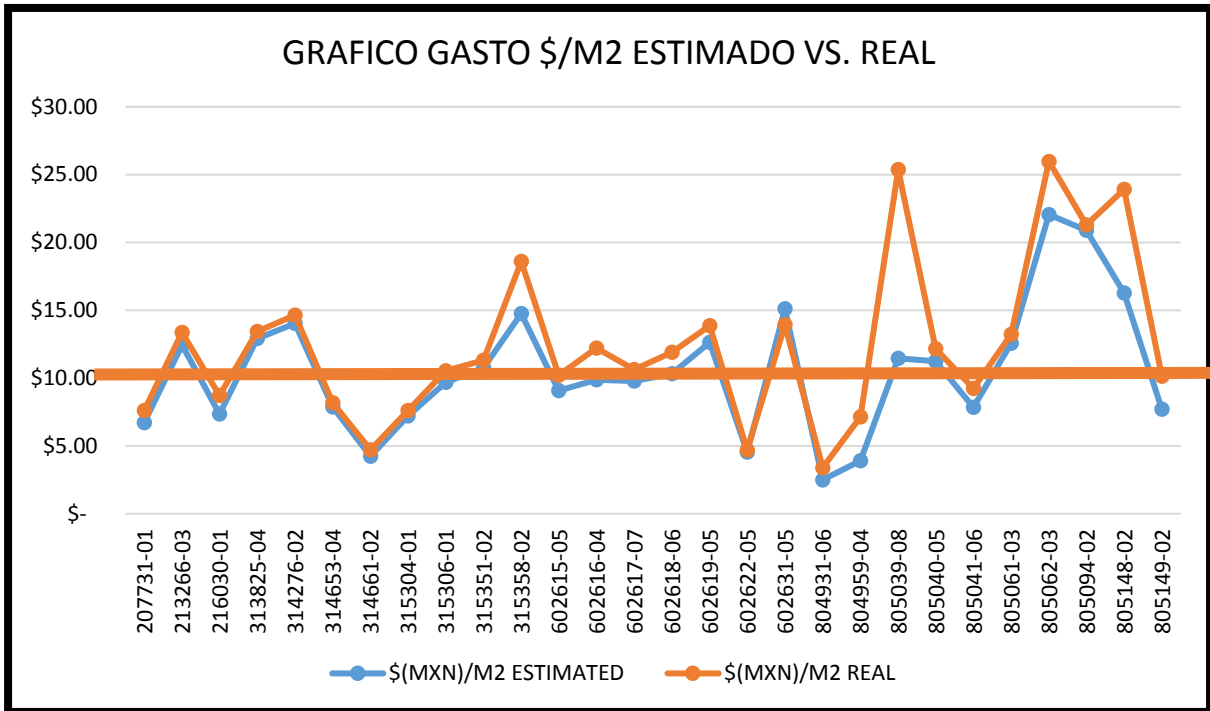
**Tabla 4.24 Costo de materiales utilizados en el área de cartón**

	Largo	Ancho	m2 por hoja	Costo unitario (MXN)	COSTO UNITARIO POR M2 (MXN)
P0104 PAPER CORRUGATED 44ECT C-FLUTE	96	76	4.71	\$ 46.78	\$ 9.94
P0101 PAPER CORRUGATED 32ECT E-FLUTE	100	50	3.23	\$ 32.97	\$ 10.22
P0103 PAPER CORRUGATED 32ECT C-FLUTE	96	76	4.71	\$ 46.78	\$ 9.94

Como dato inicial se indica el precio que una hoja de cartón llega a tener, utilizándose tres materiales, con ello se puede tener como referencia del costo \$ por metro cuadrado que queremos empezar a comparar. Se promediarán los tres valores de los materiales de costo unitario por m2, dando un valor de \$10.03 MXN.

La figura 4.17 nos da pauta de observar cómo se está utilizando el material comparado contra el costo estándar de hoja que se tiene con nuestro proveedor de cartón que ronda en promedio los 10.03 MXN.

En las líneas se tienen los valores estimados y reales en valores de MXN por M2, de manera que se sepa si el material se ha estado utilizando de manera adecuada en promedio o se llegan a tener costos excesivos de uso en ciertos proyectos.



**Figura 4.17 Indicador para medir gasto por metro cuadrado en base a datos estimados y reales**

Se toma como referencia los valores totales de uso de material del reporte “**Comparative Material Usage**” de esta manera se tienen los gastos de material estimados y los gastos reales. Junto con ello, se calcula el material que fue necesario para troquelar cada uno de los números de parte mostrados en el reporte “**Manufacturing Efficiency**” en base a la cantidad total de cajas elaboradas durante el periodo de enero a mayo del 2019.

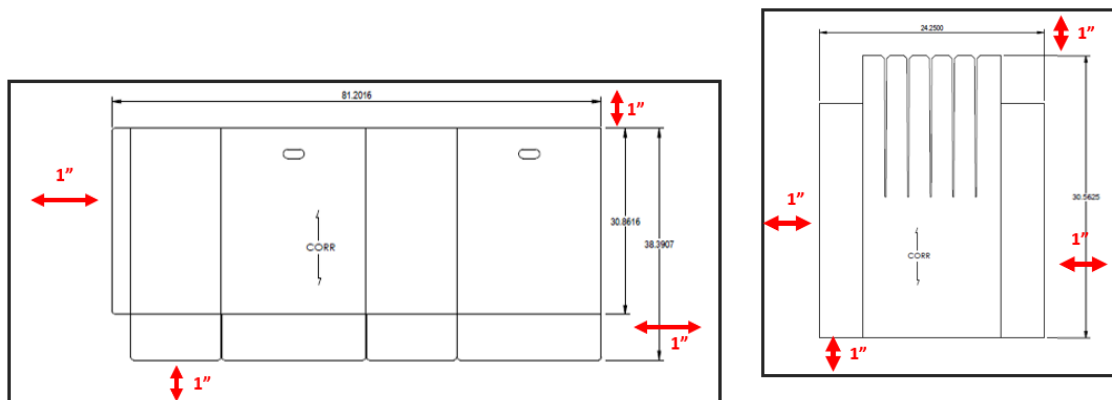
**Precio Unitario Estimado de Uso de Material / M2**

Formula = Costo Total Estimado de Material de Enero a Mayo / (M2 de material a utilizar en cada unidad de producto x cantidad de piezas producidas de enero a mayo)

**Precio Unitario Real de Uso de Material / M2**

Formula = Costo Total Real de Material de Enero a Mayo / (M2 de material a utilizar en cada unidad de producto x cantidad de piezas producidas de enero a mayo)

El material necesario dentro de estas fórmulas fue calculado en base a las dimensiones de la caja y de los “strips” de cada número de parte. Para el tema de cajas, se tomaron los m2 de un pliego de cartón de 100” x 50” para cada caja, debido a que es imposible utilizar el restante para otra caja. Lo mismo aplicó para los “strips”, en el cual, se calculó la cantidad que pueden haber cada uno de los “strips” respetando la dirección del corrugado en un pliego de cartón de 76 x 96 pulgadas dejando entre cada “strips” 1 pulgada por cada lado, para permitir su troquelado en las máquinas de la compañía como lo muestra la Figura 4.18



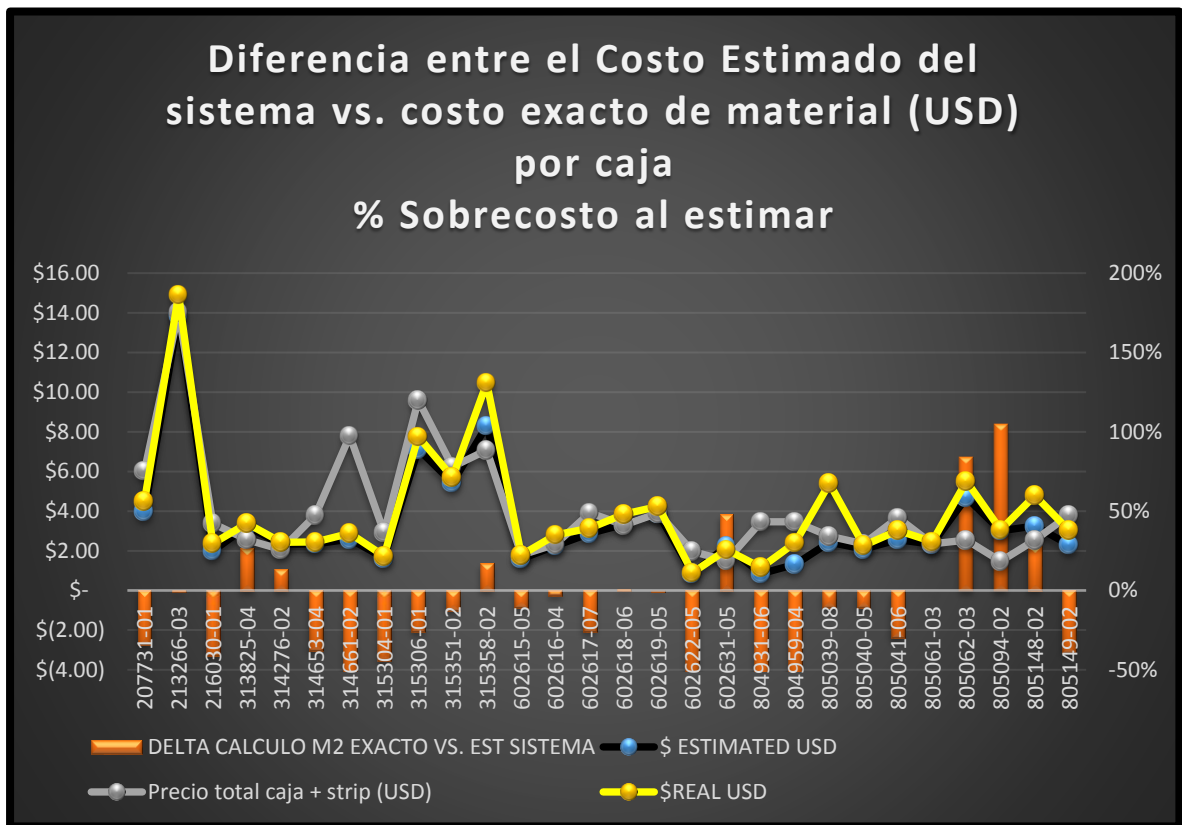
**Figura 4.18 Espacio de material que se debe de dejar al troquelar material en la maquinaria.**

## 2. Porcentaje de sobrecosto al estimar.

Se puede observar en la Figura 4.19 los valores en costo estimado promedio de material por caja fabricada que el departamento de estimación define, los valores reales de materiales utilizados en el área de producción y en la otra línea el valor que teóricamente se calculó tomando en cuenta dimensiones de “strips” y cajas con el agregado estándar de 1” que se tiene de cada parte troquelada para su correcto corte en el área de máquinas.

En las barras se observa la diferencia entre el valor estimado y el valor teórico mostrado en porcentaje. De manera que se puede ver en la gráfica, aquellos proyectos en los cuales los materiales se están sobre estimando y generando un costo mayor en la venta de los productos. Cuando las barras sean superiores a 0, demostrarán que los números

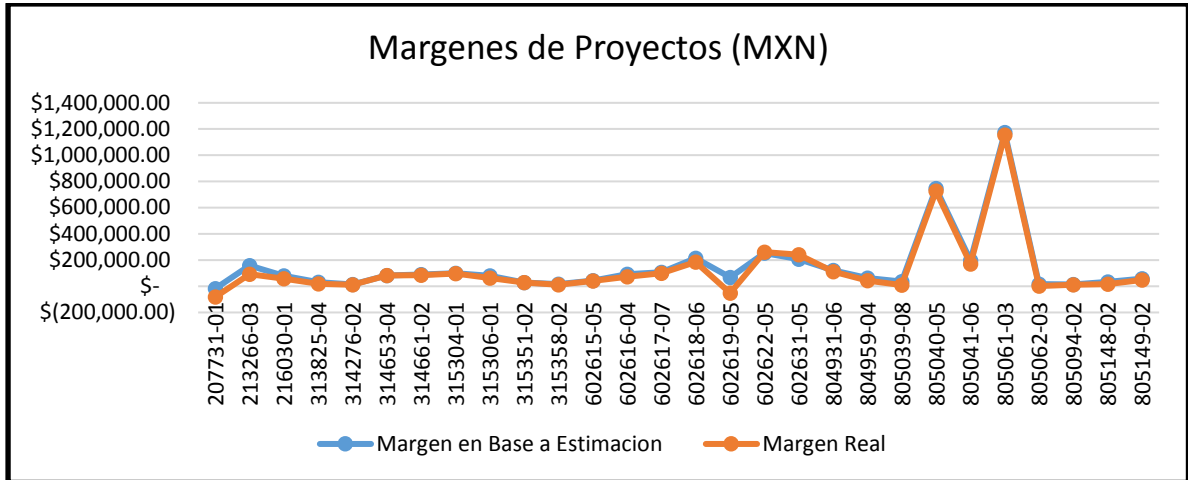
de parte están sobreestimados, es decir, el costo de estimación es mayor al real y viceversa.



**Figura 4.19 Porcentaje de sobre costo al estimar**

La gente de comercial define el precio de venta en base a los estimados generados por el departamento de estimación, por lo tanto, si el costo real es mayor al estimado, entonces el margen esperado no se obtiene.

Se puede definir en la gráfica la comparación entre la línea gris y negra. Cuando la línea gris se encuentra debajo de la línea negra quiere decir que los m2 de cartón están sobreestimados, por lo que ese número de parte deberá de revisarse más a fondo. Esa decisión se confirma con la barra que muestra el % de sobre estimación que tiene el número de parte contra la cantidad de cartón en teoría debería ser utilizada en base a dimensiones.



**Figura 4.20 Grafico donde muestra márgenes en base a números reales y estimados. Formula (“Margen = Ventas – Labor – Material”)**

### 3. Márgenes de Proyectos.

En base al reporte de **“Comparative Material Usage”** donde se ven el gasto de materiales por número de parte estimado y real, el reporte de **“Manufacturing Efficiency”** en donde se puede observar la cantidad de piezas de producto P2 producidas y el tiempo que tomó realizar esos proyectos, se puede identificar los valores totales estimados y reales de labor.

Para contemplar el tercer elemento para calcular el margen, que son las ventas, se consideró el ultimo precio actualizado del mes de agosto 2019 por la cantidad de producto P2 producido. De esa manera se puede identificar en la Figura 4.20 la variación en el margen obtenido entre los valores estimados y reales y verificar cuales son los proyectos más rentables hoy en día.

#### Ejemplo de conclusiones en base a lo mostrado en los 3 indicadores.

- En base al grafico de gasto por metro cuadrado hablándose de costo de materiales, se puede determinar que todos los números de parte involucran más gasto real que lo que realmente se estima.

- Los 2 números de parte que generan más ganancia (805040 y 805061) en margen están correctamente estimados y su gasto de material es cercano al costo por m<sup>2</sup>, por lo que está siendo bien utilizado.
- Existen 3 números de parte (805062, 805094 y 805148) que no son rentables para la empresa debido al uso del material que excede lo que debería de costar 10.03 MXN, ya que están sobre estimados y el margen que generan no es mayor a 20,000 MXN.

### **Construcción del modelo táctico u operativo que confirme los objetivos y/o resultados esperados**

Primero con el indicador “Costo por metro cuadrado (\$/M<sup>2</sup>)” identificar números de parte con mayor gasto por M<sup>2</sup> en cuestión de material, de manera que se identifica cuáles de ellos son los que han generado mayor gasto, después se realiza una segunda confirmación con el indicador “% Sobre costo al estimar” para definir el número de parte con mayor diferencia entre el costo de material usado contra el que correspondería en base a medidas en teoría en medida unitaria con el cual trabajar.

#### **Objetivo de esto:**

- Identificar el uso del material actual y disminuirlo.
- Revisar y reducir la cantidad a necesitar en la estimación de materiales

Como tercer paso será revisar el indicador de “Márgenes de Proyectos” y verificar el margen total que se tiene para definir si estratégicamente por parte de dirección será mejor dejar ese número de parte con el precio cotizado actual para seguir obteniendo las ganancias en margen o definitivamente será mejor reducirlo para ser más competentes en el mercado en base a variables de ventas como de tipo de cliente, montos de facturación de cada cliente.

Si se elige reducir para competir en el mercado, será necesario identificar la media de producción y desviación estándar de labor y burden, con ello verificar que uso de maquinaria se le está dando para el troquelado del material y si esos valores se encuentran dentro del promedio estimado de piezas por hora definidos en el documento



de Thompson 376 pcs / hr , Die Cutters 298 pcs/h y Roller Die 72.15 pcs / hr. Además, identificar por parte de materiales los \$/m2 que se han estado haciendo uso actual contra lo estimado.

Se establecerá la forma de trabajar en este documento, así como los indicadores que marcaran los factores clave a identificar y ajustar. Factores claves como el uso de materiales, sobrecosto en estimaciones y márgenes obtenidos de cada número de parte.

Se debe tener un orden para elaborar este proyecto, por ello mismo se establecerá un equipo de trabajo y etapas del mismo proyecto en una línea del tiempo con la intención de obtener resultados y propuestas basadas en el objetivo principal del proyecto.

- **Evaluación de deficiencias de captura en sistema y desfases entre costos estimados y productivos.**

Se realiza una sumatoria entre los gastos totales de labor y burden que se han estimado se utilizarían y se compara contra los valores reales que fueron capturados en sistema.

Se encuentra una diferencia entre ambos valores que pueden significar una reducción dentro de la estimación de los números de parte y pueden ser ajustados de manera que pueda disminuir 0.56 USD a los costos de producción que sirven de referencia para el equipo de ventas.

**Tabla 4.25 Comparación de costos de labor y burden estimados y reales**

Estimacion		Real	
MAQUINAS Labor Costs by Estimation dpmt	MAQUINAS Burden Costs by Estimation dpmt2	MAQUINAS Labor Costs by Total Act	MAQUINAS Burden Costs by Total Act
\$ 360,964.46	\$1,958,506.33	\$ 147,425.52	\$ 813,000.00

**Tabla 4.26 Diferencia de costos labor y burden entre estimados y realidad**

DIFERENCIA DE COSTO DE LABOR Y BURDEN ENTRE LO ESTIMADO Y LO REAL		
\$ 1,359,045.27	MXN	
\$ 11.27	MXN	
\$ 0.56	USD @ 20M; AJUSTE DE COSTO AL REVISAR Y ASIGNAR ESTIMACIONES AL COSTO REAL	

- **Validar y comparar los parámetros de costos que utiliza la gente de comercial.** Mediante la Tabla 4.27 se muestran los valores que se tienen actualmente con el equipo de ventas al ofrecer el producto a los clientes y mediante las reducciones que se han identificado en este estudio, se presenta el ajuste que el precio de venta podría reflejar manteniendo los mismos márgenes de venta para la empresa.

**Tabla 4.27 Valores actuales de precios de venta y propuesta para los números de parte**

Numero de parte	Precio de Venta en USD	Propuesta precio de venta	Numero de parte	Precio de Venta en USD	Propuesta precio de venta
207731-01	3.82	\$ 2.85	602618-06	6.83	\$ 5.86
213266-03	16.83	\$ 15.86	602619-05	4.21	\$ 3.24
216030-01	3.33	\$ 2.36	602622-05	2.6	\$ 1.63
313825-04	3.65	\$ 2.68	602631-05	3.24	\$ 2.27
314276-02	3.25	\$ 2.28	804931-06	5.02	\$ 4.05
314653-04	7.53	\$ 6.56	804959-04	5.22	\$ 4.25
314661-02	11.73	\$ 10.76	805039-08	6.45	\$ 5.48
315304-01	4.54	\$ 3.57	805040-05	5.28	\$ 4.31
315306-01	10.86	\$ 9.89	805041-06	5.35	\$ 4.38
315351-02	15	\$ 14.03	805061-03	5.19	\$ 4.22
315358-02	15	\$ 14.03	805062-03	5.78	\$ 4.81
602615-05	3.01	\$ 2.04	805094-02	3.87	\$ 2.90
602616-04	4.53	\$ 3.56	805148-02	6.33	\$ 5.36
602617-07	5.21	\$ 4.24	805149-02	7.25	\$ 6.28

Actualmente en base al precio de venta, la cantidad de productos vendidos y la mezcla durante el periodo de este estudio se tiene un promedio de 43% en el margen estimado. En el real se aparece con un 35% de margen.

Al utilizarlo en el área de ventas se tendrá una posibilidad mayor de manejar precios más competitivos para el mercado actual, la posibilidad de adquirir nuevos números de parte y el incremento en requerimientos existentes de clientes.

#### **4.5 Resultados.**

- Fue posible encontrar alternativas para reducción de costos dentro de los análisis establecidos en los números de parte. Con un 0.97 USD de ajuste en el precio unitario del producto fue cumplido el resultado esperado.
- Fue posible determinar de igual manera las causas posibles de tener una variación considerable dentro de nuestros procesos e identificar maneras para poder apoyar en la estandarización de los valores a obtener en el procesamiento de los materiales en cada una de las maquinarias. Es decir, con un control sobre los tiempos de proceso de la maquinaria Thompson y Roller Die, se puede estabilizar y ofrecer valores más constantes para la fabricación de un producto.
- Fue posible encontrar una justificación y presentar el proyecto de inversión con resultado satisfactorio para la incorporación de un nuevo equipo de procesamiento de cajas de cartón en la línea de trabajo.
- Se establecieron indicadores de control para poder determinar los gastos de materiales, labor y márgenes de venta y de esa manera identificar áreas de oportunidad para dar flexibilidad al equipo de ventas de ofrecer un producto más rentable hacia los clientes.

## CAPITULO 5 - CONCLUSIONES Y ORIENTACIONES PARA EL TRABAJO POSTERIOR

Al haber desarrollado el proyecto y haber encontrado hallazgos significantes para el propósito del proyecto, es importante considerar que estos hallazgos tendrán validez y contundencia a la hora de darle seguimiento en el día a día. La empresa deberá considerar estos valores y aplicarlos a la práctica para que los resultados sean igual o incluso mejores a los mencionados.

### 5.1 Propuesta final de reducción de costos y alternativas de solución.

En base al análisis continuo de los materiales y del proceso para ajustar labor y burden, se encontró la oportunidad de reducción de 0.97 USD por unidad de empaque del producto P2 que apoyará a la reducción de gastos operativos y la ampliación del margen del costo de venta que se tiene actualmente. Esto significa una reducción del 15% en relación con el valor del costo promedio de venta conforme la mezcla de productos de P2 que se tiene actualmente. De tener un precio de venta promedio de 6.46 USD por unidad de producto, se reduce a 5.49 USD.

**Tabla 5.1 Propuesta final de ajuste al precio del producto**

RESULTADOS			
Reduccion de Costo en Proceso P2			
MXN	USD	Influencia sobre precio P2	
\$ 672,555.43	\$ 33,627.77	\$ 0.28	Ajuste de corte de material de 1" a .75"
\$ 1,359,045.27	\$ 67,952.26	\$ 0.56	DIFERENCIA DE COSTO DE LABOR Y BURDEN ENTRE LO ESTIMADO Y LO REAL
\$ 300,958.78	\$ 15,047.94	\$ 0.12	Diferencia entre costo al usar Roller Die y BOXER en linea de cajas
		<b>\$ 0.97</b>	
		<b>Reduccion de costo en manufactura por unidad de producto.</b>	

Esto abre panoramas de venta y de flexibilidad para los vendedores para ofrecer el producto en el mercado.

Al comparar los márgenes de venta entre lo que se estima y lo que realmente se utiliza, se tiene una diferencia actual de 8 %. Esto representa el ajuste y trabajo que se tiene que realizar en conjunto entre producción para el buen uso de materiales y de recursos de maquinaria y el equipo de estimación para actualizar los materiales a utilizar y horas de trabajo necesarios en cada maquinaria para las ordenes de trabajo. Se trata de un seguimiento constante día a día para que conforme el paso del tiempo, los valores sean cada vez mas fieles entre lo que se estima y lo que se produce.

Para ello se crean los tres indicadores clave que, en su conjunto, ayudan a que el costo operativo se mantenga a un nivel aceptable para el costo del proyecto. En términos de materiales, se define que el costo deberá de mantenerse en 10.03 MXN por metro cuadrado que corresponde al valor en que la hoja de cartón se compra. En términos de labor, el costo estimado deberá coincidir con el tiempo de fabricación real. Indirectamente, al hacer que el labor coincida con lo estipulado, esto otorgará más certeza al equipo de control de producción al momento de planear las entregas en el tiempo estipulado hacia los clientes.

**Tabla 5.2 Análisis financiero Boxer**

BRADFORD DE MEXICO		ENERO A MAYO 2019		1 USD @ 20 MXN	
ANALISIS FINANCIERO MAQUINARIA BOXER					
			Precio Boxer	\$ 125,000.00	USD
Rendimiento requerido	12%				
Año	Flujo de Efectivo (MXN)	VPN 12%	Periodo de Recuperacion	1.- Periodo de recuperacion, TIR y VPN de mina propuesta	
0	-\$2,500,000.00	-\$2,500,000.00	-\$2,500,000.00	Periodo de Recuperacion	4.04 años
1	\$618,516.46	-\$1,947,753.16	-\$1,881,483.54	TIR	13%
2	\$618,516.46	-\$1,454,675.63	-\$1,262,967.08	VPN 12%	\$ 42,973.10
3	\$618,516.46	-\$1,014,427.83	-\$644,450.62		
4	\$618,516.46	-\$621,349.43	-\$25,934.16		
5	\$618,516.46	-\$270,386.58			
6	\$618,516.46	\$42,973.10			
			<b>4.0419</b>		

Se realizó una justificación contundente para el proyecto de inversión de un nuevo equipo de procesamiento de cartón para la empresa resultando en un periodo de recuperación de 4.04 años y una VPN de 42,973.10 MXN a 6 años.

Se determina con la demanda de 120,565 cajas se obtiene una reducción en gastos de producción de 618,516.46 MXN anuales. Esto además de ayudar en precio, apoyará en incrementar la velocidad de procesamiento de las cajas.

### **Áreas de oportunidad**

Tendrá un impacto indirecto en gastos de almacenaje, pues al fabricar cajas en el exterior, se tienen que fabricar un mínimo de cajas por cada número de parte, es decir, en este estudio tenemos 28 proyectos, por cada uno de esos proyectos que se decida fabricar en el exterior, se tendrá que adquirir un mínimo para poder fabricarlas. Esto genera una limitación en tiempos de entrega y en flexibilidad que se pueda tener en la empresa para los productos de los clientes.

Con la maquinaria Boxer se convierte en un área de oportunidad, al poder decidir por mantener un solo número de hojas por medio de un Kanban y conforme se necesite fabricar, se utiliza el Kanban, se envía la hoja de cartón a la máquina y en un periodo de 1 minuto se puede preparar la máquina para empezar a procesar el material. Es decir que si se desea tener una orden de 300 piezas de un número de parte, éste podría ser fabricado en solo 13 minutos sin tiempos muertos al esperar la fabricación de un suaje ni la manipulación del suaje para colocar y retirar sobre la máquina.

### **5.2 Recomendaciones y lecciones aprendidas**

Así como se realizó el análisis sobre el área de cartón específicamente para la P2, será recomendable ampliar el espectro y utilizar esta metodología de análisis como base para otros tipos de producto dentro de la misma organización y asegurarse que los márgenes se mantengan por encima de la meta estipulada por los directivos.

Se hace referencia a los números reales obtenidos en la fabricación de cada una de las maquinarias los cuales, pueden ser tomados como referencia para las nuevas estimaciones que se realicen en el cartón.

- ❖ Thompson con un número real de 376 pcs / hr
- ❖ Die Cutters con un número real de 298 pcs / hr

- ❖ Roller Die con un número real de 72 pcs / hr.

Es necesario controlar la velocidad de producción de Thompson dentro de un estándar en el proceso y de la Roller Die colocando algún proceso para estandarizar la velocidad de producción sobre las mismas.

La administración correcta de los costos estimados y reales puede llevar a tener un mejor control de como se comportan los gastos y se crea una visión del camino de mejora que producción va manteniendo constantemente.

Al momento de analizar el indicador de % de Sobrecosto al estimar e identificar números de parte que se encuentren sobreestimados, se recomendará hacer un análisis más profundo para identificar las razones por la cual el valor no coincida como pueden ser:

- ❖ Mala captura en el registro sistema al momento de producir.
- ❖ Una mala gestión en el uso del material y exceda el monto que debió de haber sido utilizado.
- ❖ Haberse fabricado la orden en otra maquinaria diferente a la cual fue estimado.

#### **Recomendaciones de precios de venta.**

- El precio no debería de cambiar antes de que se revise el uso adecuado de materiales dentro de producción, ya que esto altera por lo menos en un 8% el margen obtenido.
- Se deberá verificar cuales números de parte son los más rentables para la empresa y tomar decisión de dejar de procesar aquellos que generen perdidas.

Se pudieron observar números de parte con márgenes negativos, pero esto viene de la mano a la estrategia de ventas de sacrificar un numero de parte para ganarse el cliente y poder vender más productos que a la final, con una mezcla variada de productos, el margen final sea positivo.

El estudio de la Boxer fue solo considerado para fabricación de cajas exteriores con materiales flauta tipo C, sin embargo, existe también el área de oportunidad de utilizar esta maquinaria para materiales flauta tipo E. Es decir que incluso los “strips” podrían planearse para fabricarse allí mismo y la reducción de costos y tiempos de fabricación de igual manera potencializarse en esta máquina.

Se esperaría por medio de un escenario reservado que el tiempo de fabricación interna de los “strips” se reduzca un 50% adicional a comparación de lo que tardaría en fabricarse sobre la Thompson y Die Cutters. Junto a esto, se podrá considerar los ahorros derivados de la disminución de fabricación de suajes para estos números de parte.

**Todo lo anterior forma en conjunto la propuesta de reducción de costos y a la vez será fundamental el seguimiento de la misma para hacer posible la elaboración estrategias de ventas en el panorama futuro y asimismo, se pueda abrir camino a la adquisición de mayor ventas para los empaques en el ramo automotriz.**



## Anexo

### Características principales de máquina BOXER

- Autoajustable, sistema tool les para cambio de formato, normalmente dos minutos.
- Sistema de recuperación de Energía Kinetic.
- No requiere aire comprimido.
- Maquina compacta que ofrece gran flexibilidad.
- Convierte cartón sencillo y doble corrugado de hasta 10mm
- Rodillos de alimentación de caucho a todo lo largo- Ajuste manual de altura para optimizar el agarre.
- Cuchillas de ranurado Auto Ajustables.
- Ruedas de marcado auto ajustable (herramientas manuales adicionales si se requieren).
- Recorte de pestaña de pegado automático (con el suaje se logran los perfiles).
- Corta el ancho automáticamente.
- Corta el largo automáticamente.
- Dispositivo de suaje de max 100mm x 100mm (2)

### Especificaciones Técnicas.

- |                                       |                                                                     |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| • Velocidad de producción             | Max de 600 cajas por hora.                                          |
| • Tamaño de plancha                   | Max 2000mm ancho x ilimitado largo<br>Min 100mm ancho x 400mm largo |
| • Tiempo de preparación<br>(standard) | Menos de 1 minuto (con la herramienta<br>standard)                  |
| • Distancia entre ranuradores         | Max 1600mm      Min 65mm                                            |
| • Grueso de ranuradores               | 7mm                                                                 |
| • Largo de ranura                     | Max 500mm                                                           |
| • Materiales                          | 1 – 10mm, Flauta E a AA.                                            |
| • Requisitos de potencia              | 415V 3-phase, 50/60Hz at 12 amps.                                   |
| • Tamaño de maquina                   | 2700mm x 1600mm x 1255mm                                            |

## Bibliografía

- Administración de la Cadena de Suministro.* (2013). Mexico: Pearson.
- Autobox, K. (s.f.). *Autobox Machinery*. Obtenido de <https://www.autoboxmachinery.com/us/home/>
- Carton Corrugado.* (s.f.). Obtenido de <https://www.etiquetasenrollo.mx/2015/04/carton-corrugado-y-microcorrugado/>
- Carton Sultana.* (s.f.). Obtenido de [http://www.cartonsultana.net/ipad\\_sultana/espanol/empaques.html](http://www.cartonsultana.net/ipad_sultana/espanol/empaques.html)
- Grima, L. P. (2011). *Estadística con MINITAB*. Garceta Grupo Editorial.
- Hernandez, S. M. (s.f.). *Administración de ventas*. Trillas.
- Jordan, R. W. (2010). *Fundamentos de finanzas corporativas*. Mexico, D.F.: Mc Graw Hill.
- K.Liker, J., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way FieldBook*.
- Larson, E. W., & Gray, C. F. (2001). *Project Management the managerial process*. Mc Graw Hill.
- Martin, K., & Osterling, M. (2013). *Value Stream Mapping*. Mc Graw Hill.
- Minitab Help Support.* (s.f.). Obtenido de <https://support.minitab.com/>
- Olvera, B. G. (2013). *Estadística y probabilidad*. Pearson.
- Ross, Westerfield, & Jaffe. (2012). *Finanzas corporativas*. Mc Graw Hill.
- Rother, M. (1999). *Learning to see*. Lean Enterprise Institute.
- Wackerly, Mendenhall, & Scheaffer. (2008). *Mathematical Statistics with Applications*. Cengage Learning .
- Walpole, Myers, & Myers. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Pearson.