

Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA NUEVA LÍNEA DE LLENADO
EN PLANTA MALHER, S.A., PARA CONSOMÉS Y CONDIMENTOS
EN FRASCO DE CONSUMO MASIVO**

Trabajo de graduación presentado por

Ana Lucía Blanco Samayoa

para optar al grado académico de

Licenciada en Ingeniería Industrial

Guatemala

2012

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA NUEVA LÍNEA DE LLENADO
EN PLANTA MALHER, S.A., PARA CONSOMÉS Y CONDIMENTOS
EN FRASCO DE CONSUMO MASIVO**

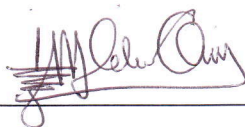
Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA NUEVA LÍNEA DE LLENADO
EN PLANTA MALHER, S.A., PARA CONSOMÉS Y CONDIMENTOS
EN FRASCO DE CONSUMO MASIVO**

Trabajo de investigación presentado por Ana Lucía Blanco Samayoa para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Industrial

Guatemala
2012

Vo.Bo.

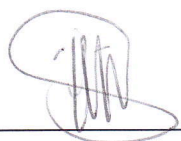
(f)  _____

Ing. José Manuel Delio

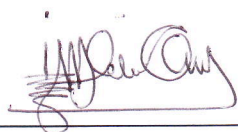
Terna Evaluadora:

(f)  _____

Ing. Ingrid de León

(f)  _____

Ing. César Silva

(f)  _____

Ing. José Manuel Delio

Fecha de aprobación: Guatemala, 3 de diciembre de 2012

Por este medio agradezco a la gente que me ayudo, me alentó a seguir trabajando,
y me brindo su conocimiento y tiempo para llevar a cabo este trabajo.

Y en especial a mi familia por el apoyo incondicional
a través de mi carrera universitaria.

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE ILUSTRACIONES	viii
LISTA DE GRÁFICAS	viii
LISTA DE DIAGRAMAS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	2
III. OBJETIVOS	4
IV. METODOLOGÍA	5
V. ANTECEDENTES	9
A. Misión.....	9
B. Visión	9
C. Ubicación	9
D. Estructura organizacional	10
E. Productos	10
F. Marcas	11
G. Descripción de categoría de especias y sazónadores	11
H. Reseña histórica	12
VI. DESCRPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL.....	14
A. Proceso productivo	14
B. Equipo utilizado.....	16
C. Equipo de protección personal (EPP).....	18
D. Diagrama de flujo de operaciones	19
E. Diagrama de recorrido	23
F. Tiempo estándar	24
F.1: Tiempos estándares actuales.....	24
F.2: Tripulación	25
VII. ANÁLISIS DE DATOS	26
A. Herramientas para identificar puntos críticos de las operaciones del proceso de empaque.....	26
B. Tiempo Takt	26
C. Análisis crítico de las operaciones.....	29
D. Análisis de mezclas	32
E. Puntos de mejora identificados en el proceso de empaque	32

VIII. PROPUESTA DE MEJORA	34
A. Maquinaria a utilizar.....	34
IX. ANÁLISIS FINANCIERO	38
A. TMAR.....	39
B. Financiamiento.....	40
C. Flujo de efectivo.....	40
D. Análisis de sensibilidad y escenarios	43
X. RESULTADOS	46
A. Tiempos estándar	46
B. Mano de obra	47
C. Maquinaria	51
D. Seguridad	52
XI. CONCLUSIONES	53
XII. RECOMENDACIONES	54
XIII. BIBLIOGRAFÍA	55
XIV. ANEXOS	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Variedad de productos Malher con su respectivo promedio de ventas anuales	2
Tabla 2: Ejemplo del formato para análisis crítico	5
Tabla 3: Principios y valores de Malher	9
Tabla 4: Descripción de actividades para el llenado y empaque de frascos	14
Tabla 5: Tiempos estándares para el llenado y empaque de consomé y especias en frasco (frascos/minuto)	24
Tabla 6: Ejemplo de tiempos takt para el producto C1	27
Tabla 7: Análisis crítico del llenado manual de frasco	30
Tabla 8: Análisis crítico del pesado manual de frasco	31
Tabla 9: Análisis crítico de colocación de tapadera y manga al frasco	31
Tabla 10: Descripción de máquina llenadora de polvos completamente automática, máquinas de llenado Rinou	35
Tabla 11: Especificaciones de la máquina tapadora de botellas portátiles ..	36
Tabla 12: Especificaciones de la máquina codificadora	37
Tabla 13: Especificaciones de la máquina transportadora	37
Tabla 14: Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento	39
Tabla 15: Pago de intereses y capital	40
Tabla 16: Flujo de efectivo a un plazo de 5 años	42
Tabla 17: Tabla resumen de análisis de sensibilidad	43
Tabla 18: Resumen de escenarios	44
Tabla 19: Tiempos estándares propuestos para el llenado y empaque de consomé y especias en frasco (frasco/minuto).....	46
Tabla 20: Tiempos del DOP por persona	56
Tabla 21: Resumen de tiempos takt	57
Tabla 22: Resumen de propiedades físico químicas	59

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Fotos sobre medición de ángulo de inclinación.....	6
Ilustración 2: Pasos a seguir para la medición de granulometrías	7
Ilustración 3: Fotos de los diferentes tamices	7
Ilustración 4: Marcas comercializadas por Malher	11
Ilustración 5: Productos Malher en frasco.....	12
Ilustración 6: Equipo utilizado actualmente para el llenado y empaque de frascos	17
Ilustración 7: Equipo de protección personal (EPP) durante la línea de llenado y empaque	20
Ilustración 8: Máquina llenadora de polvos completamente automática, máquina de llenado Rinou	34
Ilustración 9: Máquina tapadora de botellas portátiles RNXG	36
Ilustración 10: Máquina codificadora	37
Ilustración 11: Banda transportadora y mesas giratorias.....	37

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Análisis de tiempo takt para los diferentes productos analizados .	28
Gráfica 2: Tiempo takt del promedio de las actividades del proceso.....	29
Gráfica 3: Análisis de sensibilidad	44
Gráfica 4: Layout de planta	60
Gráfica 5: Layout con medidas	61

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Diagrama de operaciones DOP para llenado y empaque de consomé en frasco.....	21
Diagrama 2: Diagrama de operaciones DOP para llenado y empaque de especias en frasco	22
Diagrama 3: Diagrama de recorrido proceso actual	23
Diagrama 4: Diagrama de operaciones DOP propuesto para llenado y empaque de consomé en frasco.....	49
Diagrama 5: Diagrama de operaciones DOP propuesto para llenado y empaque de especias en frasco	50
Diagrama 6: Diagrama de recorrido propuesto.....	51

RESUMEN

Este trabajo consiste en un estudio de factibilidad de una línea de llenado y empaque de consomé y condimentos en la fábrica de alimentos Malher S.A. la cual cuenta con instalaciones en zona 12 Avenida Petapa y otra planta en Chimaltenango, llamada INCOSA.

El estudio consiste en tres partes: En la primera parte se determina la situación actual realizando un estudio de tiempos, para conocer los estándares de producción y llevar a cabo un análisis crítico del cual se extraerán propuestas de mejora. En la segunda parte, se establecen los métodos para la automatización de la línea cubriendo las propuestas de mejora que permitan elevar los estándares de calidad y producción. Adicional, se llevó a cabo un análisis físico químico de las mezclas para una mejor selección del equipo asegurando la óptima fluidez del producto.

La tercera parte consiste en un estudio financiero en el cual se evalúa la automatización de la línea, realizando estimaciones de tiempos con la nueva maquinaria para evaluar la tripulación y capacidad de producción y definir si es rentable llevar a cabo el proyecto.

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo trata de alcanzar la automatización del llenado y empaque de frascos para consomés y condimentos, con el fin de minimizar la mano de obra en la línea, además de maximizar la capacidad de producción; ya que se quiere efectuar la producción de nuevas variedades de condimentos, además de la producción de todos los productos bajo la marca Maggi, gracias a la creación de la nueva asociación MALHER – NESTLÉ.

A lo largo del trabajo se conocerá acerca del proceso de producción actual del llenado y empaque de frascos realizando un estudio de tiempos, para luego aplicar un estudio técnico evaluando de forma metódica los puntos que se encuentran deficientes en la línea y proponer acciones de mejora, como lo es la automatización.

Con la nueva implementación de la maquinaria propuesta y los tiempos estimados de fabricación, se propondrá una nueva distribución de la línea y nuevos estándares de producción.

Además con el estudio de factibilidad, se puede observar una reducción de mano de obra significativa; más del 50% de reducción de costos a partir de la mano de obra. Además de un aumento de producción de cuatro veces la capacidad actual de la línea.

II. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en el área de producción de Malher S.A. se cuenta con un proceso manual para el llenado de consomé y condimentos en frasco.

En la tabla siguiente se presentan los diferentes productos con su respectivo pronóstico de ventas anuales, la cual es dada en cantidad de fardos requeridos por la demanda.

Tabla 1: Variedad de productos Malher con su respectivo promedio de ventas anuales

PRODUCTO	PROMEDIO DE VENTAS ANUALES
C1	64,260
C2	53,970
E1	68,145
E2	58,275
E3	62,843
E4	30,083
E5	55,283
E6	63,893
E7	48,458
E8	43,523
E9	176,400
E10	175,350
E11	176,400
E12	175,613
E13	117,600
E14	176,400
E15	22,365
E16	19,898
E17	26,723
E18	24,465
E19	25,568
TOTAL FARDOS	1,665,510

El departamento de producción desea evaluar la necesidad de una línea de llenado automatizada u otras alternativas dado que, la demanda mensual de los productos a analizar es aproximadamente un promedio de 6,600 fardos al mes, de todos los SKU (*Stock-keeping Unit/número de referencia*) con los que cuenta Malher. Y cada fardo contiene 12 frascos, los cuales se deben de producir durante todo el mes.

Con la integración de una línea automatizada se quiere lograr: 1. Reducir el tiempo de producción para abastecer la demanda mensual de los 21 SKU bajo la marca Malher y Maggi. 2. Disminuir los costos de mano de obra ya que actualmente se necesita de 7 personas para el llenado de frascos, indiferentemente de la variedad que se está produciendo, por lo que se le podría dar una mejor distribución y uso de la misma.

III. OBJETIVOS

A. Generales:

Realizar un estudio de factibilidad que demuestre lo económicamente viable que puede resultar la inversión del montaje de una línea de llenado de consomés y condimentos en frasco para el consumo masivo.

B. Específicos

- Establecer estándares de eficiencias y velocidades, al automatizar la línea de manuales.
- Realizar un estudio económico, evaluando en cuánto tiempo se recupera la inversión y si es rentable.
- Optimizar los costos de mano de obra en las líneas de llenado a estudiar en un 43%.
- Optimizar los tiempos de producción necesarios en un 40% para el adecuado abastecimiento de la demanda.

IV. METODOLOGÍA

En la primera etapa se presenta el proceso actual para la elaboración de consomés y condimentos MALHER y MAGGI en frasco, para tener una idea general del desempeño de la línea.

Como primer paso se realiza un análisis del estado actual del proceso, por medio de un diagrama de operaciones del proceso DOP Actual. Luego, se toman tiempos de las actividades de llenado y empaque de las diferentes variedades de consomé y condimentos en frasco. Los cuales se registran, estudian y se observa la actividad que representa el cuello de botella. Conjunto se lleva a cabo un análisis crítico de las actividades del proceso, y se documentan en la siguiente tabla, para ver mejoras a implementar en la línea.

Tabla 2: Ejemplo del formato para análisis crítico

	Análisis	Resultados/Mejoras
Qué		
Dónde		
Cuándo		
Quién		
Cómo		

Formato: Análisis crítico

Se analizan los datos actuales, a través del tiempo takt para poder evaluar cual de las diferentes tareas de llenado no cumple con el objetivo del ritmo de la línea, al evaluar la cantidad requerida de frascos por el tiempo disponible de producción. Además al evaluar los tiempos actuales y establecer propuestas, se puede dar no solo una reducción en costos sino que un aumento en productividad y un menor tiempo de abastecimiento de la demanda.

Al tener los tiempos y costos de la línea actual, se realiza una búsqueda de maquinaria y/o equipo automatizado para el llenado de los diferentes SKU, se

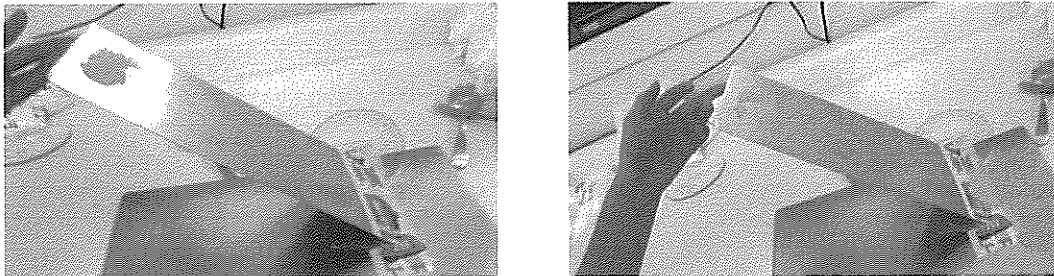
cotiza con varios proveedores para elegir la que presente un menor costo y que se acomode mejor con las necesidades de producción.

Además para la elección maquinaria se realiza un estudio de las mezclas para conocer a fondo de que forma éstas corren mejor en la maquinaria para su óptimo desempeño.

Las características fisicoquímicas más influyentes son el ángulo de reposo y la granulometría de las mezclas.

Para el cálculo del ángulo de reposo se utilizó una aparato que consistía en dos tablas de metales y un transportador.

Ilustración 1: Fotos sobre medición de ángulo de inclinación



Se colocan 5 gramos de la mezcla a analizar tomando los datos de los ángulos iniciales y finales de la mezcla.

Los ángulos de reposo sirven para saber el ángulo que la mezcla necesita para deslizarse por la tolva , deslizando así toda la mezcla, evitando merma.

El análisis de granulometrías, es un método físico para la separación de granos por tamaño.

Para realizar el tamizado se utiliza una serie de tamices de diferentes diámetros los cuales son ensamblados, luego se coloca 100 gramos de la mezcla que se desea analizar en el tamiz superior, el cual tiene el mayor diámetro. Luego la columna de tamices se coloca en la máquina de tamizado sometándose a vibración y movimientos rotatorios intensos durante 3 minutos.

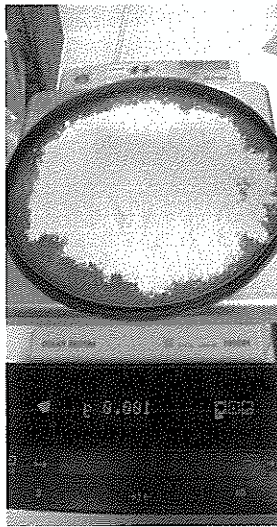
Luego cada tamiz es pesado para obtener por separado los pesos del material retenido en cada uno de los tamices.

Conocer la granulometría de la mezcla ayuda a saber que tan volátil puede resultar la mezcla a la hora de trabajar en máquina ya que entre más polvosa resulte más volátil y difícil de trabajar será la mezcla.

Para medir la granulometría de las mezclas se deben seguir los siguientes pasos:

Ilustración 2: Pasos a seguir para la medición de granulometrías

PASO 1



Se pesan 100 gramos

PASO 2



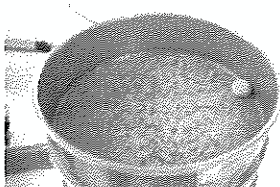
La mezcla es tamizada durante 3 minutos.

PASO 3

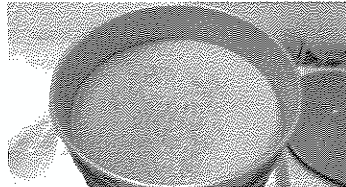


Se pesa cada tamiz para ver el porcentaje de mezcla que quedo en cada uno

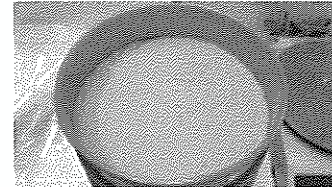
Ilustración 3: Fotos de los diferentes tamices



Tamiz no. 20

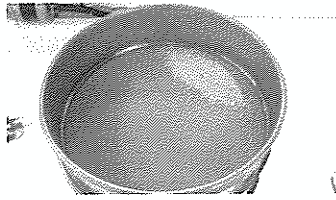


Tamiz no. 40

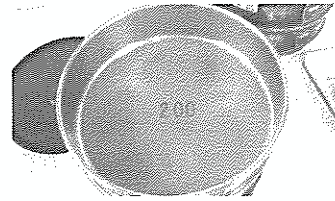


Tamiz no. 80

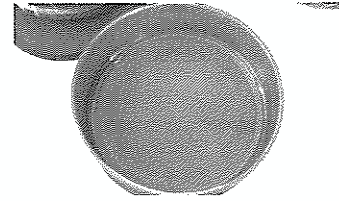
Continuación de ilustración 3



Tamiz no. 100



Tamiz no. 200



Plato

Finalmente, se realiza una comparación entre costos del proceso actual y el propuesto, tanto de mano de obra como de energía/electricidad y materia prima a utilizar.

Para realizar el estudio de costos se hace una proyección a cinco años plazo, dependiendo de la demanda actual y proyectada del producto a analizar. También se realiza un estudio en base a la demanda sobre el retorno de inversión en la línea de producción así como el tiempo en el que se espera recuperar dicha inversión.

V. ANTECEDENTES

A. Misión

Producimos y comercializamos alimentos y bebidas de alta calidad y fácil preparación para satisfacer a los consumidores.

B. Visión

Ser la empresa de alimentos más reconocida y exitosa de la región y mercados adyacentes, con innovación, calidad y flexibilidad, siendo líderes en donde participamos, logrando que todos consuman nuestras marcas.

Tabla 3: Principios y valores de Malher

PRINCIPIOS	VALORES
Servir al cliente con excelencia	Integridad
Ser una empresa creativa e innovadora	Lealtad
Trabajar en equipo	Honestidad
Mejorar continuamente	Respeto
Actuar con responsabilidad	

“Filosofía central de MALHER: Trabajo en equipo como una familia para complacer a todos los consumidores.”¹

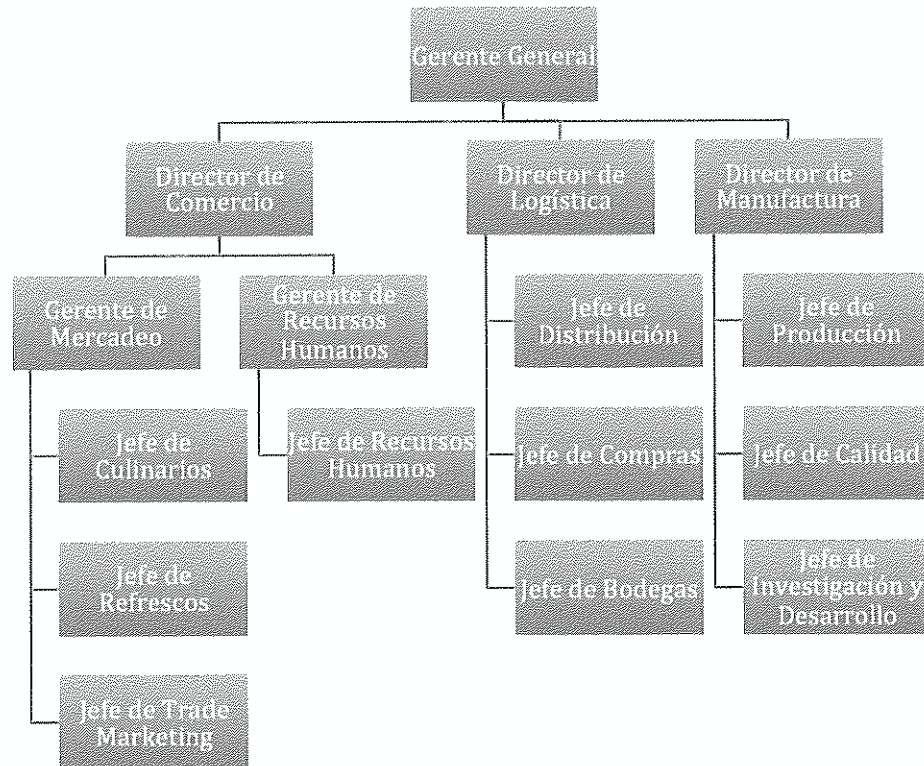
C. Ubicación

Planta Malher
48 Calle 15-74 zona 12,
Guatemala. C.A. 01012

Planta INCOSA
Industrias Consolidadas de Occidente,
S.A. Km 50.2 Carretera Interamericana,
El Tejar, Chimaltenango

¹ <http://www.malher.com/quienes.php>

D. Estructura organizacional



E. Productos

Consomé, el cual con una participación en el mercado del 93.2%, muestra ser el producto líder del mercado guatemalteco. Bebidas instantáneas en polvo con la marca YUS la cual es líder de refrescos en polvo en Guatemala, frijoles enlatados, chiles jalapeños en escabeche enlatados, confitería, bases para comidas guatemaltecas, sopas y cremas, especias, puré de papa.

F. Marcas

Ilustración 4: Marcas comercializadas por Malher



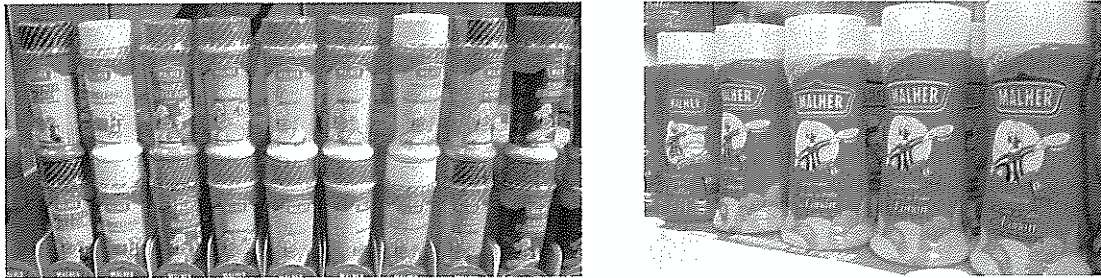
Este grupo de marcas son las que se producen en Malher e INCOSA, las cuales son para comercializar dentro de Guatemala y algunas otras que son propiamente para exportación.

G. Descripción de categoría de especias y sazónadores

La categoría de especias y sazónadores actualmente mantiene el liderazgo con un MS (Market Share/ Participación en el mercado) del 80% en el mercado de Guatemala.

Dentro del portafolio de especias y sazónadores en frasco se pueden encontrar diferentes variedades: Sazón Completa, Condimento Amarillo, Canela en Polvo, Chile Cobanero, Pimienta Negra, Sal de Cebolla, Sal de Ajo, Sazonador, Nuez Moscada, Ajo Molido, Albahaca, Tomillo y Orégano.

Ilustración 5: Productos Malher en frasco



Las regiones a las que se distribuye el producto estudiado son: área central, Petén, supermercados, nor-oriente y sur-oriente, a través de distintos canales de distribución como lo es detallista, mayorista, mercados- especiales, auto-servicio y tercerizado.

La categoría de especias y sazónadores, presenta un futuro prometedor, el cual se puede respaldar con el incremento de cuatro puntos de participación en supermercados con las nuevas variedades (Nuez Moscada, Ajo Molido, Albahaca, Tomillo y Orégano) de Especias y Sazonadores, pasando de un 39% a 43.3%, reafirmando así el liderazgo en supermercados.

Los datos presentados, tanto de demanda, como de participación en el mercado son datos obtenidos únicamente de la región de Guatemala, los cuales se pretenden aumentar en un 10%, así como en el mercado internacional; las cuales en conjunto con la nueva asociación MALHER - NESTLÉ es posible, al aprovechar la fuerza local que NESTLÉ tiene en cada uno de los países en Centro América. *(Fuente: Revista Interna Malher)*

H. Reseña histórica

Malher S.A. tuvo sus inicios el 21 de julio de 1957 fundada por Don Miguel Ángel Maldonado y su esposa, Doña María García bajo el sueño de formar una empresa que diera sustento a su familia.

Las gelatinas fue el primer producto que marcó la trayectoria empresarial de la pareja. Pronto siguieron productos como blanqueador “REX” y un refresco

instantáneo en polvo, llamado "KU KU", seguidos por los famosos chiles jalapeños en escabeche, la sopita de fideos, pionera en el mundo guatemalteco.

Después de un incendio en la abarrotería Los Chompipitos, la primera fábrica, se traslada la empresa a la Avenida Bolívar. Luego, por el rápido crecimiento se hizo un nuevo traslado a las instalaciones actuales en Avenida Petapa.

La primera empacadora con la que se contó fue la de sopas y consomés. Editorial España otorga el trofeo internacional de calidad.

Actualmente se procesan y distribuyen 16 familias de productos por más de 100,000 puntos de venta. Malher cuenta con distribución en Estados Unidos, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Belice, México, Cuba y Haití. Malher cuenta con más de mil empleados en diez países.

VI. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL

En este trabajo se estudia el proceso de llenado y empaque de Consomé de Pollo Malher y condimentos Malher y Maggi en frasco. La cual es una presentación práctica, útil y duradera para los consumidores.

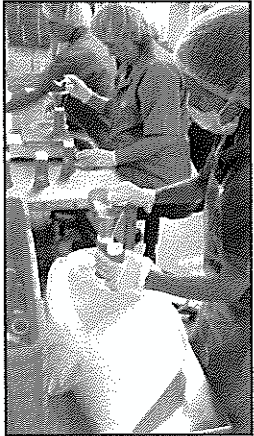
A. Proceso productivo

La primera parte del proceso de llenado y empaque de consomé de pollo y condimentos en frasco se encuentra la requisición de materiales. Los cuales son solicitados a bodega de material de empaque dependiendo de la programación de planificación la cual se basa en los requerimientos del departamento de ventas.


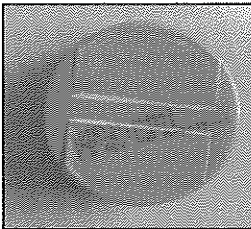
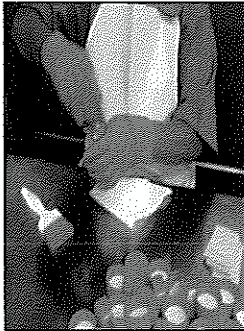


Luego que los materiales son llevados al área de manuales, se forma la línea de llenado la cual consta de dos líneas simultáneas como se observa en el diagrama de recorrido. (ver: página 24).

El proceso actual de llenado y empaque de la categoría de Especies y Sazonadores Malher y Maggi, cuenta con una tripulación de 7 personas, las cuales como parte de división del trabajo, tiene diferentes tareas asignadas como se describe a continuación:


Tabla 4: Descripción de actividades para el llenado y empaque de frascos

DESCRIPCIÓN	
Llenado de frasco	
El llenado de frasco se realiza manualmente por una persona con la utilización de un embudo que se coloca sobre el frasco y un cucharón para llenar el frasco, hasta la medida que éste lo requiera dependiendo del gramaje que lleve dicha variedad de especias y sazónadores.	

Continuación de Tabla 4

<p>Pesado de frasco</p> <p>Las diferentes variedades de frascos contienen distintas cantidades de gramaje y cada vez se verifica el peso de todos los frascos.</p>	
<p>Codificación</p> <p>Esta parte del proceso es externo, ya que no se hace dentro de la línea sino que las tapaderas son llevadas con la codificación previa.</p>	
<p>Colocación de tapadera</p> <p>Después del pesado de los frascos, los operadores encargados en colocar la tapadera, limpian el frasco con una brochita, en especial con productos demasiado polvosos como lo es la Sal de Ajo la cual ensucia con facilidad el frasco. Después de la limpieza del frasco es colocada la tapadera.</p>	
<p>Colocación del sello de garantía</p> <p>Alrededor de la tapadera se coloca una manga termoencogible para garantizar el sellado y empaçado del frasco, el cual es colocado por medio de una secadora industrial.</p>	
<p>Enfardado</p> <p>Al final de la línea se encuentra el operador que se encuentra enfardando los frascos, en fardos de 12 unidades.</p>	

Continuación de Tabla 4

DESCRIPCIÓN	
<p>Enfardado</p> <p>Al final de la línea se encuentra el operador que se encuentra enfardando los frascos, en fardos de 12 unidades.</p>	

La persona que se encuentra codificando las tapaderas con la respectiva fecha de llenado, y lote de producción, es externa al proceso de producción ya que no se encuentra directamente en la línea.

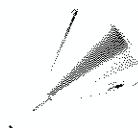
Al finalizar el llenado de frascos, los fardos son colocados en una tarima para su posterior traslado hacia bodega de producto terminado.

Normalmente el traslado de los productos a bodega de producto terminado es a través de la banda transportadora, únicamente los productos que son del área de manuales son llevados por los operadores hacia la bodega.

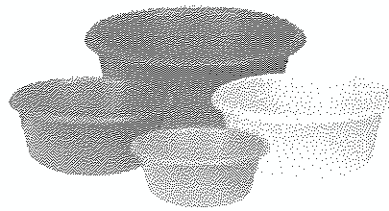
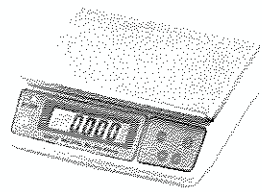
B. Equipo utilizado

El proceso actual de llenado de bote es totalmente manual, por lo que la maquinaria utilizada consta de:

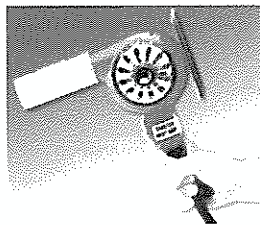
Embudo, para el llenado de bote



Pesas y platos hondos, se requieren dos pesas para evaluar el peso del frasco. De no cumplir con el gramaje establecido, los operadores de las pesas se encargan de llevar los frascos al peso correcto, con el abastecimiento de mezcla ubicada en los platos hondos a la par de cada pesa.



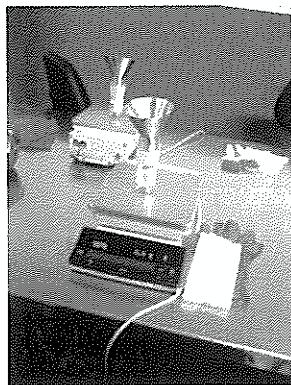
Para las especias y sazonadores, a las cuales se les coloca la manga termoencogible como sello de garantía y demostrar la inocuidad del producto; es necesario la utilización de una **secadora industrial**.



Además también se tiene el uso de **sillas**, las cuales evaluadas ergonómicamente cumplen con el fin de obtener la mayor eficiencia de la línea.



Ilustración 6: Equipo utilizado actualmente para el llenado y empaque de frascos



C. Equipo de protección personal (EPP)

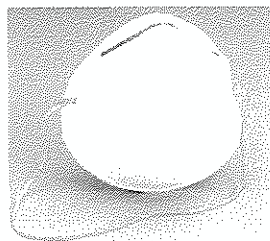
Malher es una planta de alimentos, la cual se rige por el decreto 3075/97, *Buenas prácticas de Manufactura (BMP'S)*. Las BMP'S son principios básicos y prácticas utilizadas en plantas de alimentos para garantizar la higiene en la preparación, manipulación, empaque, almacenamiento y distribución. Por lo que la utilización del equipo de protección personal es de máxima importancia para la inocuidad y calidad del producto garantizando así la satisfacción del cliente. Y al mismo tiempo cuidar de la salud del cliente interno. Al mantener un ambiente saludable y fuera de contaminación.

Para el área de manuales propiamente, es necesario la utilización de:

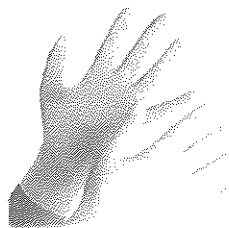
- **Cofia o redecilla** (protección de cabeza): Cubre el cabello evitando la contaminación del alimento.



- **Mascarilla** (protección respiratoria): Se utilizan para protegerse de bacterias, virus, polvo, etc. Y lo más importante es que mantiene los alimentos lo menos contaminados.



- **Guantes** (protección de manos): Ayuda a no contaminar los alimentos con bacterias y a proteger las manos.



- **Delantal/gabacha** (protección de cuerpo): Ayuda a que el alimento no se contamine y protege las prendas contra granos y/o mezcla.



Ilustración 7: Equipo de protección personal (EPP) durante la línea de llenado y empaque.



D. Diagrama de flujo de operaciones

A continuación se muestra el proceso anteriormente descrito en Tabla 4, para lo que es consomés (*ver: Diagrama 1*), y especias (*ver: Diagrama 2*), con la secuencia cronológica de las operaciones, inspecciones, tiempos y tripulación, a través de un diagrama de proceso operativo.

Se presenta un ejemplo del detalle del cálculo de los tiempos presentados en el diagrama del proceso operativo.

o Operación #1 : Llenado de frasco

Tiempo por operaria = 6.6 s/frasco

Tiempo por operación = $\frac{\text{Tiempo por operaria}}{\text{Personas por operación}}$

Tiempo por operación = $\frac{6.6 \text{ s/frasco}}{1 \text{ Persona}} = 6.6 \text{ s/frasco}$

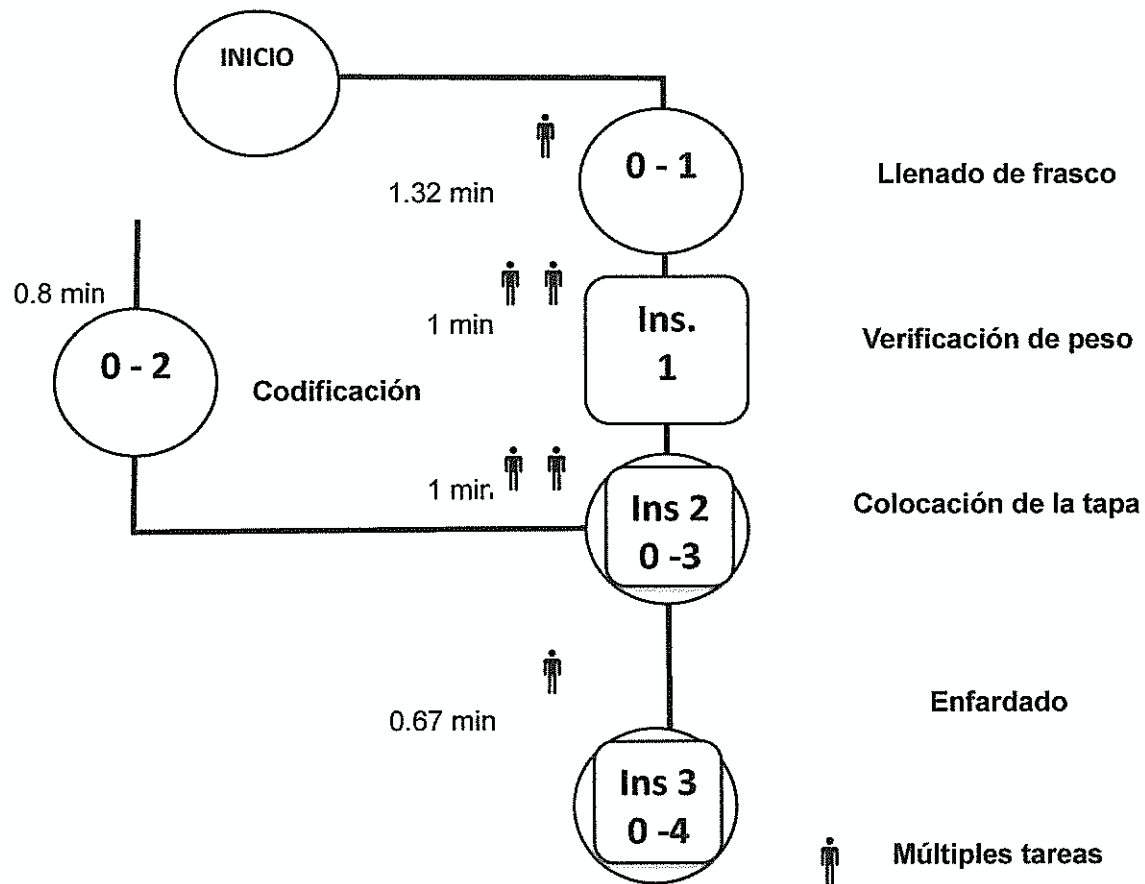
Tiempo por 12 frascos (1 fardo) = 1.32 minutos/fardo

6.6 s	→	1 frasco
79.2 s	→	12 frascos
60 s	→	1 minuto
79.2 s	→	1.32 minutos

Para los demás tiempos de cada operación (por persona) en el proceso de empaque, ver Tabla 20, en anexos.

Diagrama 1: Diagrama de operaciones DOP para llenado y empaque de consomé en frasco

Malher S.A.
 Diagrama de procesos operativos
 Proceso actual de llenado y empaque de Consomé en frasco
 Manufactura, producción 2012
 Dibujado por: A.L.B.S.



Resumen

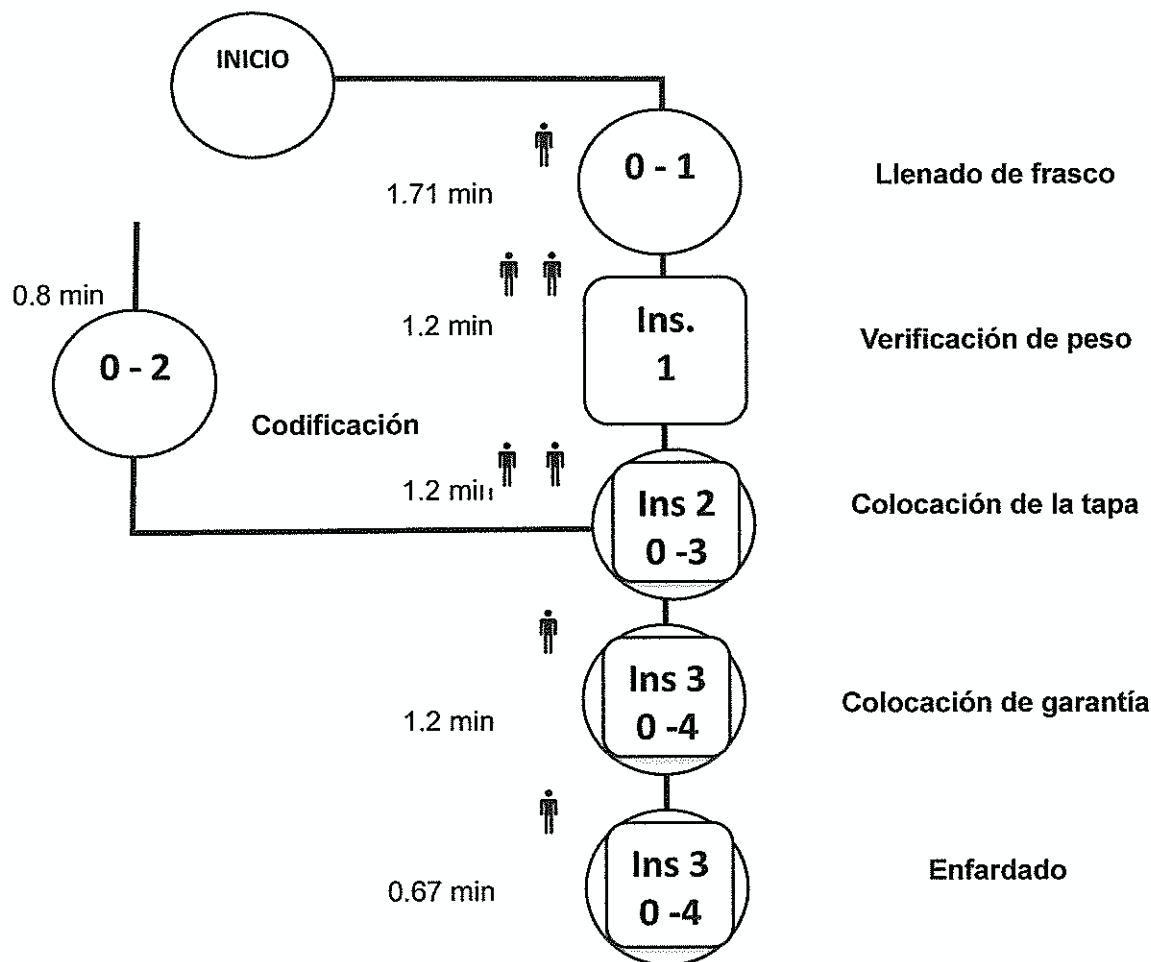
Actividad	Duración
Operación	2.12 min
Inspección	1 min
Operación e Inspección	1.67 min

Los tiempos mostrados, es el tiempo requerido para la realización de 1 fardo (12 frascos)

La simbología utilizada en el diagrama de flujo, es ASEM (*American Society of Mechanical Enginners*) - La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

Diagrama 2: Diagrama de operaciones DOP para llenado y empaque de especias en frasco

Malher S.A.
 Diagrama de procesos operativos
 Proceso actual de llenado y empaque de Especias en frasco
 Manufactura, producción 2012
 Dibujado por: A.L.B.S.



Resumen

Actividad	Duración
Operación	2.51 min
Inspección	1.2 min
Operación e Inspección	3.07 min

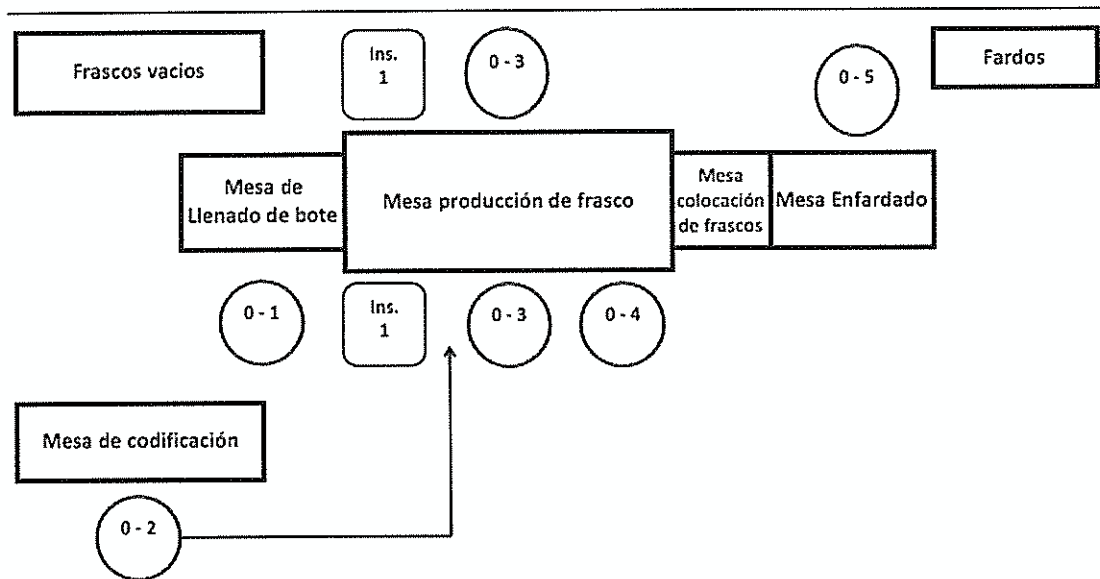
Los tiempos mostrados, es el tiempo requerido para la realización de 1 fardo (12 frascos)

La simbología utilizada en el diagrama de flujo, es ASEM (*American Society of Mechanical Enginners*) - La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

E. Diagrama de recorrido

A continuación se presenta el diagrama de recorrido, para representar de forma gráfica la ubicación de las operaciones del empaque y llenado de frascos en el plano de distribución.

Diagrama 3: Diagrama de recorrido proceso actual



Este es el diagrama de recorrido actual del proceso. Los cuadrados representan las estaciones de inspección del trabajo y los círculos son las operaciones.

A continuación se describe cada una:

0 – 1: Estación de llenado

0 – 2: Estación de codificación (proceso fuera de la línea de llenado por lo que es una persona extra a la tripulación de llenado de frascos)

0 – 3: Estación de colocación de tapadera

0 – 4: Estación de colocación de sello de garantía (aplica solo para los frascos de especias)

0 – 5: Estación de enfardado

Ins. 1: Estación de verificación de peso

F. Tiempo estándar

Los tiempos estándar son vitales para la producción. Son utilizados como un patón para medir la eficiencia productiva de dicha tarea y además de indicar lo que puede producirse en un día normal ayuda a mejorar la calidad del proceso.

1: Tiempos estándares actuales. A continuación se presentan los tiempos tomados de la línea actual de producción, para las diferentes variedades de consomé y condimentos que se trabajan en Malher.

Tabla 5: Tiempos estándares para el llenado y empaque de consomé y especias en frasco (frascos/minuto)

Producto	Llenado	Pesado	Tapadera	Manga	Enfardado	Tiempo Estándar frascos/minuto	Tiempo Estándar Fracos/hora	Tiempo Estándar Fardos/hora
C 1	9	6	5.1	0	18	5	290.7	24
C 2	9	6	5.1	0	18	5	290.7	24
E 1	8	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 2	8	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 3	8	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 4	8	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 5	8	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 6	8	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 7	8	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 8	8	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 9	6	4	3.6	3.6	18	3	205.2	17
E 10	6	4	3.6	3.6	18	3	205.2	17
E 11	6	4	3.6	3.6	18	3	205.2	17
E 12	8	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 13	8	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 14	8	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 15	8	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 16	8	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 17	8	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 18	7	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21
E 19	7	5	4.5	4.5	18	4	256.5	21

Los estándares de producción se calcularon a través de la toma de tiempos con cronómetro, bajo el método de regreso a cero. Para obtener el tiempo estándar por producto se tomo en cuenta el tiempo normal más un porcentaje de tolerancia.

La tolerancia es un porcentaje del margen que se le da a los operadores por sus necesidades, en este caso se tomo un porcentaje del 5% en el cual se incluye: la fatiga, las necesidades personales y fallas en maquinaria y equipo.

El tiempo normal se obtuvo del tiempo promedio de los tiempos cronometrados multiplicado por el FV (factor de valoración del esfuerzo o calificación del esfuerzo) que hizo el operador cuando realizó la operación o el trabajo.

El FV para las tareas del llenado y pesado fue del 100%, ya que la velocidad con la que se realizaron se considera normal. En cambio para lo que es la colocación de la tapadera y manga el FV fue de 90%, ya que se hizo más lento por los operadores.

A continuación se muestra un ejemplo, producto E1, del cálculo que se realizó para obtener los tiempos estándares actuales. En el cual se toma un porcentaje del factor de valoración del 85% ya que se realiza en una velocidad menor debido al cuello de botella que se genera en la estación de pesado. Y el porcentaje de tolerancia, para este ejemplo en específico, es de 95% debido a las necesidades personales.

$$TN = \text{Tiempo promedio} * \text{Factor de valoración}$$

$$TN = 5 \text{ frascos} * 85\%$$

$$TN = 4.5 \text{ frascos/minuto}$$

$$TE = \text{Tiempo Estándar}$$

$$TE = TN * \% \text{ Tolerancia}$$

$$TE = 4.5 * 95\%$$

$$TE = 4.3 \text{ frascos/minuto}$$

2: Tripulación. En el proceso actual de llenado y empaque de frascos, se toma en cuenta una tripulación de siete personas, las cuales tiene diferentes tareas y están descritas en Tabla 4.

VII. ANÁLISIS DE DATOS

A. Herramientas para identificar puntos críticos de las operaciones del proceso de empaque

Las herramientas utilizadas para el análisis de los puntos de mejora de la operación de llenado y empaque de frascos para consomé y especias son: Tiempo takt (tiempo de ciclo), el cual ayudará a calcular el ritmo de trabajo de la línea necesario para abastecer la demanda en el tiempo disponible durante el día para trabajar dichos productos; y tablas del análisis crítico de la operación.

Además se realizaron análisis a las mezclas que se desean llenar en frasco que a la hora que se demuestre la viabilidad del montaje de una línea de llenado de consomés y condimentos en frasco, se tengan as dimensiones óptimas de la tova que facilite una buena maquinabilidad de las mezclas.

B. Tiempo Takt

Se realizó un análisis de tiempos a través de un estudio de ritmo de producción (tiempo takt), el cual ayuda a observar que actividades de la línea de llenado y empaque de consomé y condimentos en frasco sobrepasan el tiempo takt o tiempo de ciclo, afectando el plazo establecido de las operaciones, identificándolas como las operaciones críticas. Se debe evaluar el desempeño de la línea y determinar el tiempo necesario de cada operación del llenado de frascos para cubrir la demanda utilizando únicamente 8 horas diarias.

Para el cálculo del tiempo takt se utilizaron los siguientes datos:

- La demanda diaria del producto
- Los minutos trabajados diariamente

A continuación se presenta un ejemplo del cálculo del tiempo takt, para el producto C1:

- Demanda diaria del producto C1 : Es de 206 fardos
- Minutos trabajados diariamente: 435 minutos

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{N_m}{N_p} = \frac{\text{minutos_trabajados_día}}{\text{unidades_demandadas_día}} = \frac{435}{206} = 2.11 \text{ minutos / fardo}$$

De igual manera se hicieron todos los cálculos para cada uno de los SKU analizados, como se muestra en la Gráfica 1. Y la Gráfica 2 representa un promedio de todos los productos.

La línea azul de la Gráfica 1, es el tiempo takt, es decir, el ritmo de trabajo de la línea de producción de frascos para poder abastecer la demanda diaria que se requiere de cada producto durante el mes. Por ejemplo, el producto C1, tiene un tiempo takt de 2.1 minutos por fardo sin embargo, la actividad de llenado sobrepasa el tiempo takt ya que necesita 2.2 minutos por fardo para el llenado. A diferencia de las demás actividades que están bajo el tiempo takt, como se muestra en la siguiente tabla:

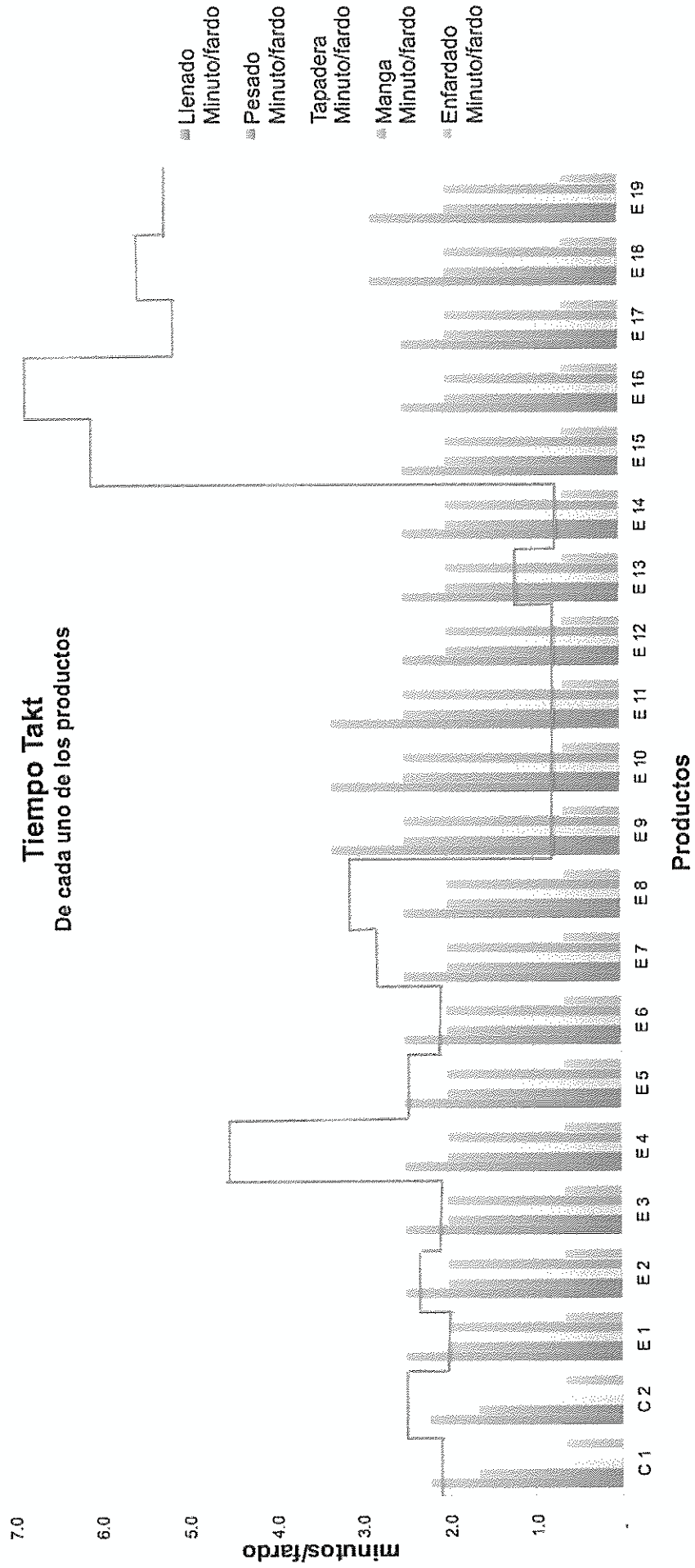
Tabla 6: Ejemplo de tiempos takt para el producto C1

PRODUCTO	TIEMPO TAKT Minuto/fardo	Llenado Minuto/fardo	Pesado Minuto/fardo	Tapadera Minuto/fardo	Manga Minuto/fardo	Enfardado Minuto/fardo
C 1	2.1	2.2	1.7	1.7	-	0.7

Se puede ver en la Gráfica 1 (Análisis de tiempo takt para los diferentes productos analizados, pg. 28) que en un 48% del total de variedades estudiadas, no cumplen con el ritmo de producción necesario para cubrir la demanda. Es por esto que es necesario trabajar 12 horas, 15 horas y hasta 24 horas para lograr cubrir la demanda del producto. Esto provoca un alza en el costo, ya que el costo de mano de obra se ve afectado por las horas extras que se deben de pagar.

Las actividades críticas que se obtienen al observar la Gráfica 1, es la del llenado con un 100%, de las que sobrepasan el tiempo de producción. Esto puede deberse a que es una actividad que según la volatilidad de la mezcla es más fácil o difícil el llenado. El pesado, colocación de tapa y garantía en promedio se encuentran dentro del tiempo takt ya que el ritmo de la producción lo establece el llenado y las demás actividades se realizan con una mayor facilidad.

Gráfica 1: Análisis de tiempo takt para los diferentes productos analizados

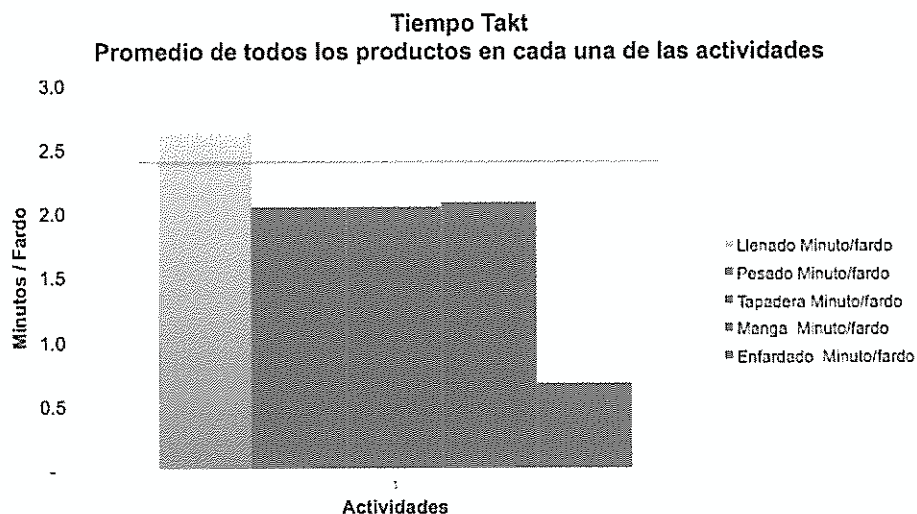


El eje Y representa los minutos necesarios para cada actividad del llenado de un fardo y así poder abastecer la demanda por día de cada producto. Y el eje X representan los diferentes productos estudiados bajo la marca Malher y Maggi, ambos para Guatemala y en el caso de Maggi el mercado internacional.

En la Gráfica 1, se presenta una gran variedad del tiempo takt, según variedad, esto es debido a la diferencia que se presenta en la demanda de los productos. Por ejemplo, los productos C2, E4, E7, E8, E15 y E16 están bajo el tiempo takt, ya que la demanda requerida por mes es baja. Al igual que los productos E17 – E19, ya que son nuevas variedades que se trabajan en Malher y se tiene que ajustar la demanda de acuerdo a la aceptación del consumidor en su lanzamiento. El resto de las variedades de C1, E1, E2, E3, E6 y de E9 – E14, ya están altamente posicionadas en el mercado y la demanda es alta. Sin embargo, éstas actualmente se comercializan únicamente en Guatemala.

A continuación se presenta una gráfica la cual muestra en forma general cual de las actividades de proceso se encuentran fuera del ritmo de producción. Ésta gráfica se obtiene de un promedio de todas las variedades.

Gráfica 2: Tiempo takt del promedio de las actividades del proceso



C. Análisis crítico de las operaciones

El análisis crítico ayuda a examinar de una manera más metódica las estaciones de trabajo y poder proponer mejoras o bien automatizar el proceso.

El propósito del análisis crítico es identificar los puntos de mejora de los procesos, al igual que los puntos improductivos en la operación, además sugerir cambios, eliminaciones, nuevas implementaciones de maquinaria, etc.

Para que el análisis sea más enriquecedor se deben responder 5 preguntas:

Qué, describe la operación y el propósito de la misma; dónde, el lugar donde se lleva a cabo; cuándo, la secuencia; quien, el operador y cantidad de personas; y por último el cómo, la manera en que se realiza la operación.

Estas preguntas se realizan con el propósito de describir de una mejor manera la operación.

A continuación se presentan las tablas del análisis crítico de las operaciones.

Tabla 7: Análisis crítico del llenado manual de frasco

	Análisis	Resultados/Mejoras
Qué	Llenado de frasco	
Dónde	Al inicio de la línea	
Cuándo	Después de recepción de materiales	
Quién	Operario	
Cómo	De forma manual se realiza el llenado, con un embudo y un cucharón, se llenan dos frascos juntos. La actividad se realiza de pie para una mayor eficiencia en el llenado.	Cotizar una máquina para automatizar el proceso y de esa manera la persona ya no este únicamente parada llenando sino que tener una mayor movilidad.

Tabla 8: Análisis crítico del pesado manual de frasco

	Análisis	Resultados/Mejoras
Qué	Revisión de pesos	
Dónde	Al medio de la línea	
Cuándo	Después del llenado	
Quién	2 Operarios	
Cómo	Ambos operarios se encuentran sentados con una pesa, un embudo y un recipiente hondo con mezcla para abastecimiento del frasco si este no llega a el peso requerido.	Al momento de automatizar el llenado, se puede colocar un sensor de pase. Para que así el operador solo vaya monitoreando cada cierto tiempo que no varían los pesos.

Tabla 9: Análisis crítico de colocación de tapadera y manga al frasco

	Análisis	Resultados/Mejoras
Qué	Colocación de tapadera y manga	
Dónde	Al medio de la línea	
Cuándo	Después de la medición de peso y de la codificación de tapadera.	Hay un cierto atraso debido a que se esperan los frascos que son pesados, por lo que la colocación de tapadera podría hacerse el doble de lo que hace actualmente.
Quién	2 operadores colocando tapadera y 1 operador colocando el sello de garantía.	
Cómo	Se encuentran ya sea parados o sentados, cada quien de acuerdo a su comodidad.	

D. Análisis de mezclas

De acuerdo al análisis crítico y resultados del tiempo takt, se observó la necesidad de una máquina llenadora para automatizar el proceso, ya que al momento de agregar las especias Maggi, sería más difícil darse abasto con un proceso manual. Por lo tanto, para la búsqueda de la máquina adecuada para cada una de las diferentes variedades que se manejan se realizó un análisis de físico químico de las mezclas, para poder garantizar y conocer mejor el funcionamiento de la mezcla dentro de la máquina, generando así una mayor fluidez y desempeño de la misma, evitando la merma. Los análisis físico químicos realizados a las mezclas fueron ángulo de inclinación y granulometrías. El ángulo de inclinación nos proporciona el ángulo adecuado que debe tener la tova de abastecimiento de la máquina para su óptima fluidez y evitar paros. El óptimo ángulo de la tolva es 68° , el cual se tomo por ser el ángulo mayor que necesitan las mezclas más complicadas para su deslizamiento.

E. Puntos de mejora identificados en el proceso de empaque

A través del análisis crítico, tiempo takt y los estándares de producción actuales anteriormente presentados, se pueden observar distintas áreas de mejora en el proceso de llenado y empaque de frascos de las cuales podemos mencionar las siguientes:

- Falta de personal para completar la línea como lo requiere los estándares de producción. Ya que hay veces que debido al número de personal requerido no se cuenta con la tripulación exacta por lo que cada operario debe desempeñar diferentes tareas para sacar la producción.
- La falta de organización y orden dentro de la línea de llenado y empaque, lleva a una falta de materiales o materiales en mal estado. Por lo que es importante establecer un lugar apropiado para cada uno de los materiales a utilizar. Además se debe mantener la limpieza adecuada en el lugar donde se trabaja y desarrollar el proceso de manera más eficiente, a través de la estandarización y disciplina.
- Se toma mucho tiempo para verificar los pesos y entregar un producto de calidad, cuando debería de entregarse un producto con altos estándares desde el inicio y no verificar cada peso, abarcando mucho tiempo.

- Lesiones a largo plazo ya que un proceso repetitivo puede causar lesiones, afectando la salud del operador. Por lo que a las personas de llenado y enfardado que frecuentan a estar paradas en un mismo lugar, se les debe de proporcionar el equipo necesario para generar un mejor desempeño sin afectar su salud.
- Se encuentra un cuello de botella en el llenado, por lo que se requiere una maquinaria para agilizar dicho proceso.

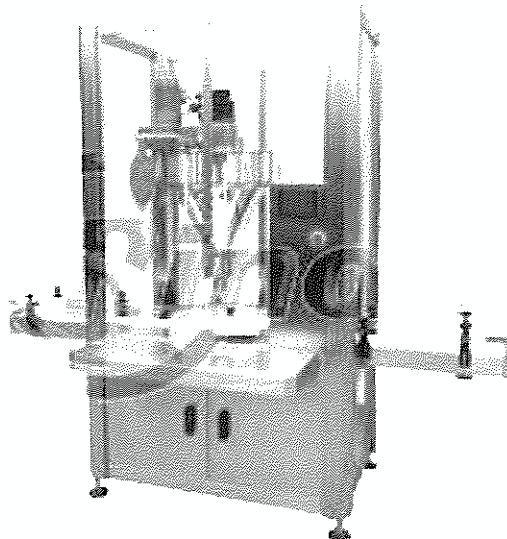
VIII. PROPUESTAS DE MEJORA

Para mejorar el proceso de llenado y empaque de frascos de consomé y especias, se propone la siguiente automatización con el propósito de:

- Reducir el tiempo de mano de obra, a un turno normal de 8 horas.
- Aumentar la capacidad de producción, poder abarcar un mayor porcentaje del mercado, siendo capaces de producir las especias bajo la marca Maggi.
- Disminuir la mano de obra en el proceso de frascos para que los operadores puedan desempeñar otras tareas en la planta.
- Mejorar las condiciones de trabajo de los operadores.

A. Maquinaria a utilizar

Ilustración 8: Máquina llenadora de polvos completamente automática, máquinas de llenado Rinou



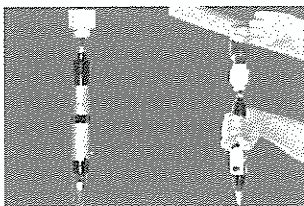
El abastecimiento de dicha máquina hay que realizarlo de forma manual y las mesas como el transportador están a la mano del operador.

Tabla 10: Descripción de máquina llenadora de polvos completamente automática, máquinas de llenado Rinou

Descripción:	
Esta máquina llenado y envasadora de polvo fue diseñada para la alimentación, pesaje, llenado, retroalimentación e inspección y eliminación de envases con fallas.	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> - Equipada con un sistema de alimentación de latas/botellas automático, implementando la función de detención de llenado cuando no hay latas. - Tolva con puerta de apertura, máquina tipo marco diseñada para permitir lavado fácil. Estructura de la máquina razonable, cambio del tamaño de piezas y lavado fáciles. - Funciones de alarma de exceso de peso, visualización de mensaje de error e inspección y eliminación de embalajes con fallas con alta precisión, asegura la calidad de envasado. - Tiene la función de soporte de latas, vibración y extracción de polvo. 	
Peso de envasado	40 – 120 g (El tornillo adjunto puede ser cambiado)
Velocidad de llenado	20 – 30 latas/min
Fuente de energía	380V
Peso Total	450 kg
Dimensiones generales	1500x1250x1300MM
Volumen de la tolva	50L
Potencia Total	2KW
Precio: \$45,500	

También se evaluó la máquina taponadora, para poder seguir un ritmo mayor de la máquina automática, con la cual se logra eliminar una de las personas en la colocación de la tapadera.

Ilustración 9: Máquina tapadora de botellas portátil RNXG



La máquina tapadora portátil es conveniente para varios tipos de tapas.

Características:

- Adopta un embrague ajustable que puede evitar efectivamente daños a las tapaderas y reducir el desgaste de las mismas.
- La tapadora se detendrá automáticamente cuando las tapas se encuentren ajustadas.
- Portátil, fácil de operar y garantiza la calidad del sellado.
- La tapadora puede ser colgada para reducir la fuerza de trabajo.

Tabla 11: Especificaciones de la máquina tapadora de botellas portátil

Embrague	1 2 niveles ajustables
Giros sin carga	1000 giros/min
Presión de aire	4 – 6 kilos
Consumo de aire	0.02 m ³ /min
Longitud	245 mm
Peso total	1000 g
PRECIO: \$ 160	

Al automatizar la línea de llenado y empaque de frasco se debe considerar también la codificación de los frascos dentro de la línea.

Ilustración 10: Máquina codificadora

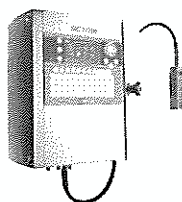


Tabla 12: Especificaciones de la máquina codificadora

Velocidad de impresión	4.4 m/s
4 líneas de texto variable alfanumérico, logos y códigos de barras	Puertos de comunicación RS 232, RS 422 opcional
PRECIO: \$ 9,000	

Para poder realizar el llenado, codificado y la colocación de la manga el bote se desplazará por medio de una banda transportadora, como la que se mira a continuación:

Ilustración 11: Banda transportadora y mesas giratorias

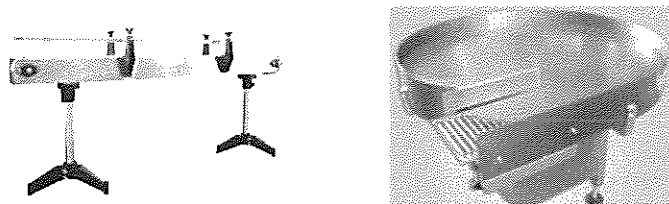


Tabla 13: Especificaciones de la máquina transportadora

Material	Aero Inox 316
Velocidad	variable
Electricidad	120 – 220 V ac
Longitud	Necesidad del cliente
PRECIO: \$ 12,000	

Esta maquinaria propuesta se considera óptima para la automatización de la línea y mejorar el nivel de los trabajadores. Por lo tanto se debe realizar un estudio económico para ver si es económicamente viable la implementación de dicha maquinaria.

IX. ANÁLISIS FINANCIERO

Al evaluar la situación actual, se analizaron los puntos críticos en el proceso de llenado y empaque de consomé y condimentos en frasco, para el cual se encontraron oportunidades de mejora en la automatización del proceso. Por lo cual se investigó diferente maquinaria y se realizó una propuesta de la misma en el capítulo anterior, la cual implica una inversión inicial.

En este capítulo se evalúa la rentabilidad del proyecto, al sistematizar la información de carácter monetario presentado anteriormente como lo es la inversión propuesta y los datos del análisis técnico.

Es importante mencionar que el proyecto tiene dos modalidades de financiamiento. La primera es por capital propio y la segunda por deuda.

En este caso se solicitó un préstamo bancario al banco Industrial, para implementar las propuestas de mejora a la línea. El préstamo bancario es de tipo fiduciario, con una tasa de interés anual de 10%, para un monto de Q393,343, el cual representa la fracción de deuda del 70% de la inversión total y el 30% es la fracción de patrimonio.

La tasa que se obtuvo es preferencial, por ser Malher-Nestlé una empresa grande que se encuentra respaldada.

Como primer punto se debe de calcular la TMAR (tasa mínima atractiva de rendimiento) del proyecto. Y a partir de esto se puede realizar el cálculo del Retorno de Inversión, el cual permite evaluar la posible rentabilidad del proyecto, en función de lo que se obtendrá en un periodo de tiempo al invertir cierta cantidad.

Para establecer la rentabilidad del proyecto se consideraran 4 criterios para la evaluación:

1. Valor Actual Neto (VAN)
2. Periodo de recuperación
3. TIR

4. Análisis de sensibilidad y Escenarios

El Valor Actual Neto o Valor Presente (VP) se calcula a partir de la TMAR. Si $VP \geq 0$, se alcanza o excede la tasa mínima atractiva de rendimiento y la alternativa es financieramente aceptable. (*Ingeniería Económica, Blank Leland, sexta edición*).

El periodo de recuperación es el tiempo estimado, generalmente en años, que tomará para que los ingresos estimados y otros beneficios económicos recuperen la inversión inicial y una tasa de rendimiento establecida. (*Ingeniería Económica, Blank Leland, sexta edición*). Sin embargo el análisis de recuperación es únicamente una extensión del Valor Presente, no se utiliza como medida de selección de una alternativa.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) proporciona una medida de la rentabilidad del proyecto, proporcionada por el VAN.

A. TMAR

Para evaluar la inversión es necesario determinar la ganancia que se desea obtener a cambio de invertir. Para calcular la TMAR el costo de cada tipo de financiamiento de capital se realiza de forma separada, el promedio de los costos de financiamiento provenientes del endeudamiento y del capital es el costo promedio ponderado de capital (CPPC). Adicional se agrega un porcentaje de la tasa de riesgo cero que es la tasa de bonos y una tasa de riesgo del país que se obtiene del déficit de la cuenta corriente del PIB para el 2012, para finalmente obtener la TMAR.

Tabla 14: Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento

Descripción	Porcentaje
Fracción de Patrimonio	0.30
Fracción de Deuda	0.70
Tasa de interés de Depósito	3.50%
Tasa de Interés de Préstamo	10.00%
Tasa de Inflación	5.00%
CPPC	13.0500%
Tasa de Riesgo O Bonos del estado	4.61%
Riesgo Pais(deficit cuenta corriente del PIB)	4.00%
TMAR	22%

B. FINANCIAMIENTO

Una de las principales ventajas del préstamo bancario es que los intereses que se generan son deducibles de impuestos. Pero al mismo tiempo se aumenta la deuda.

En este caso se presentan los intereses a pagar en un plazo de 5 años a una tasa del 10%.

Tabla 15: Pago de intereses y capital.

Año	Saldo Inicial	Interes sobre saldo no recuperado	Flujo de efectivo	Cantidad recuperada	Saldo Final
0			-393,342.60		-393,342.60
1	-393,342.60	39,334.26	103,762.79	64,428.53	-328,914.07
2	-328,914.07	32,891.41	103,762.79	70,871.38	-258,042.69
3	-258,042.69	25,804.27	103,762.79	77,958.52	-180,084.18
4	-180,084.18	18,008.42	103,762.79	85,754.37	-94,329.81
5	-94,329.81	9,432.98	103,762.79	94,329.81	0.00
		125,471.33		393,342.60	

Recuperación Capital

Q103,762.79

La Tabla 15 está presentada desde la perspectiva de quién otorga el préstamo, por lo tanto, existe un saldo no recuperado en cada periodo del tiempo y la tasa de interés es el rendimiento sobre el saldo no recuperado, por lo que la cantidad total prestada y el interés se recuperan al final con el último pago, al pagarle al quién otorga el préstamo Q103,762.79 durante los 5 años. (*Ingeniería Económica, Blank Leland, sexta edición*).

C. FLUJO DE EFECTIVO

Los ingresos presentados en el flujo de efectivo de la Tabla 16, representan los pronósticos de las ganancias de ventas anuales al implementar la mejora, es decir, las ganancias del incremento en la producción que se va a generar a partir de la automatización.

Como parte de los costos de operación se encuentra el material de empaque de acuerdo al incremento de la producción, la depreciación y la energía eléctrica, ya que al tener una línea automatizada ésta incrementa.

El costo del material de empaque se realizó a partir del costo de cada uno de los materiales (bote con etiquetado, tapadera, fardo, mezcla) por la cantidad anual pronosticada del incremento de producción.

La energía eléctrica se obtiene de las horas que la maquinaria esta en funcionamiento por el costo del KW (kilo Watts) por los KW que consume la maquinaria.

La depreciación de la máquina es un 20% del costo total de la maquinaria a un plazo de 5 años. El 20% de Q561,918 dando un total de Q112,383.60.

La mano de obra no se considera como un costo, ya que actualmente ese costo ya existe, y en el flujo de efectivo se muestran los ingresos y egresos que se tienen al implementar la automatización. Sin embargo, al existir una minimización de mano de obra en la línea, ésta se considera como parte de los ingresos ya que es un ahorro que se percibe del proyecto de mejora.

A parte de la *minimización de personal en la línea* se tienen un ahorro en mano de obra ya que actualmente se paga un promedio de 12 horas extras, por lo que el sueldo del día se vuelve de Q135.70, que viene a partir del sueldo normal que son 10.54 la hora por 1.5 que representa la hora extra. Mientras que con la maquinaria este tiempo de producción disminuiría únicamente a 8 horas de producción siendo el sueldo diario de Q76.42, al percibir un ahorro del 43% del salario diario a partir de la reducción de 4 horas extras.

Los gastos de administración son las personas involucradas en el proceso de capacitación para el uso de la maquinaria y personas indirectamente involucradas con el proceso.

A continuación en Tabla 16, el flujo de efectivo proyectado en un plazo de 5 años al implementar la automatización de la línea.

Tabla 16: Flujo de Efectivo a un plazo de 5 años

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos						
Ingreso por ventas		Q 710,445.53	Q 817,012.36	Q 980,414.83	Q 1,176,497.80	Q 1,411,797.36
Ahorro MO		Q 139,516.85	Q 139,516.85	Q 139,516.85	Q 139,516.85	Q 139,516.85
Total		Q 849,962.38	Q 956,529.21	Q 1,119,931.69	Q 1,316,014.65	Q 1,551,314.21
Gastos y Costos						
Costo de Operación		Q 675,067.07	Q 852,533.37	Q 1,047,746.29	Q 1,262,480.51	Q 1,498,688.16
Gastos de administración		Q 9,673.59	Q 8,648.81	Q 7,717.19	Q 6,870.26	Q 6,100.33
Total		Q 684,740.66	Q 861,182.18	Q 1,055,463.49	Q 1,269,350.78	Q 1,504,788.49
Intereses		Q 39,334.26	Q 32,891.41	Q 25,804.27	Q 18,008.42	Q 9,432.98
Utilidad Bruta.		Q 125,887.46	Q 62,455.63	Q 38,663.93	Q 28,655.46	Q 37,092.75
I.S.R.		Q (39,025.11)	Q (19,361.24)	Q (11,985.82)	Q (8,883.19)	Q (11,498.75)
Utilidad Neta		Q 164,912.58	Q 81,816.87	Q 50,649.75	Q 37,538.65	Q 48,591.50
(+) Depreciación		Q 112,384.00	Q 112,384.00	Q 112,384.00	Q 112,384.00	Q 112,384.00
Flujo de operación		Q 277,296.58	Q 194,200.87	Q 163,033.75	Q 149,922.65	Q 160,975.50
Inversión total	Q (561,918.00)					
Reposición de capital de préstamo	Q 393,342.60	Q (103,762.79)	Q (103,762.79)	Q (103,762.79)	Q (103,762.79)	Q (103,762.79)
Flujo de efectivo neto	Q (168,575.40)	Q 173,533.79	Q 90,438.09	Q 59,270.96	Q 46,159.86	Q 57,212.71
Flujo de efectivo acumulado			Q 263,971.87	Q 323,242.84	Q 369,402.70	Q 426,615.41

TMAR	22%
VAN	Q 110,616.86
TIR	61.27%

PLAZO DE RECUPERACIÓN	5.53
	5 años 6 meses 11 días

El VAN (Valor actual neto) consiste en representar los flujos de efectivo proyectados en un valor actual, descontando un cierto tipo de interés por el dinero en el tiempo. A través del VAN se considera la inversión del proyecto rentable ya que el es de Q110, 616, el cual es mayor a cero.

En el flujo de efectivo también se muestra la TIR del 61.2%, la cual determina la rentabilidad del proyecto junto con un valor positivo del VAN de Q110, 616. Además con la TIR del 61.2% se acepta el proyecto que permite obtener una rentabilidad interna superior a su costo de capital del 13%.

Junto con el VAN positivo y un periodo de recuperación de 5 años 6 meses, se considera rentable el proyecto, a pesar de que 5 años es bastante tiempo, se considera aceptable el proyecto ya que es una inversión permanente y a partir de esos años solamente son ganancias, además se maneja un flujo neto alto.

Es importante conocer que la depreciación es deducible de impuesto por lo cual se muestra después del cálculo del ISR.

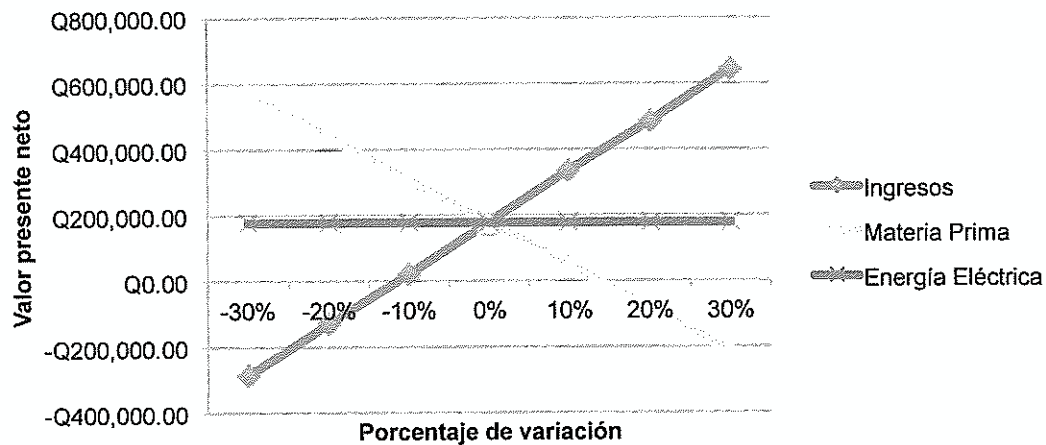
C. Análisis de Sensibilidad y Escenarios

El análisis de sensibilidad tienen como finalidad mostrar los efectos que se tienen sobre la tasa interna de retorno al tener variaciones en diferentes variables que inciden directamente en el proyecto.

En el siguiente cuadro resumen se muestra las variaciones de la tasa de retorno del proyecto si se varia en un 10% hacia arriba y abajo los costos de la material prima, electricidad e ingresos.

Tabla 17: Tabla resumen de análisis de sensibilidad

Ingresos	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%
Q110,616.86	-Q285,556.84	-Q131,208.08	Q23,140.69	Q110,616.86	Q331,838.21	Q486,186.98	Q640,535.74
Materia Prima	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%
Q110,616.86	Q568,820.18	Q438,376.61	Q307,933.03	Q110,616.86	Q47,045.87	-Q83,397.70	-Q213,841.28
Energía Eléctrica	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%
Q110,616.86	Q177,745.38	Q177,660.07	Q177,574.76	Q177,489.45	Q177,404.14	Q177,318.83	Q177,233.52

Gráfica 3: Análisis de sensibilidad

En la tabla resumen se puede observar que las variables de mayor influencia son los ingresos y la materia prima, ya que si se disminuye en un 20% los ingresos la rentabilidad del proyecto se ve afectada con una Tasa de Retorno Interna de -Q131,208.08, en el caso de la materia prima es similar, sin embargo si la materia prima (mezcla, envases) aumentan su costo en un 20% del actual la TIR se vuelve negativa con un -Q83,397.78, por lo que no es aceptable el proyecto.

Las demás variables como mano de obra, y electricidad pueden variar en un $\pm 30\%$ y el proyecto sigue siendo atractivo con una TIR positiva.

El análisis de los escenarios se realizó con la materia prima y los ingresos ya que son los que más afectan al valor presente neto como se puede ver en el análisis de sensibilidad. Se presentan tres escenarios: Pesimista, realista y optimista.

Tabla 18: Resumen de escenarios

	Pesimista	% Variación	Actual	% Variación	Optimista
Ingresos	Q764,966.15	0.9	Q849,962.38	1.1	Q934,958.62
Materia Prima	Q618,682.02	1.1	Q562,438.20	1	Q562,438.20
Valor Presente Neto	(Q41,466.38)		Q110,616.86		Q202,138.38

En un escenario pesimista donde se reducen los ingresos en un 10% y aumenta en otro 10% la materia prima, se tiene un valor presente de – Q41466.38 lo cual perjudica en la rentabilidad del proyecto. Por lo tanto hay que asegurarse de alcanzar las metas de ventas y mantener un buen contrato con los proveedores para seguir manteniendo costos bajos por volumen. Por el otro lado optimista donde la materia prima permanece igual y aumentan los ingresos en un 10% se ve un incremento de casi el doble del VAN del realista, el cual es la situación actual.

X. RESULTADOS

Después de implementar las propuestas de la maquinaria anteriormente explicadas, y ver la rentabilidad del proyecto se mostrarán los beneficios que la implementación de dicho proyecto traerá en cuanto a estándares de producción.

A. Tiempo Estándar

A continuación se presentan los tiempos de producción al implementar la maquinaria.

Tabla 19: Tiempos estándares propuestos para el llenado y empaque de consomé y especias en frasco (frascos/minuto)

Producto	Llenado	Pesado	Tapadera	Manga	Enfardado	Tiempo Estándar frascos/minuto	Tiempo Estándar Fracos/hora	Tiempo Estándar Fardos/hora
C 1	20	20	20	0	20	19	1140	95
C 2	20	20	20	0	20	19	1140	95
E 1	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 2	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 3	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 4	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 5	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 6	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 7	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 8	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 9	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 10	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 11	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 12	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 13	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 14	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 15	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 16	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 17	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 18	20	20	20	20	20	19	1140	95
E 19	20	20	20	20	20	19	1140	95

Los tiempos presentados son propuestos, y se basan en la velocidad de la máquina de llenado que son 20 botes por minuto. Sin embargo, al final el tiempo estándar es 19 botes/minuto ya que se trabajó con un porcentaje de tolerancia del 5% en el cual se incluye: la fatiga, las necesidades personales y fallas en maquinaria y equipo.

Con esta implementación se tiene un aumento en la producción de 350%, en la capacidad para abastecer los botes, pesado, codificado y sellado.

B. Mano de obra

La mano de obra al automatizar el proyecto disminuye, tanto en tiempo de operación como en número de personas en la línea. La reducción de personal es distinto para consomé como para especias.

En el caso de los frascos de consomé es necesario una tripulación de 4 personas. Las cuales tienen la siguiente división de trabajo:

Operador 1: Abastecedor de botes, tapaderas, fardos y verificación de la línea.

Operador 2: Abastecedor de mezcla y verificación de pesos

Operador 3: Colocación de tapadera

Operador 4: Enfardado

En el caso de los frascos de las especias es necesario una tripulación de 5 personas. Las cuales tienen la siguiente división de trabajo

Operador 1: Abastecedor de botes, tapaderas, fardos y verificación de la línea.

Operador 2: Abastecedor de mezcla y verificación de pesos

Operador 3: Colocación de tapadera

Operador 4: Colocación de garantía

Operador 5: Enfardado

Esta minimización de mano de obra genera un ahorro del 85% anual, al disminuir en un 43% el personal de las líneas y pagar horario normal de 8 horas sin tener que pagar horas extras, como lo es necesario al trabajar 12 horas de producción.

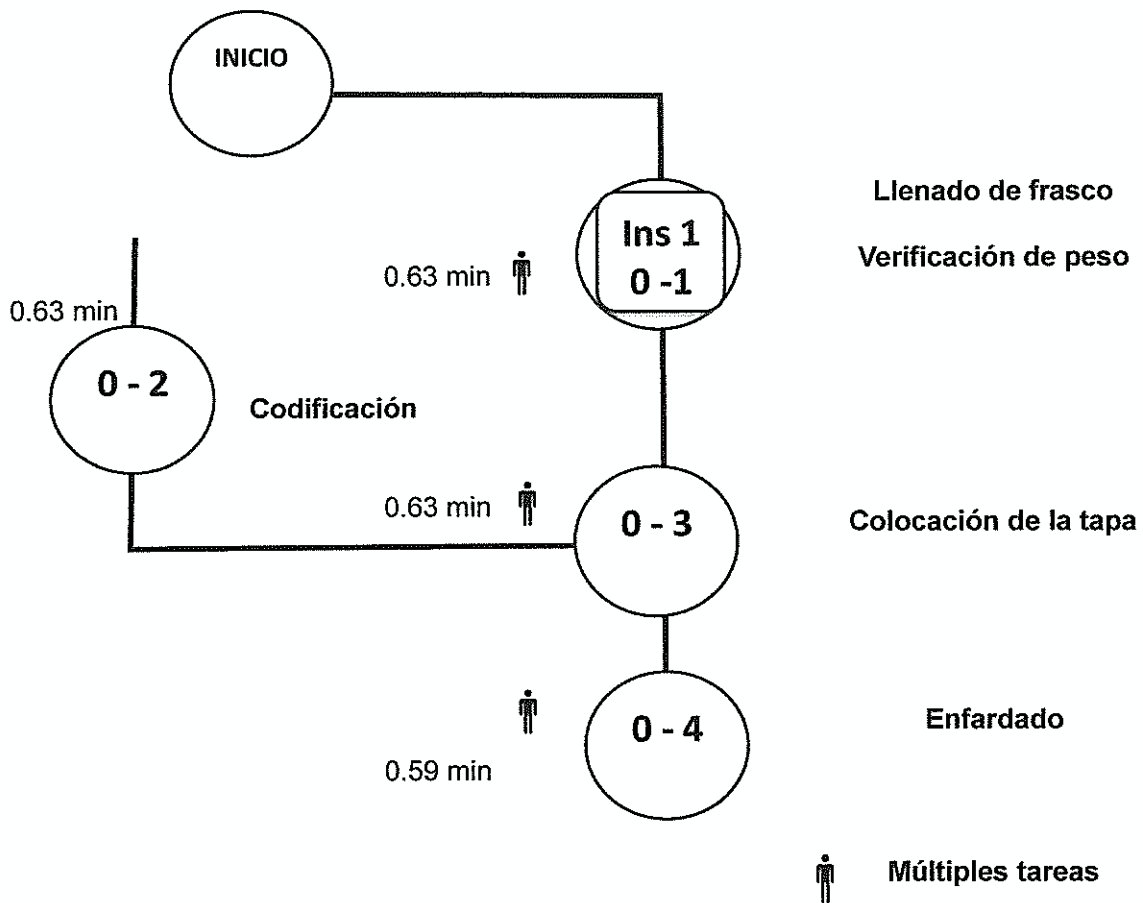
La gente que se reduce en la línea son personas, que trabajan permanentemente en la planta, y por lo tanto uno de los principales objetivos de reducir personal en la línea es contar con mano de obra para diferentes tareas que son necesarias. Entre las diferentes tareas de las que se encargarían las 3

personas en el caso de frascos consomé y las 2 personas en el caso de frascos de especias, son las siguientes:

- Llevar material a las otras 30 líneas con las que se cuenta en Malher, para que cada uno de los operadores de dichas líneas no tengan que ir a la bodega por los materiales y descuidar las líneas.
- Mano de obra para el área de reproceso
- Realizar análisis de hermeticidad en las líneas para garantizar la calidad del producto a través del buen sello.

A continuación se describe la propuesta de la línea a través de un diagrama de operaciones y un diagrama de recorrido.

Malher S.A.
 Diagrama de procesos operativos
 Proceso propuesto llenado y empaque de Consomé en frasco
 Manufactura, producción 2012
 Dibujado por: A.L.B.S.



Resumen

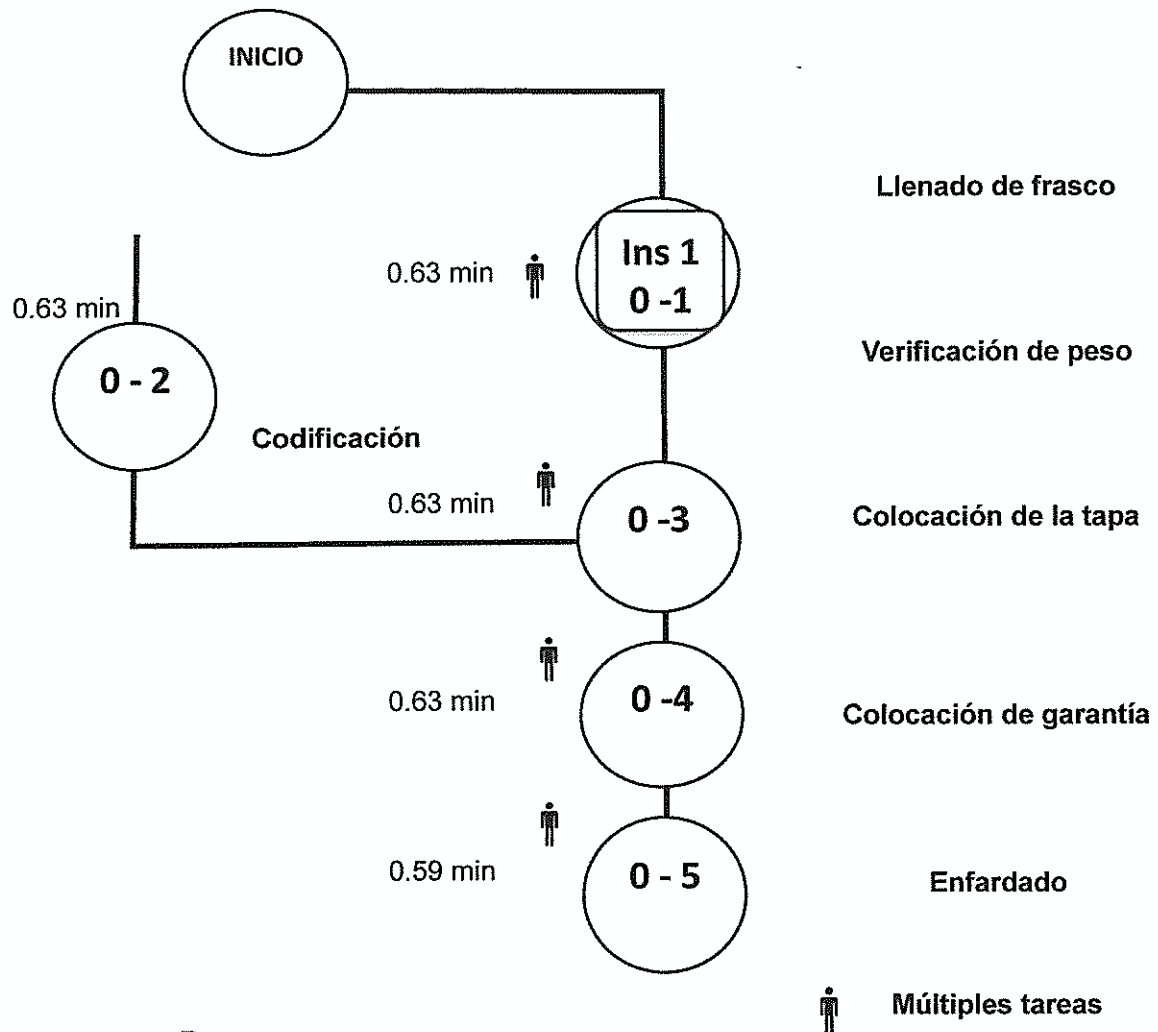
Actividad	Duración
Operación	1.85 min
Operación e Inspección	0.63min

Los tiempos mostrados, es el tiempo requerido para la realización de 1 fardo (12 frascos)

La simbología utilizada en el diagrama de flujo, es ASEM (*American Society of Mechanical Enginners*) - La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

Diagrama 5: Diagrama de operaciones DOP propuestos para llenado y empaque de especias en frasco

Malher S.A.
 Diagrama de procesos operativos
 Proceso actual de llenado y empaque de Especias en frasco
 Manufactura, producción 2012
 Dibujado por: A.L.B.S.



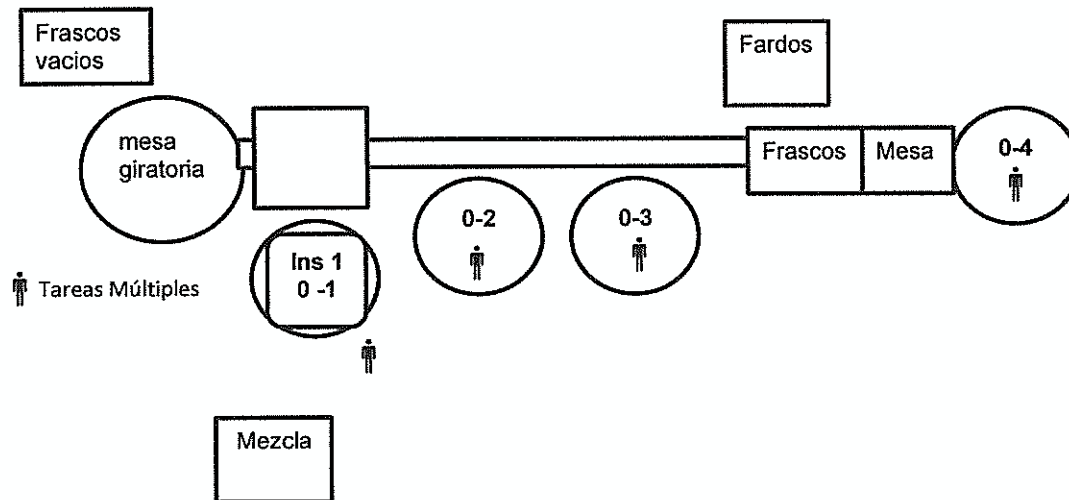
Resumen

Actividad	Duración
Operación	2.48 min
Operación e Inspección	0.63min

Los tiempos mostrados, es el tiempo requerido para la realización de 1 fardo (12 frascos)

La simbología utilizada en el diagrama de flujo, es ASEM (*American Society of Mechanical Engineers*) - La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

A continuación se presenta el diagrama de recorrido, que representará de forma gráfica la ubicación propuesta de las operaciones del empaque y llenado de frascos en el plano de distribución.



0 – 1: Estación de llenado

Ins. 1: Estación de verificación de peso

0 – 2: Estación de colocación de tapadera

0 – 3: Estación de colocación de sello de garantía (aplica solo para los frascos de especias)

0 – 4: Estación de enfardado

C. Maquinaria

Al personal de la línea, en especial el operador, se le tendría que capacitar en la utilización de la línea. Por lo tanto estas capacitaciones se realizarán con personal de mantenimiento y el operador principalmente, las cuales consistirán en un estudio del manual del uso de la maquinaria, además personal técnico del proveedor vendría por una semana a capacitar al personal y probar la maquinaria en su instalación.

Al seleccionar la maquinaria adecuada se trabajó junto con los proveedores donde se les proporcionó diferentes muestras de las mezclas necesarias a envasar al igual que las propiedades físico químicas para llegar a un consenso que el óptimo ángulo de la tolva es 68°

Una parte importante de la maquinaria son los mantenimientos para prevención de accidentes del trabajador y mantener en buenas condiciones la maquinaria, además que es importante para que perdure la inversión. Se realizarán mantenimientos preventivos donde se harán chequeos mecánicos eléctricos cada tres meses, seis meses o un año y correctivos.

En los anexos se puede encontrar el lay out de la maquinaria con las mecánicas al igual que con las consideraciones de las conexiones eléctricas.

D. Seguridad

Al implementar la maquinaria las medidas de seguridad utilizadas serán las actuales que se manejan en la planta como lo es la higiene adecuada, el uso adecuado de la red de seguridad, zapatos industriales, ropa adecuada sin botones, objetos sueltos, tapones de oídos, y en el caso de los operadores a cargo de abastecer la maquinaria y el sellado de los frascos es necesaria la utilización de la mascarilla para evitar contaminación con el producto.

XI. CONCLUSIONES

1. Al automatizar el proceso de llenado se genera un aumento de 4 veces más la producción con la que se cuenta actualmente. Y además en un futuro se puede elevar la producción de la misma si es necesario ya que en la propuesta no se utiliza al máximo la capacidad de la máquina.
2. Al implementar la maquinaria se minimiza la mano de obra en un 43%, lo que conlleva a un ahorro del 85% anual en salarios al trabajar en un horario de 8 horas diarias, evitando pagos de horas extras.
3. Se considera rentable la inversión de maquinaria para el automatizado del llenado y empaque de la línea, ya que la inversión se ve recuperada en 5 años y 6 meses con una TIR del 61%, generando una VAN > 0.
4. Permaneciendo constantes las demás variables, si el precio de venta previsto en el proyecto se reduce en un 20%, la Tasa de Retorno Interna (TIR) disminuiría a -Q131,208.08, en el caso de la materia prima si ésta aumentan su costo en un 20% del actual la TIR se vuelve negativa con un -Q83,397.78. Por lo que la holgura con lo que se cuenta es la reducción de ingresos, variación en el precio de un 10% y un aumento en la materia prima de un 10%.

XII. RECOMENDACIONES

- Para repasar y reforzar la capacitación de la maquinaria se recomienda realizar LPP'S (Lección punto a punto) para tener presente la utilización de la máquina y medidas de seguridad que se deben de tomar al momento de la utilización de la misma. A través de estos diagramas se pretende mantener de una forma concreta y gráfica los puntos a resaltar de la utilización de la maquinaria. Además esto también ayudará a la capacitación del demás personal más adelante.
- Al colocar el equipo realizar un conteo de tiempos para obtener una actualización de estándares, analizando la sanidad de cada uno de los puntos para ver si existe la posibilidad de reducción de la persona de tareas múltiples, siempre y cuando se mantenga la sanidad laboral.
- Elaborar un proyecto para ver la factibilidad de construir una tarima en el cuarto donde se colocaría la máquina para facilitar el llenado desde un segundo nivel, manteniendo siempre primero la seguridad del trabajador.
- Establecer personas para el abastecimiento de todas las líneas de la planta, para el ahorro de tiempo del operador y que éste se pueda concentrar al 100% en actividades que generen valor al producto como lo es la calidad.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Blank Leland, (2006), *Ingeniería Económica*. (6ª edición). México D.F., McGraw-Hill Companies, Inc.
2. Chase, B. Richard. (2007). *Administración de operaciones Producción y cadena de suministros*, (12ª edición) México D.F., McGraw-Hill.
3. Chase, R. Jacobs F. Aquilano N. (2005), *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. (10ª edición). México D.F., McGraw-Hill Companies, Inc.
4. García Criollo, R. (1998). *Estudio del trabajo. Medición del trabajo*. . México, D.F. , México: McGraw-Hill.
5. Niebel, B. W. (1995). *Ingeniería Industrial. Métodos, tiempos y movimientos*. (8 ed.). México, D.F., México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
6. Niebel W. Benjamin. (2009), *Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño del trabajo*. (12ª edición). México D.F., McGraw-Hill Companies, Inc.

XIV. ANEXOS

Tabla 20: Tiempos del DOP por persona

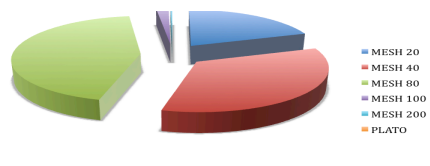
Frascos de Consomé				
OPERACIÓN	TIEMPO POR PERSONA	PERSONAS EN LA OPERACIÓN	TIEMPO DE LA OPERACIÓN	TIEMPO/FARDO
Llenado de frasco	6.6 segundos	1	6.6 segundos	1.32 minutos/fardo
Pesado de Frasco	10 segundos	2	5 segundos	1 minuto/fardo
Colocación de tapadera	10 segundos	2	5 segundos	1 minuto/fardo
Colocación del sello de garantía	–	–	–	–
Enfardado	3.3 segundos	1	3.3 segundos	0.67 minutos/fardo
Codificación	4 segundos	1	4 segundos	0.8 minutos/fardo
Frascos de Especias				
OPERACIÓN	TIEMPO POR PERSONA	PERSONAS EN LA OPERACIÓN	TIEMPO DE LA OPERACIÓN	TIEMPO/FARDO
Llenado de frasco	8.57 segundos	1	8.57 segundos	1.71 minutos/fardo
Pesado de Frasco	12 segundos	2	6 segundos	1.2 minutos/fardo
Colocación de tapadera	12 segundos	2	6 segundos	1.2 minutos/fardo
Colocación del sello de garantía	12 segundos	2	6 segundos	1.2 minutos/fardo
Enfardado	3.3 segundos	1	3.3 segundos	0.67 minutos/fardo
Codificación	4 segundos	1	4 segundos	0.8 minutos/fardo

Tabla 21: Resumen de tiempos takt

PRODUCTO	TIEMPO TAKT Minuto/fardo	Llenado Minuto/fardo	Pesado Minuto/fardo	Tapadera Minuto/fardo	Manga Minuto/fardo	Enfardado Minuto/fardo
C 1	0.6	1.3	1.0	1.0	-	0.7
C 2	0.7	1.3	1.0	1.0	-	0.7
E 1	0.6	1.5	1.2	1.2	1.2	0.7
E 2	0.7	1.5	1.2	1.2	1.2	0.7
E 3	0.6	1.5	1.2	1.2	1.2	0.7
E 4	1.3	1.5	1.2	1.2	1.2	0.7
E 5	0.7	1.5	1.2	1.2	1.2	0.7
E 6	0.6	1.5	1.2	1.2	1.2	0.7
E 7	0.8	1.5	1.2	1.2	1.2	0.7
E 8	0.9	1.5	1.2	1.2	1.2	0.7
E 9	0.2	2.0	1.5	1.5	1.5	0.7
E 10	0.2	2.0	1.5	1.5	1.5	0.7
E 11	0.2	2.0	1.5	1.5	1.5	0.7
E 12	0.2	1.5	1.2	1.2	1.2	0.7
E 13	0.3	1.5	1.2	1.2	1.2	0.7
E 14	0.2	1.5	1.2	1.2	1.2	0.7
E 15	1.8	1.5	1.2	1.2	1.2	0.7
E 16	2.0	1.5	1.2	1.2	1.2	0.7
E 17	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	0.7
E 18	1.6	1.7	1.2	1.2	1.2	0.7
E 19	1.5	1.7	1.2	1.2	1.2	0.7

A continuación se muestra un ejemplo de las granulometrías que se obtuvieron en los análisis físico químicos de las mezclas de consomé y especias.

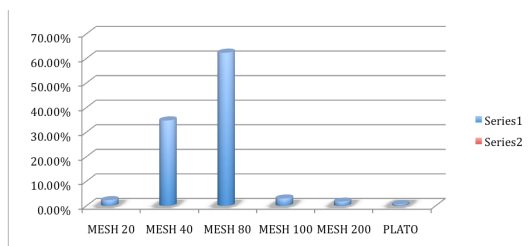
	C1
MESH 20	19.91%
MESH 40	34.22%
MESH 80	43.77%
MESH 100	1.81%
MESH 200	0.26%



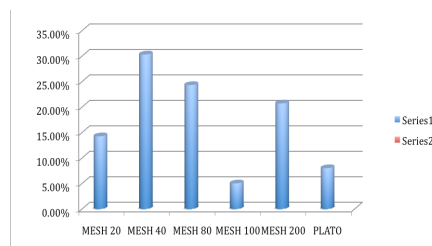
1.

2.

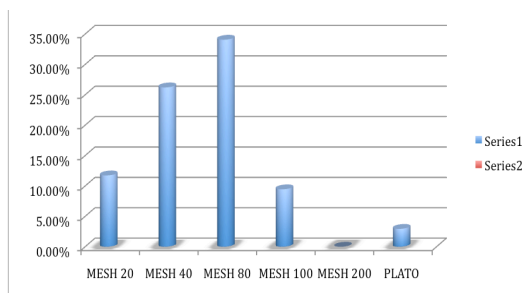
Gráfica de E1



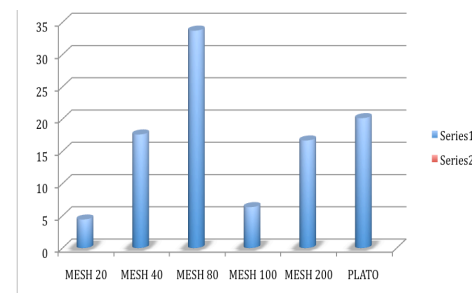
Gráfica de E3



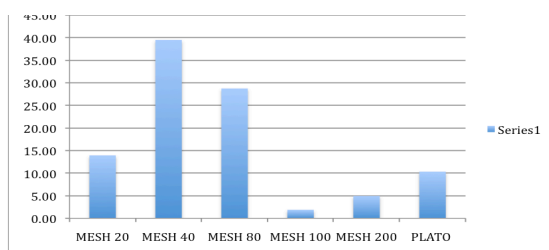
Gráfica de E4



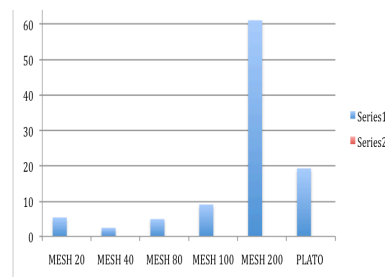
Gráfica de E5



Gráfica de E8



Gráfica de E12



Cuando las mezclas son menos volátiles que las demás, el paso por los conductos se vuelve más fácil, por lo que se tienen un porcentaje menor en el plato, como por ejemplo el E1 y E4 son mezclas no volátiles, y tienen sus mayores porcentajes en los primeros 4 mesh mientras que por ejemplo la mezcla E12 es una mezcla volátil y sus mayores porcentajes están en el plato y el mesh 200.

Se muestran algunos de los ángulos necesarios para el desplazamiento de la mezcla los cuales se muestran en un cuadro resumen a continuación. Los ángulos de reposo indican el promedio que se obtuvo de un número de 15 muestras.

Tabla 22: Resumen de propiedades físico químicas

	E2	E6	E7	E9	E10	E11	E15	E18
HUMEDADES	1.03%	0.21%	2.13%	2.28%	11.67%	38.28%	11.79%	9.72%
DENSIDADES	1.14417	0.85067	0.65857	0.66712	0.48333	0.86903	0.42630	0.54153
GRANULOMETRIAS (gramos)								
MESH 20	21.78%	2.29%	14.25%	11.74%	4.43%	17.26%	5.33%	0.25%
MESH 40	43.63%	34.75%	30.30%	26.22%	17.61%	36.99%	2.39%	0.99%
MESH 80	26.42%	62.33%	24.30%	34.07%	33.71%	27.38%	4.87%	19.94%
MESH 100	1.50%	2.97%	5.00%	9.45%	6.34%	1.76%	8.99%	17.73%
MESH 200	4.18%	1.69%	20.70%	15.55%	16.68%	5.19%	61.02%	41.89%
PLATO	2.21%	0.65%	7.99%	2.94%	20.14%	10.26%	19.19%	19.51%
Ángulo de Inclinación X° Promedio	66.00	53.33	56.00	59.07	65.13	68.80	61.60	68.80

Gráfica 5: Layout con medidas