

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE MEJORA Y OBJETIVOS ALCANZADOS

4.1 *Re-diseño del layout del almacén de materia prima y producto terminado*

4.1.1 Introducción.

En la actualidad, el almacén es una pieza fundamental en el éxito de una empresa; sin embargo, pocas empresas le han prestado la debida atención para que contribuya de la mejor manera en el funcionamiento de ellas.

Molina [1989] nos menciona que existen normas de orden de los almacenes para asegurar su buen manejo:

- Horario de trabajo
- Doble verificación de recepción y entrega de mercancía.
- Registro de firmas de personas que tengan relación con el almacén
- Una puerta de entrada de mercancía y una puerta de salida.
- Intervención de Control de Calidad para aprobar las entradas al almacén.
- Una sola autoridad.
- Disciplina, orden y limpieza.
- Información veraz y oportuna.

Como mencionamos en el capítulo anterior, en el análisis del almacén de la empresa se encontró que el orden de los materiales no era el adecuado, así que las acciones realizadas se enfocaron a mejorar este punto.

4.1.2 Descripción de acciones realizadas

Se propone emplear la clasificación ABC de control de inventarios para redistribuir los productos dentro del almacén, utilizando la clasificación por utilización y valor, que es uno de los que se mencionaron en el capítulo 2.

La clasificación por utilización y valor resulta ser un método confiable al incluir dos factores importantes: el costo unitario de los productos y el consumo promedio o esperado. Sin embargo, las políticas de la empresa no permitieron revelar todos los costos unitarios de sus materias primas y empaques, por lo que tuvo que adoptarse sólo el factor de consumo promedio como criterio para clasificar a los productos.

Una restricción adicional fue que el orden, dentro del almacén, de las categorías de productos (cuarentena, producto terminado, bases, aditivos, fibras de vidrio y empaque), no era objeto de estudio. Por lo que se tuvo que conservar como lo mostramos en el diagrama detallado del almacén original en el Anexo 3.1.1. Por lo anterior, la redistribución de los productos se realizó dentro de cada una de las áreas destinadas a cada tipo de ellos.

Una vez planteadas las limitaciones, se prosiguió a calcular las demandas de cada una de las materias primas y empaques. Para ello, se tomaron en cuenta tablas de información del

S&OP relacionadas con el consumo de materias primas, tablas de producción, demanda de productos terminados, y tablas adicionales de inventarios finales. En el anexo 4.1.1, se presenta un compendio de dichas tablas.

Con una hoja de Excel, creada por el departamento de Ingeniería de Procesos de Planeación y Proyectos de la planta, se realizaron los pronósticos de demanda de cada uno de los productos para los meses de octubre, noviembre, diciembre de este año y las del 2004. Adicionalmente, incluimos en este pronóstico, las demandas de los cuatro meses anteriores (junio – septiembre del 2003) para complementar la tabla de demanda presentada en el anexo 4.1.2.

En la tabla 4.1.1, se muestra la demanda promedio de cada uno de los productos, en orden descendente por su consumo. La demanda promedio sirvió como referencia para determinar la distribución de los productos en los racks de cada una de las áreas a que correspondían, así como para calcular los espacios requeridos en los racks para acomodar cada uno de los materiales.

En esta tabla comprobamos que, como lo mencionamos en el capítulo anterior, algunos productos ya no serán utilizados durante el próximo año, quedando libres los espacios destinados para su almacenamiento; esto permitió que las materias primas que se emplearían para la producción de los nuevos colorantes de nylon fueran ubicadas en ellos y, como consecuencia, no tener que invertir en la adquisición de racks.

Tabla 4.1.1 Demanda promedio esperada de Junio 2003 – Diciembre 2004

Tipo de material	Demanda mensual promedio (kg)*
Aditivo 7	4,783.33
Aditivo 4	3,078.21
Aditivo 8	2,822.50
Aditivo 9	1,750.00
Aditivo 11	1,750.00
Aditivo 12	1,471.67
Aditivo 2	682.15
Aditivo 3	553.18
Aditivo 1	299.48
Aditivo 5	35.01
Aditivo 6	0
Aditivo 10	0
Base 8	115,799.57
Base 3	109,345.71
Base 4	73,379.48
Base 6	19,088.78
Base 7	11,402.91
Base 12	6,699.72
Base 2	630.00
Base 1	0
Base 5	0
Base 9	0
Base 10	0
Base 11	0
Fibra 1	55,206.96
Fibra 3	28,535.00
Fibra 5	18,013.33
Fibra 4	11,550.00
Fibra 6	1,470.00
Fibra 2	0
Fibra 7	0
Empaque 2	5,886.67
Empaque 3	1,799.33
Empaque 1	200.98

Elaboración propia

Para determinar los espacios requeridos para cada tipo de material, se recopiló información sobre las capacidades de las cajas en que se almacenaban las materias primas y los atados con empaques; y con las demandas promedio obtenidas del anexo 4.1.2, se hizo una razón demanda/capacidad para calcular los espacios. En la siguiente tabla se muestran los resultados totales; el detalle de espacios por cada tipo de material se presenta en el anexo 4.1.3.

Tabla 4.1.2 Cálculo de espacios requeridos por tipo de producto.

<i>Material</i>	<i>Capacidad promedio(kg)</i>	<i>Demanda mensual promedio (kg)*</i>	<i>Espacios Requeridos</i>
Aditivos	691.30	1,435.46	32
Bases	728.94	28,029	430
Fibras	605.57	16,396.47	260
Empaques	1,009	2,628.99	14
		Total =	736

* De Junio 2003 a Diciembre de 2004

Elaboración propia

Se mencionó anteriormente que los espacios destinados en el almacén para el producto terminado no fueron objeto de estudio por lo que, de los 1120 espacios disponibles en los racks, 352 correspondían a estos productos; quedando para la redistribución del resto de los materiales un total de 768 espacios. Como se puede ver en la tabla 4.1.2, se necesitan 736 espacios para acomodar a los productos, lo que nos resulta un total de 32 espacios disponibles para cubrir posibles aumentos de demanda de productos, que equivalen a un almacenaje de aproximadamente 64 toneladas de material extra.

Después de determinar los espacios requeridos por cada material, se realizó la clasificación de los productos en mediante un porcentaje, y de manera separada por tipo de material. Se agrupó a los productos en tres grupos: A, B y C, con lo cual se detectó a los que, por su

demanda, representan aproximadamente el 20, 30 y 50. La clasificación de los materiales denominados “aditivos” se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4.1.3 Selección ABC para Aditivos.

Clasificación ABC	Material	Demanda mensual promedio (kg)*	Porcentaje acumulado
Clasificación A:	Aditivo 7	4,783.33	27.77%
	Aditivo 4	3,078.21	45.64%
	Aditivo 8	2,822.50	62.02%
	Aditivo 9	1,750.00	72.18%
Clasificación B:	Aditivo 11	1,750.00	82.34%
	Aditivo 12	1,471.67	90.89%
Clasificación C:	Aditivo 2	682.15	94.85%
	Aditivo 3	553.18	98.06%
	Aditivo 1	299.48	99.80%
	Aditivo 5	35.01	100.00%
	Aditivo 6	0	100.00%
	Aditivo 10	0	100.00%

Como podemos ver en la tabla 4.1.3, para la clasificación A se incluyeron 4 de los 12 aditivos, que representan un 33% del total, y a su vez equivalen alrededor del 70% de la demanda promedio total de ellos. En el grupo B, se incluyeron a 2 de los productos que equivalen a cerca del 20% del total y representan aproximadamente otro 20% de la demanda promedio total. En el grupo C, se encuentra el mayor número de productos, representando el 50% del total, pero a pesar de eso, sólo representan cerca de un 10% de la demanda total.

En las tablas 4.1.4, 4.1.5 y 4.1.6, se presenta la clasificación de las “bases”, las “fibras” y los “empaques”, obedeciendo al mismo criterio utilizado en la clasificación de los “aditivos”.

Tabla 4.1.4 Selección ABC para Bases

Clasificación ABC	Material	Demanda mensual promedio (kg)*	Porcentaje acumulado
Clasificación A:	Base 8	115,799.57	34.43%
Clasificación B:	Base 3	109,345.71	66.94%
	Base 4	73,379.48	88.76%
Clasificación C:	Base 6	19,088.78	94.43%
	Base 7	11,402.91	97.82%
	Base 12	6,699.72	99.81%
	Base 2	630.00	100.00%
	Base 1	0	100.00%
	Base 5	0	100.00%
	Base 9	0	100.00%
	Base 10	0	100.00%
	Base 11	0	100.00%

Tabla 4.1.5 Selección ABC para Fibras

Clasificación ABC	Material	Demanda mensual promedio (kg)*	Porcentaje acumulado
Clasificación A:	Fibra 1	55,206.96	48.10%
Clasificación B:	Fibra 3	28,535.00	72.96%
	Fibra 5	18,013.33	88.66%
Clasificación C:	Fibra 4	11,550.00	98.72%
	Fibra 6	1,470.00	100.00%
	Fibra 2	0	100.00%
	Fibra 7	0	100.00%

Tabla 4.1.6 Selección ABC para Empaques

Clasificación ABC	Material	Demanda mensual promedio (kg)*	Porcentaje acumulado
Clasificación A:	Empaque 2	5,886.67	74.64%
Clasificación B:	Empaque 3	1,799.33	97.45%
Clasificación C:	Empaque 1	200.98	100.00%

Layout propuesto

Después de calcular los espacios requeridos y la realización de la clasificación ABC de los productos, se elaboró un diagrama para asignar los espacios correspondientes a cada tipo de material. Logrando un layout rediseñado del área del almacén que mostramos en el anexo 4.1.4.

4.1.3 Objetivos alcanzados.

El análisis del almacén y la propuesta del layout presentado anteriormente, podría traer los siguientes beneficios:

- Reducción del tiempo que ocupa el personal del almacén en cubrir los pedidos de materiales, ya que anteriormente necesitaban ir de un lado a otro ya que no se encontraba en orden a la demanda.
- Eliminación de errores de confusión de materiales por estar ubicados en lugares que no les correspondían.
- Se facilitará el conteo de los inventarios físicos posteriores.

El impacto en la productividad en este estudio, no fue explícitamente cuantitativo, sin embargo, aplicamos lo que Hicks[1999] menciona como un mejoramiento de la productividad del trabajador de oficina, que es medible con el paso del tiempo comparando las horas ganadas generadas con las horas reales gastadas en la realización de sus tareas. En este caso, favorecemos la actividad de los que laboran en el almacén al mejorar la distribución de los productos, evitando largos trayectos para localizar los productos de más demanda y las confusiones de materiales que se tenían anteriormente por la errónea asignación de espacios en los racks.

4.2 *Propuesta de mejora de la recepción, manejo y entrega de materiales y producto terminado.*



4.2.1 Introducción.

En el capítulo anterior definimos el proceso al cual se aplicaría la reingeniería: el proceso de distribución de producto terminado. Para poder realizar propuestas de mejora, tuvimos que “entender el proceso” que estábamos estudiando. Autores como Hammer, Champy, Peppard y Rowland, todos ellos autores de libros de reingeniería, concuerdan en que “entender el proceso” es uno de los pasos más importantes de lo que sería la “metodología” de implementación de esta filosofía. Sin embargo, es importante decir que no se debe profundizar en detalles para analizar el proceso ya que se corre el riesgo de limitar nuestra visión de cambio [Peppard y Rowland, 1996]. De esta manera, desarrollamos diagrama de flujo general del proceso de distribución de producto terminado para trabajar en la búsqueda de alternativas para innovarlo.

4.2.2 Posibles alternativas.

Como lo mencionamos en el inicio de esta sección, nuestro primer paso fue desarrollar un diagrama de flujo del proceso de distribución de producto terminado. Para ello utilizamos los símbolos básicos del “estándar de mapeado ASME” que describimos en el capítulo II: operación, inspección, transporte, retraso o demora, y almacenamiento. El diagrama lo presentamos a continuación en la figura 4.2.1.

Figura 4.2.1 Diagrama de flujo del proceso de distribución de producto terminado

OPERACIÓN				
Ensacado y llenado de cajas	XX			
Inspección terminado		XX		
Entarimado	XX			
Envoltura de tarimas	XX			
Transporte almacén			XX	
Almacenamiento				XX
Inspección etiqueta de liberación		XX		
Distribución en camiones			XX	
Entrega a clientes				XX

Elaboración propia

Una vez que creamos este diagrama, se repasaron varias veces los pasos del proceso. Con la recomendación del equipo de ingeniería de utilizar la creatividad, innovación, conocimientos y sobre todo una actitud de análisis, comenzaron a surgir ideas y propuestas concretas.

Lo primero que detectamos fue que “el empaque” del producto terminado involucraba 4 operaciones dentro del proceso; así que nuestra meta fue encontrar nuevas formas de llevar a cabo este conjunto de operaciones. La metodología que seguimos fue encontrar una manera de hacerlo: mejor, más barato y más rápido [Peppard y Rowland, 1996].

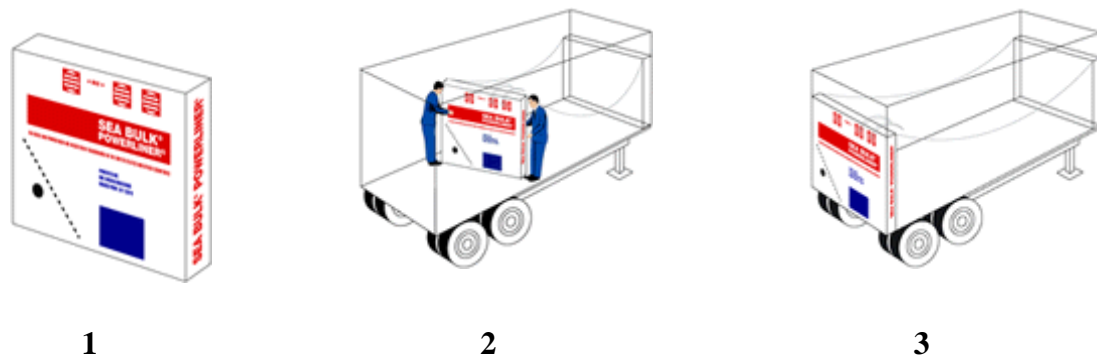
Después de tres sesiones de análisis del proceso y búsquedas en Internet sobre alternativas de empaque, se encontró la siguiente propuesta:

- Empaque del producto terminado utilizando la tecnología **SEA BULK® POWERLINER® BULK SYSTEM**.

Este sistema es utilizado para transportar material a granel, que es la característica del producto terminado antes de ser depositado en los sacos y cajas. Powertex, Inc. es dueño de la patente de este sistema y es el único fabricante aprobado de este tipo de “empaque”.

Este sistema consiste de una bolsa con una película de polietileno FDA- aprobada que puede transportar 20 toneladas de producto. Aplicado al proceso que estamos estudiando, el sistema Power Liner® reemplaza el empaque tradicional, en sacos y cajas, por una bolsa resistente que reduce a sólo 70 kg el peso del empaque por embarque. En la siguiente figura se muestra el resumen de la instalación de este sistema, el cual consta de 9 pasos, los cuales pueden ser consultados en el anexo 4.2.1 en el que se incluye además una descripción más detallada de este sistema e información sobre su creador.

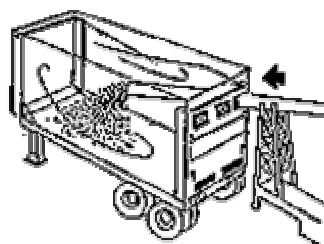
Figura 4.2.2 Instalación del sistema Power Liner®.



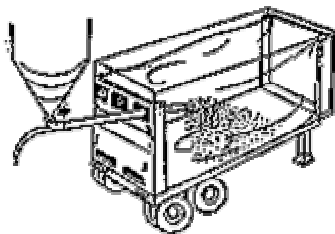
* Las ilustraciones son propiedad de Powertex Inc.

Una vez instalado se procede a llenar la bolsa mediante de los sistemas comunes “de carga” presentados por Powertex Inc., los cuales se ilustran con tres imágenes en la figura 4.2.3.

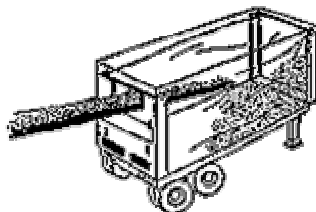
Figura 4.2.3 Sistema comunes de carga.



Neumático



**Gravedad
(con ayuda de aire)**



**Banda
transportadora**

* Las ilustraciones son propiedad de Powertex Inc.

De acuerdo a recomendaciones por parte del departamento de ingeniería, el sistema más adecuado al proceso de la planta es el neumático. El siguiente paso es el transporte del producto hasta el punto de descarga, que en nuestro caso es el cliente.

Entre los métodos para descargar el producto encontramos: a) Chasis de inclinación, b)Plataforma inclinable, c)Elevación del contenedor, y d)Descarga por las aberturas de la bolsa del sistema Power Liner®. En la figura 4.2.4 se ilustran estos métodos.

Figura 4.2.4 Métodos de descarga con el sistema Power Liner®.

a)



b)



c)



d)

* Las ilustraciones de Powertex Inc.

Para poder implementar el sistema Power Liner® en su totalidad, se hizo un estudio de los requerimientos de equipo necesario que en general se enfocaba en dos puntos: un mecanismo de carga/descarga, y un lugar para almacenar producto a granel.

La búsqueda de alternativas para cubrir los requerimientos del sistema Power Liner® nos llevó a considerar la compra de “silos” para almacenar los diferentes productos terminados. Este mecanismo nos permitiría llevar a cabo un almacenaje directo después de la línea de producción y, con esto, se evitarían los pasos de: ensacado, entarimado y envoltura de tarimas.

Peppard y Rowland [1996] nos mencionan que, para rediseñar un proceso, se debe poner atención en eliminar todas las actividades que no agregan valor y mejorar aquellas actividades centrales que agregan valor. Para esto, se puede seguir la regla que ellos definen como ESIA: Elimine, Simplifique, Integre y Automatice. De esta manera, la alternativa del sistema Power Liner® se consideró como propuesta por brindar una eliminación de pasos del proceso (ensacado, entarimado y envoltura de tarimas) e integración del subproceso de empaque; por otro lado, contribuyó a simplificar y automatizar las actividades de carga y descarga de material.

Sin embargo, no limitamos nuestro enfoque al proceso de distribución de producto terminado en cuanto a la aplicación del sistema Power Liner®, ya que consideramos incluir el proceso de “recepción de materia prima”. De esta manera, se pudo visualizar una planta con un área reducida de almacén en su interior. En su lugar, se tendrían un conjunto de “silos” de almacenamientos (parecidos a los que se utilizan en el almacenaje de granos y otros productos alimenticios), los cuales tendrían una conexión directa a las líneas de extrusión para abastecerlas y se podría iniciar el proceso de producción sin tener que movilizar las materias primas con montacargas. El análisis económico de las inversiones necesarias lo presentamos más adelante.

Por otro lado, otra parte del proceso que se analizó fue la actividad del “transporte físico” de los productos terminados. Como lo mencionamos en la sección 3.2.3, la entrega de producto terminado lo realizan un total de 53 camiones de carga. La propuesta del sistema Power Liner® nos hizo tomar en cuenta los recursos actuales disponibles, sobre todo para los pasos de carga y descarga del nuevo proceso.

Como los camiones de la planta no poseen un mecanismo de elevación de sus cajones de carga, es necesario invertir en una rampa de volteo para los camiones cuyo costo mencionaremos en el análisis económico de la propuesta. Por otro lado, la atención que prestamos a estudiar el medio de transporte disponible (los camiones de carga) del producto terminado, nos llevó a la segunda alternativa de cambio en el proceso de “distribución de producto terminado”, que a continuación describiremos.

Buscando tipos de transporte que permitieran mover sus “cajas de carga” para poder realizar maniobras de descarga, encontramos una gama de servicios que muchas empresas de logística brindan a las organizaciones que desean transportar sus productos. Estos servicios integran el transporte terrestre, ferroviario, marítimo y aéreo, con el fin de poder satisfacer las demandas de un mundo globalizado y realizar entregas de manera más rápida, económica y confiable.

Para el caso de nuestro sistema de distribución nos llamó la atención aquellos conceptos que incluyeran el transporte ferroviario. Las razones fueron: costo y la fortuna de contar a 10 metros de la planta con una vía de ferrocarril.

Las razones que acabamos de mencionar nos permitieron enfocar la atención en un sistema llamado “piggy back”, que forma parte del llamado “transporte intermodal”. El piggy back consiste en llevar el trailer con el producto terminado a una estación de ferrocarril donde la caja completa del trailer se coloca en una plataforma especial que permite transportarla por vía férrea. El resultado de usar este tipo de envío es un ahorro en los costos de transporte en rutas largas, que según los expertos sucede cuando el trayecto es superior a los 400 km.¹. Para mayor descripción del sistema piggy back e información relacionada al transporte intermodal se puede consultar el anexo 4.2.2.

Sólo mencionaremos que el transporte intermodal es parecido en esencia al transporte multimodal, sólo que en el primero “el ferrocarril se constituye como el modo preponderante”², según la CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía).

A manera de ilustración, presentamos en la figura 4.2.5 la descripción del sistema piggy back donde: a) Llega el camión a la estación de ferrocarril, b) Se retira la caja del camión, c) Se transporta a la plataforma especial del tren, d) y e) Queda listo para ser transportado por ferrocarril.

En resumen, del análisis que realizamos al proceso de “distribución de producto terminado” presentamos dos sistemas como alternativas de cambio: Power Liner® y piggy back. Para que los expertos en reingeniería de planta tuvieran la suficiente información para la toma de decisiones. También se elaboro un análisis económico de las inversiones necesarias para

¹ EuroGate Servicios Logísticos, S.A. 2003. EuroGate Web Page. <http://web.eurogates.net/eurogate/deinteres/deinteres6.php>

² Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. 1999. CONAE Web Page. <http://www.conae.gob.mx>

implementar estos sistemas y su impacto en los costos de logística. Esta evaluación la presentamos en la siguiente sección.

Figura 4.2.5 Sistema piggy back.

a)



b)



c)



d)



e)



*Las figuras a), b) y c) son propiedad de Logística FEPASA.

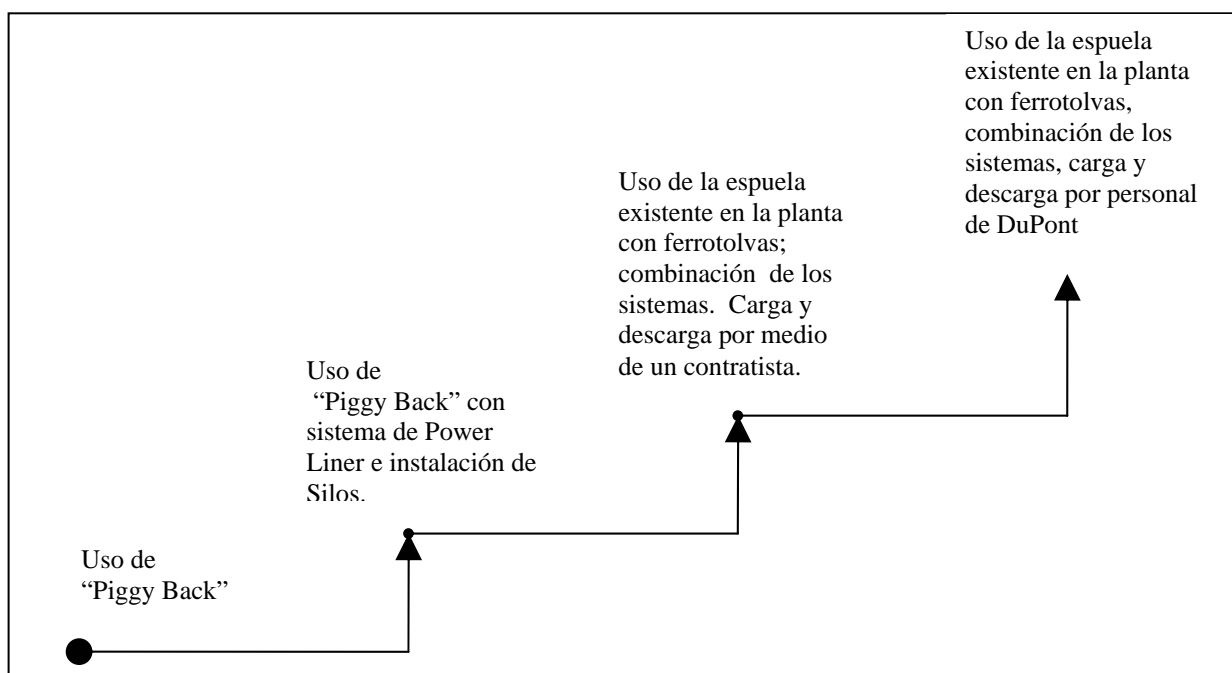
*Las figuras d) y e) son propiedad de Yellow Co.

4.2.2.1 Análisis económico del proyecto de inversión.

Esta sección tiene el objetivo de evaluar en dos factores las alternativas propuestas en la sección anterior, Power Liner® y piggy back. Los factores que tomaremos en cuenta son: costos de inversión y comparación de costos de operación del modo en que se hace ahora cada actividad contra la nueva forma propuesta.

Una vez que se presentaron las propuestas a los expertos en reingeniería de la planta, se desarrolló un proyecto de implementación de los dos sistemas. Por los recursos disponibles (53 camiones de carga), y el concepto del sistema piggy back que no es más que transportar un trailer en ferrocarril, decidimos que esta opción de cambio sería la primera de ambas en implementarse. En la siguiente figura mostramos las etapas del proyecto desarrollado con el equipo de reingeniería.

Figura 4.2.6 Etapas del proyecto de implementación de sistemas propuestos.



A continuación, presentamos el análisis económico de la alternativa “piggy back”; más adelante continuaremos con el análisis relacionado a la segunda propuesta, el sistema Power Liner®. Los costos relacionados con la primera alternativa son: el costo de transporte de la distribución de producto terminado (con salario de chofer y consumo de combustible), y el costo de transporte de materia prima (ya que se extendió su área de implementación). Esta planta de DuPont, realiza entregas a Washington, Monterrey y Nuevo Laredo; no se toman en cuenta los puntos en que se lleva el producto para que luego sea transportado por vía marítima, como Veracruz y Manzanillo, ya que este tipo de transporte es multimodal.

Según datos proporcionados por el departamento de ingeniería los costos actuales de la planta, en cuanto a transporte de materia prima, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.2.1 Costos actuales de transporte de materia prima (anuales).

Materia Prima	
Volumen aproximado:	12,738,294 libras
Costo de transporte por libra	\$ 0.077 USD
Costo Total de transporte:	\$ 985,182 USD

*Datos del departamento de ingeniería

En el caso del transporte de producto terminado se presentan en las siguientes tablas, de acuerdo al destino.

Tabla 4.2.2 Costo total de transporte de producto terminado a Nuevo Laredo

Destino	Volumen de producto terminado (lb)	Costo del transporte por libra (USD)	Costo Total de transporte (USD)
Nuevo Laredo	3,999,180	\$ 0.027	\$ 107,705 USD

Elaboración propia

Tabla 4.2.3 Costo total de transporte de producto terminado a Monterrey

Destino	Volumen de producto terminado (lb)	Costo del transporte por libra (USD)	Costo Total de transporte (USD)
Monterrey	1,999,590	\$ 0.014	\$ 28,268

Elaboración propia

Tabla 4.2.4 Costo total de transporte de producto terminado a Washington Works.

Destino	Volumen de producto terminado (lb)	Costo del transporte por libra (USD)	Costo Total de transporte (USD)
Washington	1,587,326	\$ 0.065	\$ 103,139

Elaboración propia

Los datos contenidos en las tablas anteriores muestran son un resumen de tablas a más detalle que presentamos en el anexo 4.2.3.

Con las tablas anteriores podemos tener una idea general de los costos totales de transporte de la planta, que representan en escenario actual con el uso de trailers. A manera de resumen mostramos la siguiente tabla.

Tabla 4.2.5 Costos totales en transporte (anual)

Concepto	Costos Total (USD)
Producto Terminado	\$ 239,112
Materia Prima:	\$ 985,182
Costo Total:	\$ 1,224,294

Elaboración propia

Con el nuevo sistema “piggy back” que, como lo hemos mencionado, se basa en el uso del ferrocarril, los costos de transporte disminuyen en promedio un 36.7 %. El resultado de la implementación de este sistema se presenta en las siguientes tablas, donde el escenario futuro corresponde al que tendríamos una vez implementado el uso de transporte piggy back.

Tabla 4.2.6 Comparación de costos en transporte de materia prima (Washington-Planta)

Escenario	Costo por viaje (USD)	Costo por libra (USD)
Actual	\$ 3,402.97	\$ 0.077
Futuro	\$ 2,195.00	\$ 0.050

El ahorro que tendríamos sería de aproximadamente de \$350,000 USD, que representa un disminución del 35% en los costos de transporte de materia prima. Estos datos los podemos apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 4.2.7 Ahorro anual en transporte de materia prima

- Volumen aproximado:	12,738,294 libras
- Costo de transporte por libra:	\$ 0.050 USD
- Costo total de transporte (con sistema piggy back)	\$ 635,467 USD
- Costo Actual de transporte:	\$ 985,182 USD
AHORRO TOTAL ANUAL:	<u>\$ 349,715 USD</u>

Los ahorros en la distribución de producto terminado con el nuevo sistema se presentan en las siguientes tablas, clasificadas de acuerdo al destino.

Tabla 4.2.8 Ahorro en transporte de producto terminado (Planta –Nuevo Laredo)

Escenario	Volumen de producto terminado (lb)	Costo por viaje (USD)	Costo por libra (USD)
Actual	3,999,180	\$ 1,232.00	\$ 0.027
Futuro	3,999,180	\$ 396.00	\$ 0.009
Porcentaje de ahorro: 67%			

Elaboración propia

Tabla 4.2.9 Ahorro en transporte de producto terminado (Planta – Monterrey)

Escenario	Volumen de producto terminado (lb)	Costo por viaje (USD)	Costo por libra (USD)
Actual	1,999,590	\$ 616	\$ 0.014
Futuro	1,999,590	\$ 528	\$ 0.012
Porcentaje de ahorro: 15%			

Elaboración propia

Tabla 4.2.10 Ahorro en transporte de producto terminado (Planta – Washington)

Escenario	Volumen de producto terminado (lb)	Costo por viaje (USD)	Costo por libra (USD)
Actual	1,587,326	\$ 2,860	\$ 0.065
Futuro	1,587,326	\$ 2,200	\$ 0.050
Porcentaje de ahorro: 23%			

Elaboración propia

Los datos presentados en las tablas anteriores se obtuvieron de datos que presentamos en el anexo 4.2.3, en los que se hace un detalle más a fondo de los costos de transporte.

Con el nuevo escenario, es decir, con el sistema piggy back se tendría lo siguiente en cuanto a los costos de distribución de producto terminado:

- **Costo total de transporte (sistema piggy back):** \$139,353 USD.
- **Costo actual de transporte (uso de camiones):** \$239,112 USD.
- **Ahorro total anual:** **\$ 99,759 USD**

Este ahorro representa una disminución del 41.7% del costo de transporte, lo que nos habla de una alternativa excelente; además de que la inversión requerida consiste en:

- Cambios administrativos para el nuevo sistema de distribución.
- Tiempo de los recursos necesarios para su implementación.
- Inversión en activos de aproximadamente \$0.00 USD.

Ahora describiremos el análisis de la segunda alternativa: el sistema Power Liner®. Los costos relacionados con este nuevo sistema tienen que ver con el empaque. En la siguiente

tabla mostramos los costos actuales, tomando como base el uso de cajas de 750 kg, ya que representan el empaque de mayor uso dentro de la planta para el producto terminado.

Tabla 4.2.11 Costos actuales de empaque (anual).

Empaque	Volumen (lb)	Costo de empaque (USD)	Costo por libra (USD)
Materia prima	12,738,294	\$ 385,191	\$ 0.03
Producto terminado	7,586,096	\$ 229,395	\$ 0.03

Estos datos nos dan un total de \$614,586 USD por concepto de costos de empaque de materia prima y producto terminado, tomando en cuenta que las cajas de 750 kg cuestan \$50 USD cada una.

Con el uso del sistema Power Liner®, los costos de empaque se presentan en la siguiente tabla, considerando la utilización de bolsas con capacidad de 20 toneladas y con un costo de \$250 USD.

Tabla 4.2.12 Costos con la utilización del sistema Power Liner®

Empaque	Volumen (lb)	Costo de empaque (USD)	Costo por libra (USD)
Materia prima	12,738,294	\$ 72,225	\$ 0.006
Producto terminado	7,586,096	\$ 43,013	\$ 0.006

Si comparamos los costos del escenario actual y del escenario a futuro (sistema Power Liner®), veremos que existe un ahorro considerable en los costos; sin embargo es necesario

lograr poder recibir a granel y que los clientes en Nuevo Laredo, Monterrey y Washington Works reciban a granel. En la siguiente tabla mostramos esta comparación de costos.

Tabla 4.2.13 Comparación de costos (escenario actual – escenario futuro)

Costo actual de empaque	\$ 614,599 USD
Costo futuro de empaque (sistema Power Liner®),	<u>\$ 115,238 USD</u>
AHORRO ANUAL	\$ 499,361 USD

El ahorro anual en los costos de empaque representa una reducción del **81.2%**, que es una reducción muy importante. Sin embargo, esta alternativa requiere de inversión en equipo, por lo que realizamos un análisis de esta inversión para comprobar que los beneficios son mayores a los costos.

El equipo necesario para la implementación de la alternativa Power Liner® es el siguiente:

- 3 Silos de recepción de materia prima.
- Rampa de Volteo
- Sistema de transporte neumático
- 2 Silos para producto terminado

La inversión del equipo se presenta en la siguiente tabla, considerando equipos nuevos.

Tabla 4.2.14 Inversión de equipo.

Descripción del equipo	Cantidad	Costo unitario (USD)	Subtotal (USD)
Silos de almacenamiento	3	\$ 34,500	\$ 103,500
Rampa de volteo	1	\$ 43,700	\$ 43,700
Sistema de transporte	1	\$ 15,000	\$ 15,000
Silos de homogeneizador producto terminado	2	\$ 30,000	\$ 60,000
TOTAL			\$ 222,200

A este total se le sumó los gastos de instalación del equipo y otras consideraciones que mostramos en el anexo 4.2.4, lo que nos arroja un total de **\$ 499,195 USD** de inversión total para tener implementado el sistema hasta la etapa II de acuerdo a la figura 4.2.6.

Si consideramos los ahorros de la fase I (sistema Piggy Back) y la fase II (sistema Power Liner®), tendremos el margen de ahorro mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 4.2.15 Margen de ahorro con implementación de alternativas

Etapas	Ahorro Total (USD)	Total de inversión (USD)	Margen de ahorro
I	\$448,668.93	\$ 0.0	
II	\$ 499,361.00	\$ 499,195.00	
TOTAL	\$898,029.93	\$ 499,195.00	\$398,834.93

Estos resultados muestran la factibilidad financiera de la implementación de los dos sistemas que presentamos como alternativas de cambio en el proceso de distribución física del producto terminado.

4.2.3 Objetivos alcanzados

Como habíamos mencionado en el capítulo I, una de las métricas para evaluar la productividad de la planta es el costo/libra. Con las alternativas que presentamos obtuvimos resultados satisfactorios en el logro del objetivo general de incrementar la productividad de la planta por medio de la aplicación de la reingeniería en el proceso de distribución de producto terminado y una extensión en el proceso de recepción de materia prima.

Con el sistema Piggy Back se obtuvo un ahorro del 36.7% en los costos de transporte y logramos una reducción de la métrica costo por libra como se muestra a continuación:

- Costo/libra transporte materia prima Washington – Planta : **35%**
- Costo/libra transporte materia prima Planta – Nuevo Laredo: **67%**
- Costo/libra transporte materia prima Planta – Monterrey: **15%**
- Costo/libra transporte materia prima Planta – Washington : **23%**

Por otro lado, con el sistema Power Liner se logró reducir el costo/libra como lo mostramos a continuación:

- Empaque materia prima y producto terminado: **80%**

Como podemos apreciar, las disminuciones en cada uno de los rubros son radicales y resultaron ser excelentes opciones de cambio para mejorar la productividad de la planta y lograr el rediseño de sus procesos.

4.3 Mejora en la línea de extrusión T1.

4.3.1 Posibles alternativas

En el capítulo anterior, mencionamos que la problemática dentro de la línea de extrusión T1 era que los dos operadores tenían un alto tiempo de ocio en el transcurso de la operación, nuestro esfuerzo se enfocó a la eliminación de este tiempo. Para ello se propuso desde un mejor aprovechamiento del tiempo en otras actividades hasta una posible destitución de uno de los operadores en cada turno.

La primera alternativa que se analizó fue el que los trabajadores pudieran ocupar su tiempo ocioso apoyando en la línea T2 o en el almacén, sin embargo, ya se tenían cubiertas éstas áreas y no era necesario más personal. Por lo mismo se eliminó la segunda alternativa de solución que era el reubicar a uno de los trabajadores en otra área y dejar a cargo de la línea a un solo operador.

La alternativa de ubicar a un solo operador a cargo de la línea era posible dado que las actividades que realizaban los dos, sin tomar en cuenta la de apoyar a ensacar, sumaban un total de 229 minutos necesarios contra 300 minutos que duraba el ciclo; en el Anexo 3.3.4 presentamos a detalle la información que sostiene los tiempos. Esto nos abrió la posibilidad a una tercera alternativa que fue la de destituir a uno de los operadores por turno, con lo cual se reduciría un costo para la empresa pero que tenía que ser bien fundamentado, dado que la idea de dejar a un solo operador a cargo no proporcionaba una confianza entre los directivos.

Para poder fundamentar esta propuesta se tuvo que analizar a detalle cada uno de las actividades que realizaban los dos operadores, corroborando que la suma del tiempo necesario para completar las actividades del proceso a cargo de los operadores podía ser completado con un solo operador, lo que hacía posible la destitución de uno de los operadores. Sin embargo, los encargados de la línea de producción no estaban convencidos de la eliminación del apoyo que uno de los operadores proporcionaba en la operación de ensacado.

Para poder resolver este problema, se analizó el proceso de ensacado. Primero que nada habíamos mencionado que antes de ensacar se tenía el proceso de campaneado, en el que simplemente se almacenaba el producto final y se homogenizaba. La campana tenía una capacidad máxima de 500 kg, lo cual representaba únicamente el 50% de la producción de un ciclo, por lo cual no se podía almacenar mucho producto antes de ensacarlo.

Segundo, el proceso de ensacado lo realizaban los operadores de manera manual, es decir, llenaban los sacos de 25 kg, pesando ellos el saco con producto hasta tener la cantidad necesaria, lo cual generaba ciertos problemas en tiempo de llenado y la cantidad.

Dadas estas dos situaciones debíamos encontrar un dispositivo que le permitiera almacenar al operador una mayor cantidad de producto, para darle más tiempo para poder llenar los sacos y no sentirse presionado, y que hiciera más eficaz la operación de llenado de los sacos, dándole exactitud y rapidez. Este dispositivo debía cumplir también con las normas de seguridad de la empresa.

4.3.2 Desarrollo de la propuesta

Ya que se tenía la idea de encontrar posibles dispositivos que sustituyeran a la campana y el método rústico para llenar los sacos, se procedió a la búsqueda de equipos que permitieran una automatización de la operación de ensacado por ser repetitiva y demandar exactitud y rapidez. El resultado de la búsqueda y la propuesta se presenta a continuación.

Para sustituir la campana de 500 kg, se encontró un silo homogenizador de 6 toneladas (véase anexo 4.3.1). La capacidad de este silo cubriría la producción de un día, permitiendo al operador almacenar gran cantidad de material sin tener problemas por posibles rezagos al llenar los sacos. Además, con este cambio se eliminaría el tiempo de la operación de campaneos, dado que el silo homogeniza el producto automáticamente.

Resumiendo, la compra de este silo iba enfocada a que la producción no tuviera problemas por rezagos del operador, dado que él podría llenar los sacos en el momento que fuera necesario. Buscando lógicamente que se tuviera suficiente tiempo para que la operación pudiera ser realizada por un solo operador. Para observar las especificaciones de este silo, así como su cotización ver anexo 4.3.2.

Ya que se tenía un dispositivo para almacenar más cantidad de producto, también era necesario tener un dispositivo que ayudara a realizar la operación de llenado de los sacos de manera más rápida y eficiente. La búsqueda de alternativas nos condujo a la compra de una báscula ensacadora electrónica (ver anexo 4.3.3) que iría añadida a la máquina en el proceso de ensacado, cuyas especificaciones y cotizaciones se pueden ver en el anexo 4.3.4

Esta báscula tiene como función principal que el operador, al iniciar el proceso de producción, le indique la capacidad de los sacos a llenar y con ello la báscula automáticamente pesa el producto y deja pasar a los sacos únicamente la capacidad señalada. Es decir, las actividades del operador en este paso del proceso se reducirían a colocar el saco, indicar a la máquina la realización del llenado y recoger el saco para sellarlo y colocarlo en tarimas.

Los principales beneficios de esta compra los describiremos a continuación. Primero, se eliminarían errores de llenado cometidos por los operadores dado que ellos tenían que llenar y pesar los sacos hasta la capacidad requerida, por lo que había fallas de cálculo. Ahora ya no se podría errar en cada saco, porque la báscula pesa y dejar pasar sólo esa capacidad.

Segundo, con la eliminación del pesado y llenado manual, se redujo el tiempo de ciclo para llenado de un saco considerablemente. Esto se logró debido a la automatización de la operación de llenado. Como habíamos mencionado en el estudio de tiempos, la operación de llenado por cada saco se realizaba aproximadamente en 5 minutos, la cual constaba de las siguientes actividades:

- Colocar y llenar el saco, teniendo los operadores que pesarlo.
- Colocar el saco en la máquina de sellado a través de una banda.
- Recoger el saco y acomodarlo en una tarima.

Con la implantación de esta báscula el tiempo de llenado de un saco se podría reducir a 1 minuto y medio aproximadamente. Esto se lograría debido a que la operación de colocar y

llenar se reduciría de 4 minutos a sólo 30 segundos, dado que el tiempo estimado de llenado con báscula para las capacidades que se manejan (25 kg) es de 10 segundos y los 20 segundos restantes serían el tiempo que tarda el operador en colocar el saco en la máquina de llenado y después colocarlo en la banda para sellado.

Por último para la alternativa de tener un solo operario en la línea, el segundo operador apoyaba al otro para tener una mejor exactitud en el llenado. Con el nuevo equipo, el apoyo de un segundo operador no sería necesario dado que la operación estaría automatizada.

Este punto es importante debido a que si se revisa la figura 3.3.4, el operador #1 ocupa la mayoría de su tiempo en apoyar al operador #2 en el ensacado; si sumamos el tiempo de las otras actividades que realizaba dan un total de 20 minutos, mientras que el operador #2 tenía 90 minutos de tiempo de ocio con lo cuales podría cumplir las actividades del otro operador y con ello tener un fundamento más sólido para respaldar la destitución del segundo operador.

Sin embargo, la alternativa requiere de una inversión en equipo nuevo, así que se realizó un estudio de proyectos de inversión, el cual presentamos enseguida.

4.3.2.1 Estudio de proyecto de inversión

Un estudio de proyecto de inversión, como lo mencionamos en el capítulo 2, es fundamental para cuando se propone la compra de máquinas, dado que con el estudio se

determina la tasa interna de retorno, y se puede comprobar que la inversión va a generar mayores beneficios que costos para la empresa. Para este estudio utilizamos el tercer método o método de flujo de efectivo, que se mencionó en ese capítulo, añadiendo los costos y beneficios para que fuera un estudio más completo. Para ello se utilizó una hoja de Excel elaborada por el departamento de ingeniería de DuPont, que te calcula todos los resultados metiéndole la información de los costos y beneficios.

Para este estudio que realizamos se tomaron en cuenta los siguientes datos:

Tabla 4.3.2.1 Datos para el estudio de inversión

Elemento	Cantidad	Especificaciones
Equipo propuesto a comprar	\$ 45,000 Usd	Cotización de silo y báscula
Reducción de costos de operación	\$ 46,000 Usd	Salarios de 4 obreros por un año
Incremento de costos de energía	\$ 2,000 Usd	Aumento en costos por un año
Porcentaje de aumento de capital por año	3%	Aumento en inversión por la compra

Planta de Polímeros DuPont y cotizaciones.

Estos valores fueron tomados de las cotizaciones de los equipos y por la información dada por la empresa en cuanto a los salarios de los trabajadores que podrían ser destituidos. Se indica en la tabla de 4 operadores, dado que como se había indicado antes la planta trabaja hasta cuatro turnos y en cada turno se iba a eliminar la participación del segundo operador.

Los resultados del estudio se presentan en la tabla 4.3.2.2, para mayor información véase el anexo 4.3.5:

Tabla 4.3.2.2 Resultados de estudio

Valor Presente Neto (M\$)	\$139
Pérdida de inversión permanente	\$0
Pago de inversión	1 año
IRR	71%

Estos resultados nos indicaron lo siguiente:

- Que la inversión tenía un valor presente neto de \$139,000 Usd, es decir que si se decidían a invertir en los dispositivos no sólo recuperarían la inversión sino que tendrían una ganancia de \$139,000 Usd.
- La tasa interna de retorno sería de 71 % que es muy buena debido a que cuando se le cuestionó a los ingenieros de cual sería la mínima tasa interna esperada para cualquier inversión dentro del área de producción, nos comentaban que tendría que ser de 30% y esta la sobrepasaba.
- El retorno de la inversión, de acuerdo a la tasa interna de retorno, sería en menos de un año, lo cual también es buena dado que se espera de parte de los directivos que la inversión se recuperara en un período no menor de tres años.

4.3.3 Objetivos alcanzados

Nuestro objetivo específico fue analizar las operaciones de la línea de extrusión T1 para identificar posibles puntos de mejora y, mediante las propuestas de cambio, se cumplieron satisfactoriamente. Se analizaron las operaciones y se detectó una posible mejora que produjo un beneficio para la empresa.

Nuestro objetivo principal iba enfocado a mejorar la productividad de la empresa con cada propuesta. A continuación se presenta la contribución de la propuesta al objetivo principal.

4.3.3.1 Medición de la productividad

Como pudimos observar en el capítulo 2, la productividad puede ser medida de manera total, parcial o factorial, y que principalmente la productividad se indica de acuerdo la relación de productos entre insumos.

En este caso, se tomó la medición del tiempo de llenado de un saco como medida para representar el incremento. Aquí se presenta la medición cuantitativa:

Sin la propuesta de la báscula, la operación de llenado de sacos se realizaba en 5 min., por lo tanto, si se tenían que llenar 40 sacos, eran necesarios 200 minutos.

Con la báscula se llena un saco en 1.5 minutos, por lo tanto si se tienen que llenar 40 sacos son necesarios 60 minutos.

Utilizando estas métricas se saca el porcentaje de incremento de productividad:

Sin báscula: $40/200= 0.2$ sacos por minuto

Con báscula: $40/60= 0.67$ sacos por minuto

Incremento de productividad = $(67/22)*100-100= 233\%$

Con la reducción de tiempo para llenado de saco, incrementamos un 233% la productividad de esa operación. Por lo cual podemos concluir que también cumplimos de manera satisfactoria el objetivo general.

4.3.4 Propuesta detallada

Lo que proponemos a la empresa de manera clara y fundamentada es:

- Compra de silo de 6 toneladas para sustituir la campana de 500kg en el proceso de campaneado.
- Compra de báscula ensacadora para el proceso de llenado de sacos.
- Tener trabajando sólo 1 operador en la línea de extrusión T1.