

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Química

**AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN Y EMPAQUE DE SALSA
DE TOMATE PARA UNA PLANTA PROCESADORA DE ALIMENTOS EN
GUATEMALA**

Trabajo de graduación presentado por José Leonardo Mendoza Múnchez para optar al grado
académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala

2,007

AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN Y EMPAQUE DE SALSA DE TOMATE PARA UNA PLANTA PROCESADORA DE ALIMENTOS EN GUATEMALA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Química

**AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN Y EMPAQUE DE SALSA DE
TOMATE PARA UNA PLANTA PROCESADORA DE ALIMENTOS EN GUATEMALA**

Trabajo de graduación presentado por José Leonardo Mendoza Míncez para optar al grado
académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala

2,007

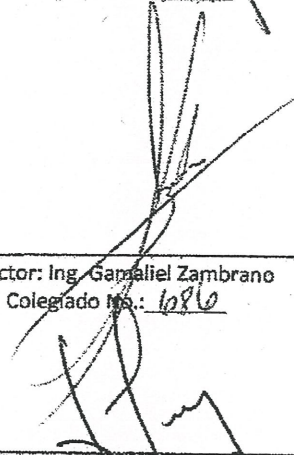
TESIS: AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN Y EMPAQUE DE SALSA DE TOMATE PARA UNA PLANTA PROCESADORA DE ALIMENTOS EN GUATEMALA

ASESOR: Ing. Jorge Muñoz



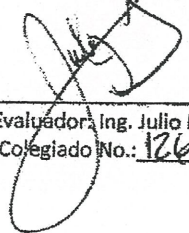
Asesor: Ing. Jorge Muñoz
Colegiado No.: 1389

Terna Evaluadora



Director: Ing. Gamaliel Zambrano
Colegiado No.: 1086

Asesor: Ing. Jorge Muñoz
Colegiado No.: 1389



3er Evaluador: Ing. Julio Paredes
Colegiado No.: 1266

Fecha de Evaluación: 04/02/2010

PREFACIO

El siguiente trabajo se centra en la optimización de la línea de producción y se enfoca en realizar el análisis tanto técnico como económico de la viabilidad del proyecto. En el mismo se analiza también el crecimiento proyectado de la demanda en los próximos años de esta línea de producción, para garantizar que su rediseño cubra las expectativas de crecimiento esperadas de la empresa.

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE ILUSTRACIONES	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
A. Etapas del proceso general de producción de salsa de tomate	2
1. Clasificación y selección.....	2
2. Limpieza.....	2
3. Picado	3
4. Sofrito de la cebolla en aceite refinado de girasol	4
5. Cocción de la salsa	4
6. Esterilización.....	5
B. Empaque.....	5
1. Fundamentos del envasado aséptico	5
a. Beneficios del empaque aséptico.....	6
b. Envases asépticos	6
c. Aplicaciones	7
d. Materiales de envasado de alto desempeño.....	8
e. Película para sistemas de formado, llenado y sellado vertical.	8
f. Fundas y bolsas para operación de cocinado y enfriado.....	8
g. Bolsas termo-encogibles	9
C. Tratamiento, conservación y manipulación de alimentos.....	10
1. Algunos métodos de conservación de alimentos.....	11
D. Etapas del proceso actualmente utilizando en la planta donde se realizó el estudio ..	14
1. Formulación y preparación de la materia prima.....	15
2. Equipo	15
3. Fabricación de la salsa de tomate	15

4.Especificaciones microbiológicas	16
5.Vida útil.....	16
4.Empaque del producto terminado	16
III. JUSTIFICACIÓN.....	18
IV. OBJETIVOS.....	19
A. GENERAL	19
B. ESPECÍFICOS	19
V. PROBLEMA A RESOLVER.....	20
VI. METODOLOGÍA.....	21
VII. RESULTADOS.....	22
A. Diagrama del proceso actual	25
B. Diagrama detallado y balance de masa del proceso actual	26
C. Balance de energía de equipos del proceso actual	32
D. Diseño del proceso automatizado	35
1. Llenadora y empacadora aséptica de líquidos y semisólidos.....	36
2. Cámara Blast Freezer para enfriamiento.....	37
E. Diagrama detallado y balance de masa del proceso alternativo	42
F. Balance de energía de equipos del proceso propuesto.....	48
G. Layout del proceso propuesto	49
VIII. DISCUSIÓN.....	53
IX. CONCLUSIONES.....	57
X. RECOMENDACIONES.....	58
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	59
XII. APÉNDICE	60
A. CÁLCULOS DE MUESTRA	60
B. DATOS CALCULADOS	69
E.1 PROPAGACIÓN DE ERROR.....	70
E.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	71
C. COMPLEMENTOS DE LLENADORA Y EMPACADORA ASÉPTICA	72
D. GRÁFICAS.....	76
E. CUADRO DE ANÁLISIS ECONÓMICO Y FLUJO DE CAJA.....	81

LISTA DE CUADROS

	Página
Tabla No.1 Tiempo empleado para la elaboración de un batch de salsa de tomate	22
Tabla No.2 Capacidad de cumplimiento de demanda según el crecimiento anual.	22
Tabla No.3 Merma generada en proceso de empaque y ahorro anual que representa.....	23
Tabla No.4 Costos de producción según la proyección de crecimiento anual	23
Tabla No.5 Riesgos de contaminación microbiológica.	24
Tabla No.6 Valores TIR y VAN del diseño propuesto.....	24
Tabla No.7 Descripción de puntos de control del proceso	32
Tabla No.8 Actividades realizadas y tiempo que tardan en el proceso actual.....	34
Tabla No.9 Tiempo empleado en los equipos utilizados en el proceso y rendimiento	34
Tabla No.10 Variables a controlar en el proceso de producción y empaque de salsa de tomate	34
Tabla No.11 Matriz de proceso y equipo alternativo	35
Tabla No.12 Matriz de área de impacto del equipo alternativo.....	36
Tabla No.13 Tiempo de llenado y empaque de un batch de producto	37
Tabla No.14 Calor a sustraer para llevar una bolsa de producto a temperatura requerida 3.5°C	38
Tabla No.15 Requerimiento de calor a sustraer para llevar un batch de producto a 3.5°C en 270 minutos con ambiente controlado de -11°C.....	38
Tabla No.16 Cantidad de producto requerido por día actualmente y según la proyección de crecimiento por año	39
Tabla No.17 Velocidad de sustracción de calor requerida según la proyección de crecimiento por año	39
Tabla No.18 Cantidad de parrillas a piso que serán necesarias colocar en cámara Blast Freezer por batch	40
Tabla No.19 Comparación de la capacidad de sustracción de calor.....	41
Tabla No.20 Descripción de puntos de control del proceso	47
Tabla No.21 Actividades realizadas y tiempo que tardan en el proceso alternativo	50
Tabla No.22 Tiempo empleado en los equipos utilizados en el proceso alternativo.....	50
Tabla No.23 Rendimiento del proceso alternativo	50
Tabla No.24 Tiempo empleado para la elaboración de un batch de salsa de tomate	50
Tabla No.25 Capacidad de cumplimiento de demanda de producto según el crecimiento anual.....	51
Tabla No.26 Merma generada en proceso de empaque y ahorro anual que representa.....	51
Tabla No.27 Consumo de insumos de producción anual	51
Tabla No.28 Costos de producción anual	52
Tabla No.29 Costos de producción según la proyección de crecimiento anual	52
Tabla No.30 Riesgos de contaminación microbiológica.	52
Tabla No.31 Datos de experimentales de pérdida de calor de salsa vrs. tiempo (proceso actual)	69
Tabla No.32 Datos de experimentales de pérdida de calor de salsa vrs. tiempo (proceso propuesto)	69
Tabla No.33 Flujo de efectivo con implementación del proceso propuesto.....	81
Tabla No.34 Valores TIR y VAN del diseño propuesto.....	82
Tabla No.35 Cálculo de depreciación de equipo para el proceso propuesto	82

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Página
Figura 1: Esquema general de un lavador rotatorio.....	3
Figura 2: Sistemas de envase flexible.....	8
Figura 3: Fundas y bolsas para operación de cocinado y enfriado.....	9
Figura 4: Sistemas de envase termo-encogible.....	9
Gráfica No.1 Capacidad de producción vs. crecimiento anual proyectado.....	22
Gráfica No.2 Capacidad de enfriamiento vs. crecimiento anual proyectado.....	23
Gráfica No.3 Ahorro anual que representa la disminución de costos de producción con el diseño propuesto vs. crecimiento anual proyectado.....	24
Figura No.5 Layout del proceso actual.....	25
Figura No.6 Balance de energía para Marmita de 37.85 Litros (10 Galones).....	32
Figura No.7 Balance de energía para Picadora.....	33
Figura No.8 Balance de energía para Marmita de 567.82 Litros (150 Galones).....	33
Figura No.9 Bolsas de salsa en parrilla plástica.....	40
Figura No.10 Balance de energía para Llenadora y empacadora aséptica.....	48
Figura No.11 Balance de energía para Cámara Blast Freezer.....	48
Figura No.12 Layout del diseño de proceso propuesto.....	49
Figura No. 13 Rangos de dimensiones de bolsa para empacadora.....	72
Figura No. 14 Accesorios optativos para empacadora.....	72
Figura No. 15 Formas de empaques.....	73
Figura No. 16 Productos a empacar.....	73
Figura No. 17 Materiales de empaque.....	74
Gráfica No.4 Cambio de temperatura de salsa vs. tiempo (diseño actual).....	75
Gráfica No.5 Cambio de temperatura de salsa vs. tiempo (diseño propuesto).....	76
Gráfica No.6 Capacidad de producción vs. demanda anual proyectada.....	77
Gráfica No.7 Capacidad de enfriamiento vs. demanda anual proyectada.....	78
Gráfica No.8 Costos de producción vs. demanda anual proyectada.....	79
Gráfica No.9 Ahorro anual vs. demanda anual proyectada.....	80

RESUMEN

Este trabajo trata sobre el rediseño de una línea de producción de salsa de tomate para una planta procesadora de alimentos existente en Guatemala.

Se determinó que en el proceso actual el mayor tiempo de producción estaba localizado en el empaque y enfriamiento de la salsa; por lo que se realizó una matriz de selección de equipo basada en ventajas, desventajas y área en la que tendría mayor impacto el equipo alternativo.

Se determinaron las variables importantes del proceso y se seleccionó la implementación de una llenadora aséptica y una cámara Blast Freezer para el enfriamiento del producto.

Se logró aumentar la capacidad de empaque y enfriamiento de la línea, disminuir la cantidad de mermas generadas actualmente en el proceso de empaque, disminuir significativamente los costos de producción y también disminuir el riesgo de contaminación microbiológica del producto.

El tiempo de producción de un batch de salsa se redujo de 22 horas (proceso actual) a 4.5 horas (proceso propuesto).

El ahorro anual que representó la disminución en costos de producción equivale a Q589,410.19 tomando como base la demanda actual del producto.

Luego del análisis técnico se llevó a cabo un análisis económico para determinar la factibilidad financiera del proyecto analizando el flujo de efectivo de la línea y se observó una TIR de 2.29 (229%) para el proyecto con un año de tiempo de retorno de inversión.

ABSTRACT

This paper discusses the redesign of a production line of ketchup for an existing food processing plant in Guatemala.

It was determined that the longest time of production in the current process, was located on packaging and cooling the sauce; so an equipment selection matrix was done based on advantages, disadvantages and the area that the alternative equipment would have a greater impact.

The important process variables were determined; the implementation of an aseptic filling and a camera Blast Freezer for cooling the product was selected.

As a result, the packing capacity and the cooling line were increased, the current losses generated in the packing process were decreased, cost production was significantly reduced and also the risk of microbiological contamination was reduced.

The production time of a batch of salsa was reduced from 22 hours (current process) to 4.5 hours (proposed process).

The annual savings that represents the decrease in production costs is equivalent to Q589,410.19 based on the current demand for the product.

After the technical analysis, an economic analysis was performed to determine the financial feasibility of the project, analyzing cash flow line and an IRR of 2.29 (229%) was observed for the project with a one year payback time.

I. INTRODUCCIÓN

La elaboración de salsa de tomate ha sido una tarea tradicional en las familias que poseían su propia plantación desde principios de siglo y que en la década de los 70 experimentó un gran auge, vigente en la actualidad, debido a la facilidad con la que puede ser conservada esta hortaliza.

Actualmente se produce a nivel industrial una gran variedad de salsas de tomate en Guatemala por distintas empresas; en esta tesis se estudiará el proceso de producción y empaque ya existente de salsa de tomate de una planta procesadora de alimentos; la cual se pretende mejorar para aumentar su eficiencia y reducir costos de producción en la misma.

Sabiendo que en la actualidad la automatización de sistemas se lleva a cabo en innumerables áreas de la industria, tendiendo a una mayor expansión del uso de sistemas automatizados de control; en esta tesis se propone el rediseño y la automatización de la línea de producción para hacerla más rápida y eficiente, asegurando la inocuidad del producto, disminuyendo los costos de producción y costos operativos del mismo, ya que se reducen las pérdidas generadas por el proceso actual.

Para esto se partió del análisis de la capacidad de producción de la línea actual y de las mermas generadas debido al método de empaque manual utilizado hoy en día, con el objetivo de cuantificar las pérdidas anuales que esto representa.

Se consideró el crecimiento en la demanda del producto a mediano plazo para determinar mediante una evaluación económica y estratégica la inversión que se realizará en el proceso y con estos datos, se determinó el tiempo de retorno de capital de la inversión elegida.

II. ANTECEDENTES

A. Etapas del proceso general de producción de salsa de tomate

1. Clasificación y selección. Estas operaciones se llevan a cabo seleccionando visualmente y por tacto el tomate más adecuado para el proceso, eligiendo principalmente aquellos tomates maduros, sanos, fuertemente coloreados, sin manchas, sin podredumbres y si es posible, aceptar golpes o erosiones mecánicas. (Thomas, 1999).

Si existen tomates con poca podredumbre o áreas verdes, se recortan estas zonas y se pueden utilizar en el proceso. (Thomas, 1999).

2. Limpieza. Se realiza con la finalidad de eliminar la suciedad y restos de tierra adheridos en la superficie del tomate. Esta operación se puede realizar en varios pasos, puede ser por:

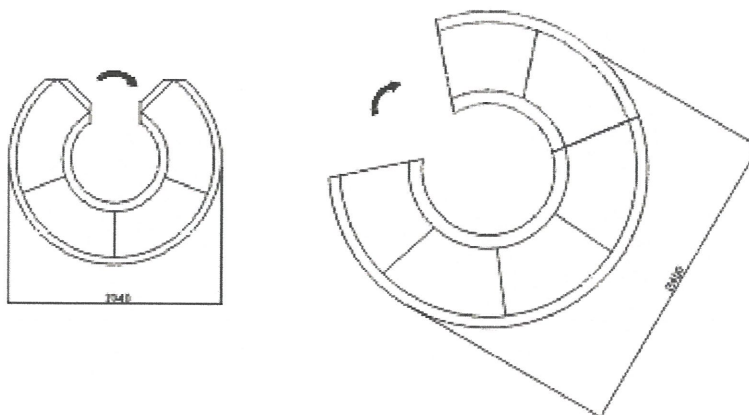
- **Inmersión:** Por lo general viene a ser un tratamiento previo a los otros tipos de lavados. En este caso se debe cambiar constantemente el agua para evitar que a la larga se convierta en un agente contaminante. Este método de lavado se puede realizar en tinas e incluye el lavado manual. (Thomas, 1999).

- **Agitación:** En este caso, el tomate es transportado a través de una corriente de agua en forma continua. (Thomas, 1999).

- **Aspersión:** Es muy utilizado en plantas de gran capacidad de producción, por ser el método más eficiente. Se debe tener en cuenta la presión, el volumen y la temperatura del agua, la distancia de los rociadores al tomate, la carga del producto y el tiempo de exposición. (Thomas, 1999).

Este método muchas veces se combina con el movimiento rotatorio de un cilindro de acero inoxidable levemente inclinado para mejorar el lavado de los tomates a utilizar; en este cilindro se agrega el tomate y a medida que estos se van deslizando debido a la inclinación del cilindro se van lavando con el agua que sale a presión por los aspersores. (Thomas, 1999).

Figura 1: Esquema general de un lavador rotatorio



Dependiendo de las instalaciones y capacidad de producción, se decidirá por la mejor alternativa de lavado.

Para el caso de pequeñas empresas, el método de lavado por inmersión es el más adecuado. En este método, las soluciones desinfectantes mayormente empleadas están compuestas de hipoclorito de sodio. El tiempo de inmersión en estas soluciones desinfectantes no debe ser menor a 15 minutos y su concentración es de 50 a 100 ppm. Finalmente se recomienda enjuagar con abundante agua. (Thomas, 1999).

3. Picado. En algunos alimentos procesados se realiza esta labor que permite la uniformidad en formas, pesos y en el procesamiento; para poder de esta forma obtener un mejor tratamiento de los trozos pequeños; así como para permitir la penetración del calor en forma más homogénea en la marmita. (Toledo, 1991).

El picado aplica al tomate y cebolla que se utiliza durante el proceso y se debe realizar con herramientas o equipos que produzcan cortes limpios, que involucren pocas capas de células para obtener la mayor cantidad de material aprovechable y que no produzcan un daño masivo en el tejido, evitando los efectos perjudiciales de un cambio de color y sabor en el producto, debido a la oxidación. (Toledo, 1991).

4. Sofrito de la cebolla en aceite refinado de girasol. Una vez el tomate está cortado y mezclado con la pasta de tomate agregada a la cortadora, se procede a sofreír la cebolla y el ajo en aceite refinado de girasol; no se trata de una fritura por lo cual el tiempo de contacto entre estos y el aceite será más reducido que en ese caso. Deberá controlarse también la temperatura del aceite y la cantidad empleada del mismo. Asimismo, deberá controlarse regularmente el estado oxidativo del aceite. (Toledo, 1991).

Estos ingredientes se añaden en trozos muy pequeños, controlando el orden en el que se adicionan los ingredientes; teniendo en cuenta los diferentes tiempos de sofrito para cada uno de ellos. (Toledo, 1991).

No se sofríe conjuntamente el tomate con el resto de ingredientes por las siguientes razones:

- En el producto final siempre se obtendrá una proporción mucho más grande de tomate que del resto de ingredientes.
- Asimismo cocinar por separado el tomate permitirá no tener que calcular una proporción conjunta de ingredientes y además producir la cantidad de tomate sofrito deseada independientemente de necesaria para el producto final, pudiendo almacenar el tomate programando la producción. (Toledo, 1991).

Otro motivo para realizar esta etapa de forma separada es que si ocurre cualquier problema durante el sofrito y el producto (tomate o el resto de ingredientes) resulta no adecuado, se evita el coste de tener que tirar toda la materia prima, pudiendo salvaguardar los ingredientes que no hayan sufrido daños. (Toledo, 1991).

5. Cocción de la salsa. El escaldado es un tratamiento térmico por vapor; los tomates se pueden mantener a una temperatura próxima a 95°C durante algunos minutos; se puede utilizar como medios para el escaldado agua caliente y vapor de agua; el escaldado no solo permitirá el pelado sino que permitirá reducir el número de microorganismos en un 90%; para ello serán determinantes el tiempo y la temperatura alcanzadas. (Toledo, 1991).

Así mismo, ablanda la textura del tomate, lo cual es favorable para el proceso y también inactiva enzimas pépticos, con lo cual se mejora el color, olor, sabor y retención de vitamina C.

Además, es en esta etapa en la cual son agregados los condimentos sólidos faltantes previo a ser colocada la salsa de tomate a ebullición y agitación constante.

Finalmente se obtiene una salsa espesa, sofrita, con la mezcla adecuada de todos sus componentes. (Toledo, 1991).

6. Esterilización. Es preferible llevar a cabo una esterilización y no una pasteurización porque para el pH del producto acabado (normalmente entre 4.5 y 4.6) podría existir algún riesgo de contaminación microbiana si solamente se efectuara una pasteurización. (Toledo, 1991).

De esta forma se consigue eliminar levaduras, mohos y otros microorganismos responsables de la alteración de los alimentos, los más importantes de los cuales serán las bacterias, que son los más resistentes a la temperatura y los principales causantes de intoxicaciones alimentarias. (Toledo, 1991).

Será importante procurar que este tratamiento térmico altere en el menor grado posible el valor nutritivo del alimento y sus características propias.

Para la esterilización hay multitud de equipos dependiendo de si se utilizará un sistema continuo o por cargas. (Toledo, 1991).

Así también, es importante verificar las propiedades de color, sabor y consistencia de la salsa una vez terminada la cocción de la misma. (Toledo, 1991).

B. Empaque

1. Fundamentos del envasado aséptico. Una de las condiciones necesarias para producir un producto pasteurizado con una vida microbiológica larga y que puede distribuirse a temperatura ambiente es el envasado aséptico. Esta tecnología difiere de las

técnicas convencionales de enlatado en que los envases son pre esterilizados y después llenados con el producto frío y un ambiente frío en condiciones comerciales estériles, seguido del cierre en un entorno totalmente estéril. (Smith, 1995).

El envasado aséptico consiste en sistema de llenado que funcionan en condiciones estériles en máquinas herméticamente selladas equipadas con sistemas de esterilización para el envasado antes del llenado, utilizando peróxido de hidrógeno que se distribuye a través de una corriente de aire caliente, creando así una atmósfera libre de bacterias en la sección de llenado. (Smith, 1995).

Antes del envasado, se lleva a cabo un acondicionamiento aséptico, que consiste en desinfectar todos los componentes utilizados en el dicho acondicionamiento, limpieza y etapas de esterilización dirigidas a reducir la contaminación inicial:

- Del recipiente.
- Del sistema de cierre.
- De los materiales utilizados.
- Del entorno.

a. Beneficios del empaque aséptico. La enorme eficiencia de los tratamientos térmicos durante el proceso aséptico permite mantener todo el sabor del producto y los componentes nutritivos.

Así, la calidad final del producto es mayor que la obtenida con el proceso térmico tradicional. (Smith, 1995).

Otras ventajas:

- No se necesitan los conservantes químicos.
- Costes de transporte más bajos que el IQF.
- Descenso en los costes de almacenamiento.

b. Envases asépticos. El envase en los sistemas de envasado aséptico juega un papel muy importante, porque si no se cierra herméticamente para proporcionar una barrera

efectiva al oxígeno y a la luz, la esterilización adquirida en las etapas de preparación se perderá. (Smith, 1995).

Si el envase es permeable al oxígeno y a la luz, éstos naturalmente generarán diferentes reacciones de oxidación, dependiendo del producto contenido en el envase. (Smith, 1995).

Actualmente existen en el mercado varias formas de envases asépticos, comúnmente llamados bolsas asépticas. Los componentes de este tipo de envase son:

- La bolsa.
- Una boquilla de llenado.
- Un tapón.
- Un contenedor.

Los tamaños más comunes de las bolsas son 5, 10, 20 y 200 Kg, aunque los pesos pueden variar con la densidad específica del producto que contienen. (Smith, 1995).

El material de barrera de las bolsas es normalmente poliéster metalizado al vacío o alcohol de vinilo etílico, mientras que el cuerpo de la bolsa suele ser de polietileno de baja o media densidad. (Smith, 1995).

c. Aplicaciones. La llenadora aséptica está diseñada especialmente para satisfacer los requerimientos del mercado:

Catering: este mercado en efervescencia, que debe su auge a los hábitos modernos de alimentación fuera del hogar (restaurantes de empresas, centros administrativos, hospitales, colegios, etc.) demanda de verduras tales como hojas de espinacas, guisantes enteros, pimiento en tiras, cebolla, etc.; así como platos precocinados e ingredientes. (Smith, 1995).

Los sectores de los lácteos y de confitería/panadería demandan fruta cubeteada y entera, bases o preparados de frutas. (Smith, 1995).

El sector de precocinados demanda sobre todo tomate, tomate concentrado tipo hot and cold break. (Smith, 1995).

d. Materiales de envasado de alto desempeño. La tecnología actual cuenta con avanzadas estructuras coextruídas multicapas, películas, diseñadas específicamente para el proceso de envasado, manejo y distribución de alimentos calientes y fríos, que han sido envasados en sistemas de bombeo. (Brody, 1997).

e. Película para sistemas de formado, llenado y sellado vertical. Los sistemas de envase flexible ofrecen muchas ventajas para el envasado de comidas preparadas, ya sea para una operación de cocina centralizada, un restaurante, hotel o un distribuidor, atendiendo a la industria de comida preparada. (Brody, 1997).

Figura 2: Sistemas de envase flexible.



f. Fundas y bolsas para operación de cocinado y enfriado. El alto desempeño y versatilidad de las fundas son la perfecta solución para aumentar las aplicaciones de cocinado y enfriado. Es ideal para envasar una gran variedad de alimentos preparados en ollas o marmitas que puedan ser bombeados directamente hacia la funda o llenado a mano, para después ser enfriado, congelado, almacenado, distribuido y recalentado, todo en la misma funda. (Brody, 1997).

Productos tradicionales:

- Sopas, estofados, purés
- Guisos, pastas
- Salsas, gravy
- Jarabes, aderezos.
- Conservas en salmuera

Figura 3: Fundas y bolsas para operación de cocinado y enfriado.



g. Bolsas termo-encogibles. El alto desempeño de las bolsas termo-encogibles puede expandir su oferta de valor agregado en productos rostizados, marinados y preparados; son muy usadas para cocinar y en envío o distribución de carne, aves y jamones. (Brody, 1997).

Figura 4: Sistemas de envase termo-encogible.



Actualmente en la planta se empaacan 2.269Kg (5 libras) de salsa de tomate en bolsas plásticas etiquetadas con fecha de vencimiento, fecha de producción y número de lote. Este empaque se realiza de forma manual.

Es posible considerar empaacar también mediante máquinas dosificadoras para el llenado de la salsa, en el modo de empaque más apropiado.

El llenado se realiza en caliente con la salsa de tomate a temperatura de ebullición, 90 – 93.33°C.

Una vez terminado el proceso de empaque de la salsa, es necesario verificar la hermeticidad de los cierres. (Toledo, 1991).

C. Tratamiento, conservación y manipulación de alimentos

En general los alimentos son perecederos, por lo que necesitan ciertas condiciones de tratamiento, conservación y manipulación. Su principal causa de deterioro es el ataque por diferentes tipos de microorganismos (bacterias, levaduras y mohos). (Norman, 1996).

Esto tiene implicaciones económicas evidentes, tanto para los fabricantes (deterioro de materias primas y productos elaborados antes de su comercialización, pérdida de la imagen de marca, etc.) como para distribuidores y consumidores (deterioro de productos después de su adquisición y antes de su consumo).

Se calcula que más del 20% de todos los alimentos producidos en el mundo se pierden por acción de los microorganismos. (Norman, 1996).

Por otra parte, los alimentos alterados pueden resultar muy perjudiciales para la salud del consumidor. La toxina botulínica, producida por una bacteria, *Clostridium botulinum*, en las conservas mal esterilizadas, embutidos y en otros productos, es una de las sustancias más venenosas que se conocen (miles de veces más tóxica que el cianuro). Otras sustancias producidas por el crecimiento de ciertos mohos son potentes agentes cancerígenos. Existen pues razones poderosas para evitar la alteración de los alimentos. (Norman, 1996).

A los métodos físicos, como el calentamiento, deshidratación, irradiación o congelación, pueden asociarse métodos químicos que causen la muerte de los microorganismos o que al menos eviten su crecimiento. (Norman, 1996).

En muchos alimentos existen de forma natural sustancias con actividad antimicrobiana. Muchas frutas contienen diferentes ácidos orgánicos, como el ácido benzoico o el ácido cítrico. La relativa estabilidad de los yogures comparados con la leche se debe al ácido láctico producido durante su fermentación. Los ajos, cebollas y muchas especias contienen potentes agentes antimicrobianos, o precursores que se transforman en ellos al triturarlos. (Norman, 1996).

1. Algunos métodos de conservación de alimentos

a. Sistemas actuales de conservación. La organización tradicional de la cocina industrial se entiende como la coordinación entre las distintas fases de elaboración de comidas y su posterior distribución o consumo.

La modernización de los métodos de trabajo, generados por las necesidades de producción en la restauración colectiva, así como las crecientes exigencias en materia de higiene alimentaria y los avances tecnológicos, hacen que esta organización tradicional está cambiando por otra más flexible, que se adapte a cada tipo de empresa. (Norman, 1996).

La calidad original y la perfecta conservación de los alimentos en las distintas fases de producción hasta su consumo final son elementos fundamentales en cualquier tipo de cocina.

En las cocinas industriales se utilizan métodos de conservación por el calor y el frío, aunque está demostrado que el segundo es el más eficaz y más utilizado. Otras técnicas recientes, como el envasado al vacío o con gases protectores, aseguran una mejor y más duradera conservación de los alimentos. (Norman, 1996).

Aunque existen varias clasificaciones, podemos hablar de dos grandes sistemas de conservación: por calor y por frío.

A su vez los diferentes tipos de conservación se agrupan en dos grandes bloques:

- Sistemas de conservación que destruyen los gérmenes (bactericidas)
- Sistemas de conservación que impiden el desarrollo de gérmenes (bacteriostáticos)

2. Bactericidas/Bacteriostáticos

- Ebullición
- Esterilización
- Pasteurización
- Uperización

- Enlatado
- Ahumado
- Adición de sustancias químicas

3. Irradiación

- Refrigeración
- Congelación
- Deshidratación
- Adición de sustancias químicas

4. Conservación por el frío. Consiste en someter los alimentos a la acción de bajas temperaturas, para reducir o eliminar la actividad microbiana y enzimática y para mantener determinadas condiciones físicas y químicas del alimento. (Norman, 1996).

El frío es el procedimiento más seguro de conservación. La congelación previene y detiene la corrupción, conservando los alimentos en buen estado durante largo tiempo. (Norman, 1996).

Tras su cocinado, los alimentos pueden contaminarse por:

- Contener algunos gérmenes de las materias primas utilizadas y que son resistentes a la cocción.
- Microorganismos del aire, del manipulador, del recipiente, etc., sobre todo si estos encuentran temperaturas y tiempos idóneos para su reproducción.

Estas dos cuestiones hacen que la rapidez de la aplicación del frío sobre los alimentos ya cocinados, si no van a consumirse enseguida, tiene una importancia vital. (Norman, 1996).

El tiempo de enfriado de los alimentos cocinados es muy variable dependiendo del sistema utilizado, desde minutos a horas. Estudios científicos demuestran la necesidad de enfriar en menos de dos horas, con objeto de bajar la temperatura de los alimentos desde 65

hasta 10°C (en el centro de éstos) y almacenar después a temperaturas inferiores a 2°C. (Norman, 1996).

El período de conservación de un alimento almacenado a 2°C no debe sobrepasar de los seis días normalmente. (Norman, 1996).

Los procesos de conservación en frío son

- Refrigeración
- Congelación

5. Refrigeración. Mantiene el alimento por debajo de la temperatura de multiplicación bacteriana. (Entre 2 y 5 °C en frigoríficos industriales, y entre 8 y 15°C en frigoríficos domésticos). (Norman, 1996).

Conserva el alimento solo a corto plazo, ya que la humedad favorece la proliferación de hongos y bacterias.

Mantiene los alimentos entre 0 y 5-6°C, inhibiendo durante algunos días el crecimiento microbiano. Somete al alimento a bajas temperaturas sin llegar a la congelación. (Norman, 1996).

La temperatura debe mantenerse uniforme durante el periodo de conservación, dentro de los límites de tolerancia admitidos, en su caso, y ser la apropiada para cada tipo de producto. (Norman, 1996).

Las carnes se conservan durante varias semanas a 2 - 3°C bajo cero, siempre que se tenga humedad relativa y temperatura controladas. De este modo no se distingue de una carne recién sacrificada. (Norman, 1996).

6. Congelación. La industria de la alimentación ha desarrollado cada vez más las técnicas de congelación para una gran variedad de alimentos: frutas, verduras, carnes, pescados y alimentos precocinados de muy diversos tipos.

Para ello se someten a un enfriamiento muy rápido, a temperaturas del orden de -30°C con el fin de que no se lleguen a formar macrocristales de hielo que romperían la estructura y apariencia del alimento. Con frecuencia envasados al vacío, pueden conservarse durante meses en cámaras de congelación a temperaturas del orden de -18 a -20°C , manteniendo su aspecto, valor nutritivo y contenido vitamínico. (Norman, 1996).

El fundamento de la congelación es someter a los alimentos a temperaturas iguales o inferiores a las necesarias de mantenimiento, para congelar la mayor parte posible del agua que contienen. Durante el período de conservación, la temperatura se mantendrá uniforme de acuerdo con las exigencias y tolerancias permitidas para cada producto. (Norman, 1996).

Detiene la vida orgánica, ya que enfría el alimento hasta los 20° bajo cero (en congeladores industriales llega hasta 40° bajo cero). Es un buen método, aunque la rapidez en el proceso influirá en la calidad de la congelación. (Norman, 1996).

Congelación lenta: Produce cambios de textura y valor nutritivo.

Congelación rápida: Mantiene las características nutritivas y organolépticas.

7. Ultra congelación. La sobre-congelación o ultra-congelación consiste en una congelación en tiempo muy rápido (120 minutos como máximo), a una temperatura muy baja (inferior a -40°C), lo que permite conservar al máximo la estructura física de los productos alimenticios. Dado que éstos conservan inalteradas la mayor parte de sus cualidades, solo deben someterse a este proceso aquellos que se encuentren en perfecto estado. Los alimentos ultra-congelados una vez adquiridos se conservan en las cámaras de congelación a unos -18 a -20°C . (Norman, 1996).

D. Etapas del proceso actualmente utilizado en la planta donde se realizó el estudio

En una planta procesadora de alimentos existente en Guatemala, el proceso de elaboración de salsa de tomate se divide en tres etapas:

- Formulación y preparación de la materia prima
- Fabricación de la salsa de tomate

- Empaque del producto terminado

1. Formulación y preparación de la materia prima. En el caso específico de esta planta, el área de formulación se encuentra fuera del área de producción, aquí se prepara la fórmula establecida para la elaboración de la salsa de tomate mediante la cual es dosificada la cantidad de los componentes a utilizar.

2. Equipo. Actualmente se utilizan para esta línea de producción los siguientes equipos:

- Marmita enchaquetada con capacidad de 37.85L (10 galones).
- Picadora de dos velocidades Horbart HCM-450.
- Marmita enchaquetada de vapor con capacidad de 567.82L (150 galones).
- Balanza electrónica de 50Kg \pm 0.001Kg de precisión.
- Tanque de enfriamiento.
- Contenedores para almacenamiento.

3. Fabricación de la salsa de tomate. Actualmente el proceso de elaboración de la salsa de tomate se lleva a cabo en una línea que consta de una picadora de dos velocidades Horbart HCM-450 y 2 marmitas con capacidades de 37.85L y 567.82L (10 galones y 150 galones) respectivamente; tanto la marmita pequeña de 37.85L (10 galones) como el cúter son eléctricos mientras que la marmita de 567.82L (150 galones) es accionada con vapor proveniente de una caldera automática de 390 Kg/h de vapor.

El proceso de cocción de la salsa tarda aproximadamente 15 a 20 minutos hasta alcanzar una temperatura de 93.33⁰C (200⁰F); dependiendo de la presión con que esté entrando el vapor a la marmita, aproximadamente entre 137.90 y 206.84 KPa (20 y 30 psi).

Los parámetros a verificar por Control de Calidad son básicamente aspectos sensoriales y físico-químicos:

- ✓ Sabor.
- ✓ Color: rojo oscuro.

- ✓ Textura: espesa.
- ✓ Aspecto.
- ✓ Viscosidad.
- ✓ pH.
- ✓ °Brix.

Si el producto no se encuentra dentro del rango de estas especificaciones técnicas, el personal de laboratorio debe inferir el procedimiento que deberá seguir el operario para lograr que el producto se encuentre dentro especificación.

Los defectos críticos de la salsa de tomate que ameritarán un rechazo son:

- Color distinto al estándar.
- Presencia de materia extraña.
- Partículas muy grandes.
- Especies mal disueltas.
- Sabor/olor a tomate en mal estado.

4. Especificaciones microbiológicas:

Recuento total

Coliformes

Patógenos

Salmonella, Listeria y E. coli

5. Vida útil. Vida útil de 5 días en refrigeración en cuarto frío.

6. Empaque del producto terminado. Cuando el producto se encuentra dentro de las especificaciones establecidas, el operario de la marmita vierte el producto en contenedores y lo traslada al área de empaque.

En el área de empaque, el producto es pesado en bolsas previamente etiquetadas, con la ayuda de una balanza electrónica de $50 \pm 0.001\text{Kg}$ y es empacado, colocándose 2.269Kg

(5 libras) por bolsa y cerrando cada una de estas bolsas con nudo. Esto a una temperatura no menor de 80°C.

Estas bolsas son sumergidas dentro de un tanque de enfriamiento de 1,500 L, previamente preparado con hielo y agua al 50% de su capacidad; agregándose el hielo restante para cubrir las bolsas.

Se espera que la temperatura interna del producto disminuya hasta 3.5°C (38°F) y éste es enviado a una cámara fría para su almacenaje, la cual deberá estar a una temperatura de 2.0 – 3.5°C (35.6 – 38.3°F).

III. JUSTIFICACIÓN

Esta tesis propone el rediseño y la automatización de la línea de producción y empaque de salsa de tomate buscando aumentar la capacidad de producción de la misma, haciéndola más rápida y eficiente; previendo el futuro crecimiento en la demanda del producto.

Así mismo, se busca disminuir las pérdidas de producto debido a las mermas generadas por el proceso de empaque manual actualmente utilizado. A la vez, garantizando la inocuidad e integridad del producto con un mejor empaque y obteniendo una disminución en los costos de producción.

IV.OBJETIVOS

A. GENERAL

- Rediseñar y automatizar una línea de producción y empaque de salsa de tomate, ya existente en una planta procesadora de alimentos en Guatemala.

B. ESPECÍFICOS

- Rediseñar y automatizar la línea de producción.
- Aumentar la capacidad de producción de la línea.
- Reducir las mermas generadas en el proceso de empaque del producto.
- Disminuir costos de producción.
- Disminuir riesgo de contaminación microbiológica.
- Realizar un análisis económico del costo que representa el proyecto.
- Analizar el tiempo de retorno del capital a invertir.

V. PROBLEMA A RESOLVER

Actualmente el proceso de producción y empaque de salsa de tomate de esta planta procesadora de alimentos no está automatizado y reporta altas pérdidas por mermas generadas en el proceso de empaque actualmente utilizado; esta línea cuenta con costos de producción elevados.

VI. METODOLOGÍA

Dentro de la metodología a seguir se encuentra inicialmente la recopilación de información acerca del proceso actual, así como de temas referentes a la automatización del mismo, en la cual se incluirá una investigación acerca de equipo alternativo que pueda servir al rediseño del proceso.

Así mismo se construirán diagramas que describan el proceso; tanto un diagrama de caja negra como un diagrama de operaciones; para comprender y divisar de mejor manera el proceso actual y lograr identificar oportunidades de mejora en el mismo.

Se realizará el estudio correspondiente de la capacidad de producción actual de la línea, así como también la cuantificación de las pérdidas generadas por las mermas resultado del proceso actual de empaque manual.

Seguidamente se plantearán nuevas propuestas de diseño de la línea de producción y empaque del producto, con sus correspondientes cotizaciones del equipo que se incluya para cada propuesta.

Se realizará un esquema representativo del proceso alternativo propuesto para su mejor comprensión.

Una vez generada la propuesta del nuevo diseño del proceso y su automatización, se realizará un estudio de la capacidad de producción, mermas generadas e inocuidad del producto obtenido con la misma.

Por último se hará una comparación económica de ambos procesos, el actual y el propuesto, para justificar la inversión en este último; así como también, un estudio para obtener el tiempo en el cual retornará el capital que se empleará para el financiamiento del proyecto ya que éste se implementará a corto plazo en la planta.

VII. RESULTADOS

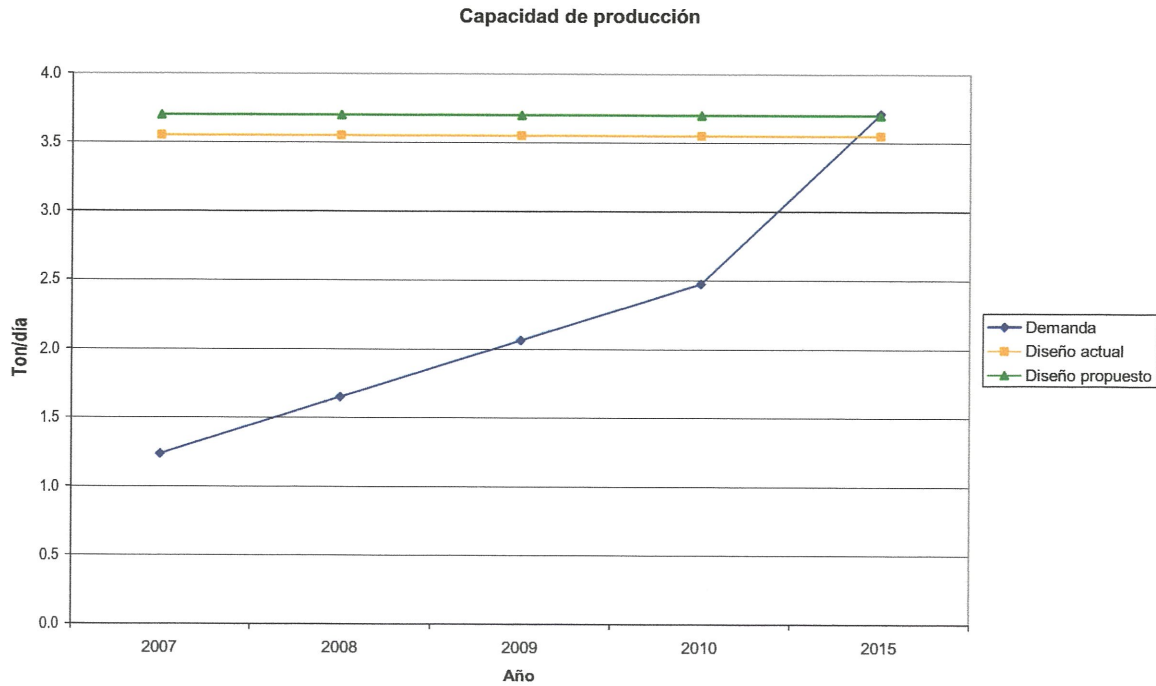
Tabla No.1 Tiempo empleado para la elaboración de un batch de salsa de tomate

	Diseño actual (horas)	Diseño propuesto (horas)
Producción	1.85	1.78
Empaque	1	0.14
Enfriamiento	18.98	2.37
Total	21.84 \approx 22	4.29 \approx 4.5

Tabla No.2 Capacidad de cumplimiento de demanda según el crecimiento anual.

Año	Demanda de producto (Ton/día)	Capacidad					
		Producción (Ton/día)		Empaque (Ton/día)		Enfriamiento (Ton/día)	
		Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto
2007	1.2	3.6	3.7	6.6	48.0	1.7	4.2
2008	1.7	3.6	3.7	6.6	48.0	1.7	4.2
2009	2.1	3.6	3.7	6.6	48.0	--	4.2
2010	2.5	3.6	3.7	6.6	48.0	--	4.2
2015	3.7	--	3.7	6.6	48.0	--	4.2

Gráfica No.1 Capacidad de producción vs. crecimiento anual proyectado



Gráfica No.2 Capacidad de enfriamiento vs. crecimiento anual proyectado

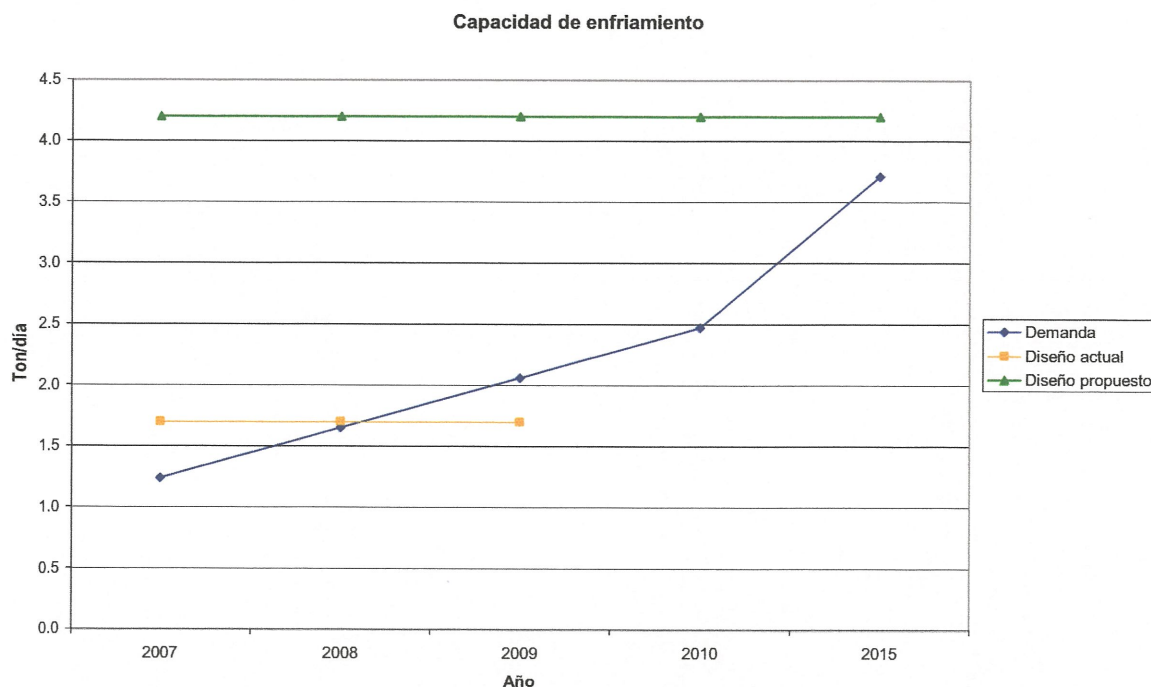


Tabla No.3 Merma generada en proceso de empaque y ahorro anual que representa

Año	Merma anual del proceso (Kg)		Ahorro anual (Q)
	Actual (± 0.001 Kg)	Propuesto (± 0.001 Kg)	
2007	245.16	35	1,348.38
2008	326.88	35	1,797.84
2009	408.60	35	2,247.30
2010	490.32	35	2,696.76
2015	735.48	35	4,045.14

* Aunque en el diseño propuesto la merma del proceso de empaque no es significativa, se asigna un valor de 35 ± 0.001 Kg al año como máximo.

Tabla No.4 Costos de producción según la proyección de crecimiento anual

Año	Costo anual diseño actual (Q)	Costo anual diseño propuesto (Q)	Ahorro anual (Q)
2007	697,834.27	108,424.08	589,410.19
2008	930,445.694	144,565.44	785,880.25
2009	1,163,057.12	180,706.8	982,350.32
2010	1,395,668.54	216,848.16	1,178,820.38
2015	2,093,502.81	325,272.24	1,768,230.57

Gráfica No.3 Ahorro anual que representa la disminución de costos de producción con el diseño propuesto vs. crecimiento anual proyectado

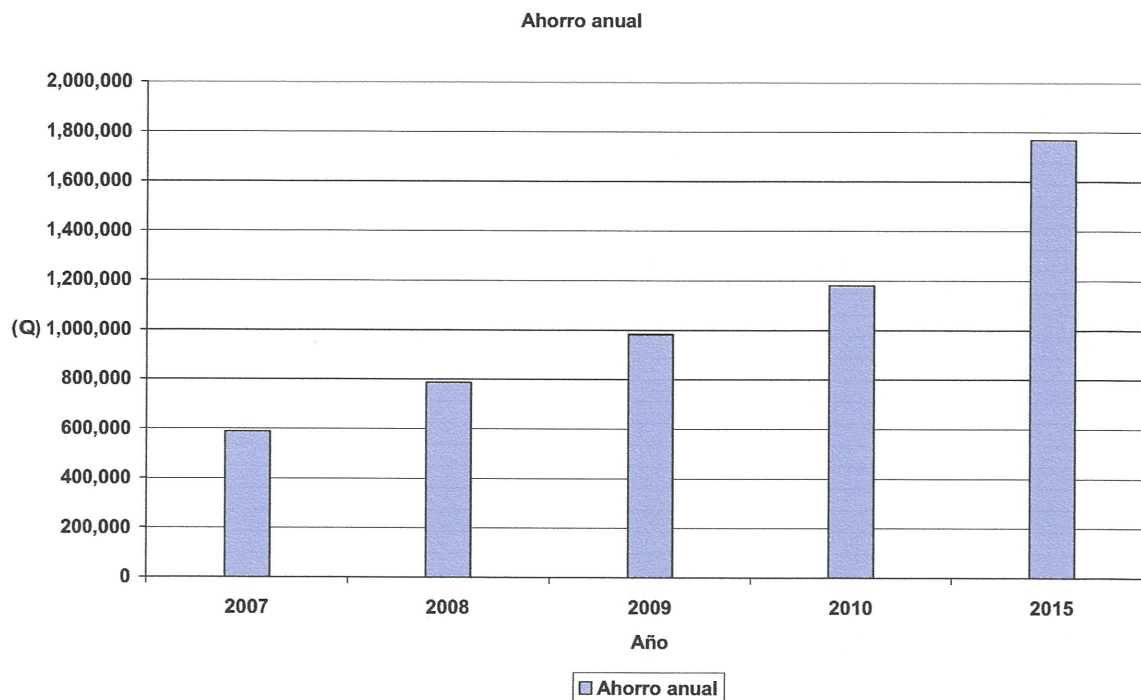


Tabla No.5 Riesgos de contaminación microbiológica

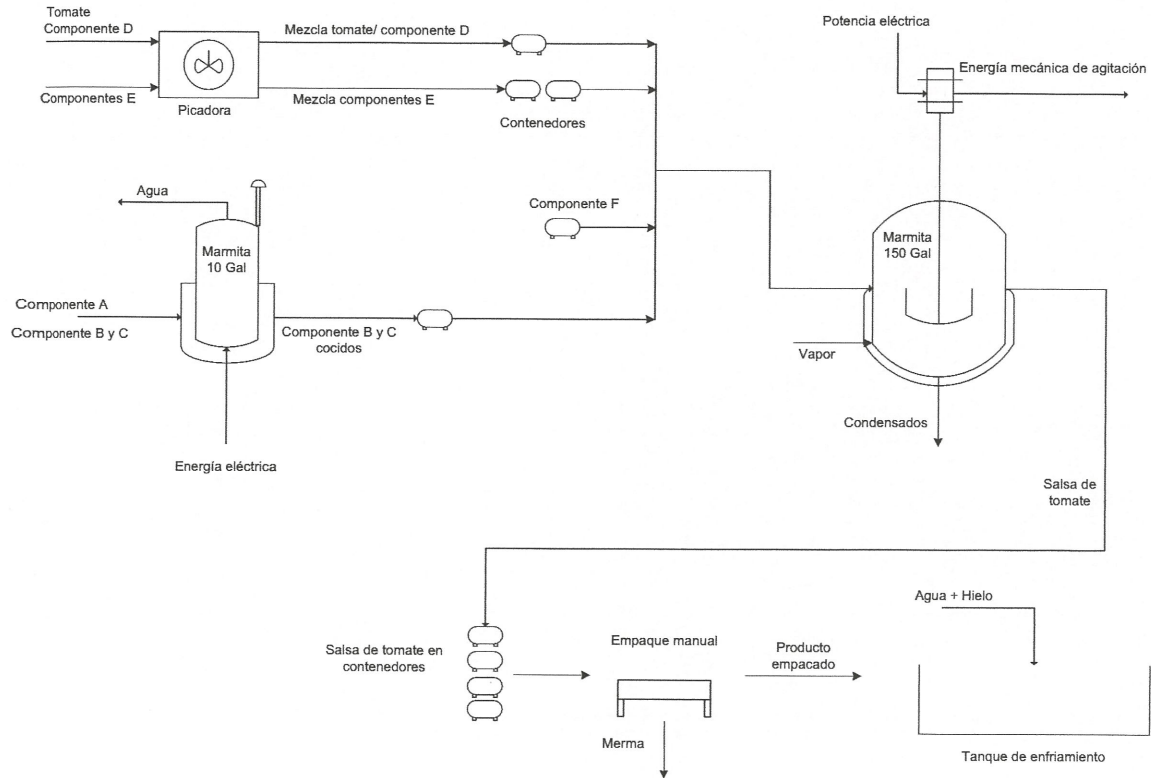
Riesgo de contaminación	
Actual	Propuesto
El producto es descargado 4 veces en contenedores durante el proceso.	El producto es descargado 3 veces en contenedores durante el proceso.
El empaque (pesado y amarrado) del producto es manual.	Operario no tiene contacto directo con el producto durante su llenado y empacado.
No se controla tiempo de enfriamiento de producto.	Tiempo de enfriamiento controlado.

Tabla No.6 Valores TIR y VAN del diseño propuesto

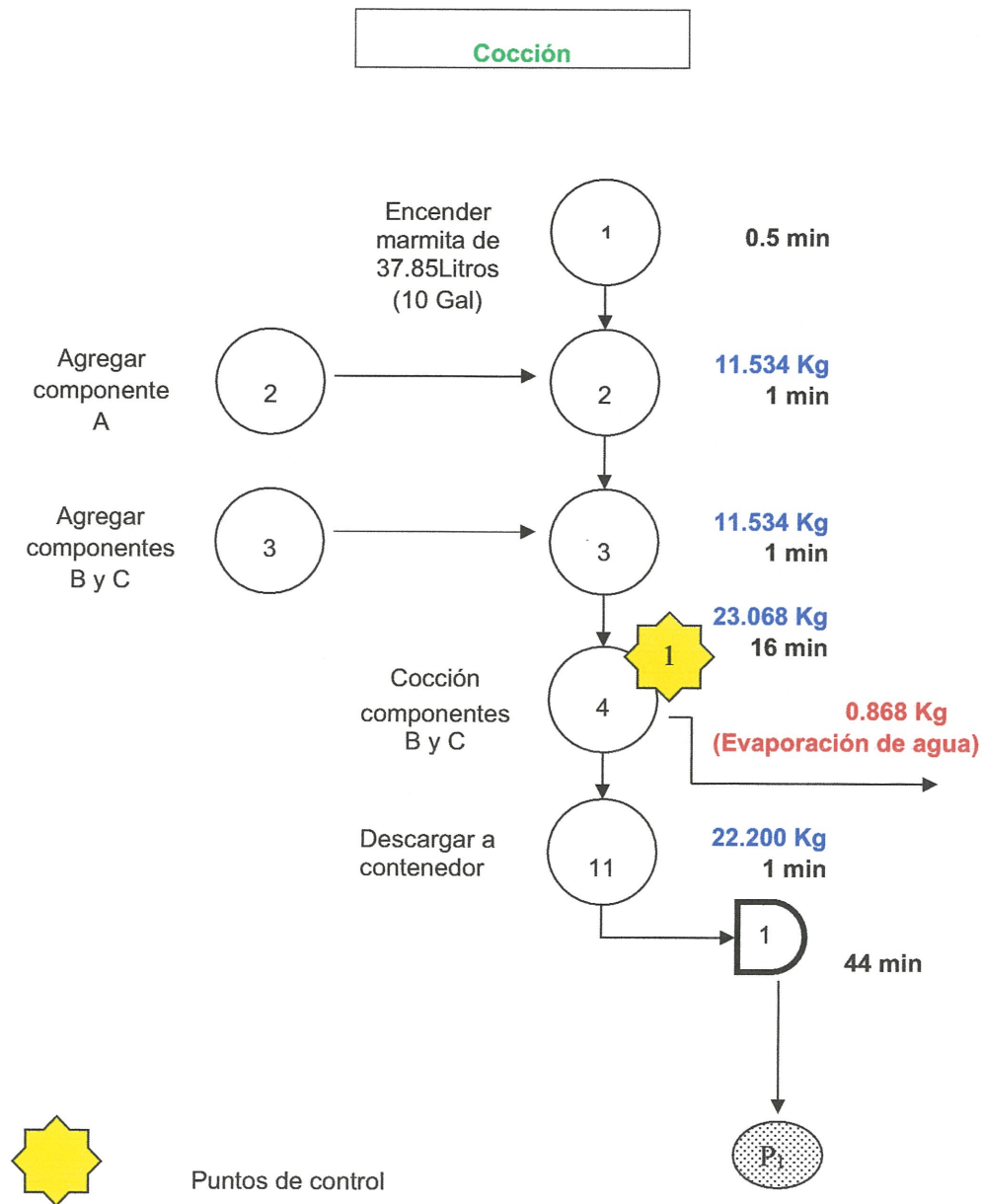
Tasa exigida de rendimiento	1.5	150%
VAN	Q 253,875.26	
TIR	2.29	229%

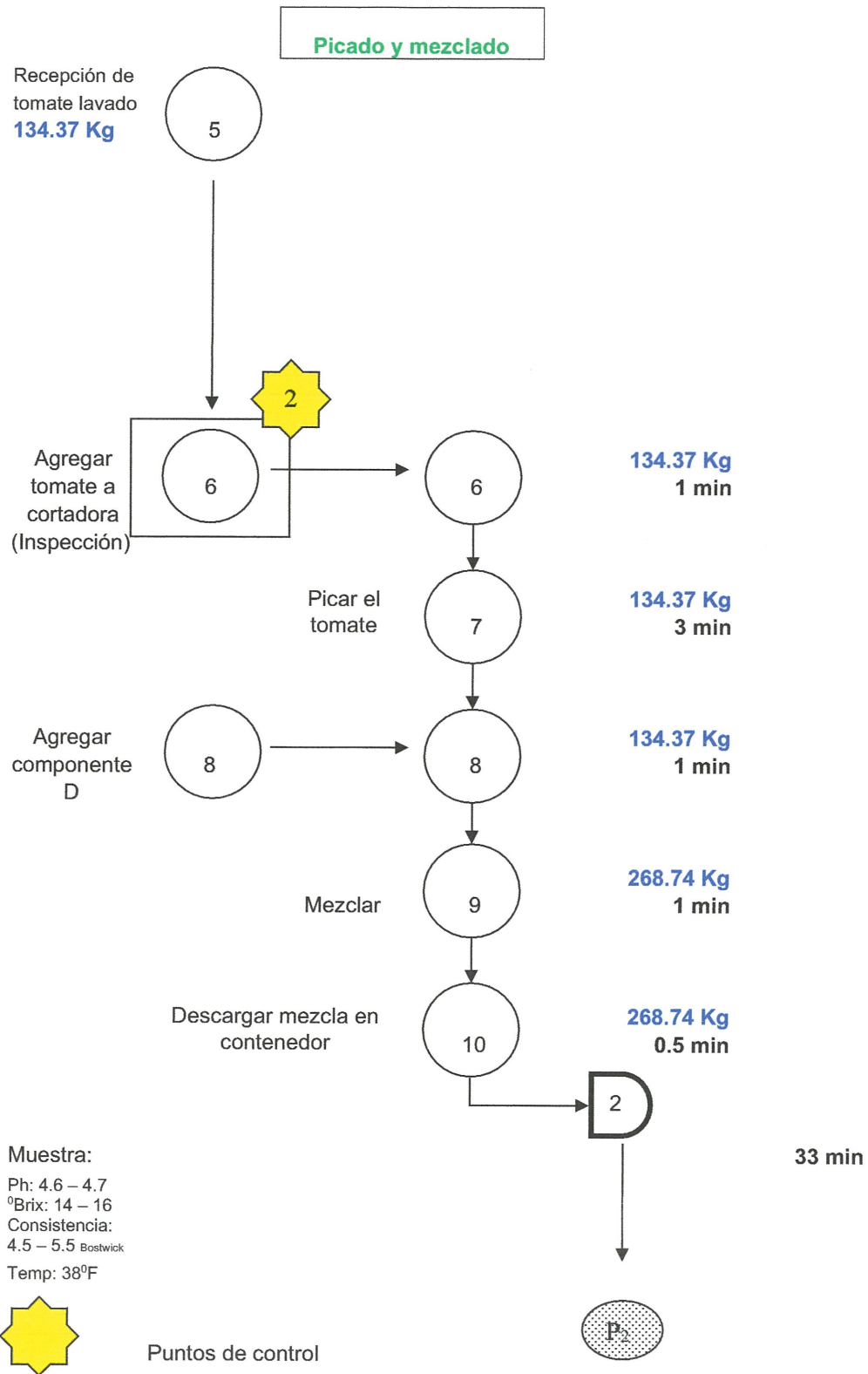
A. Diagrama del proceso actual

Figura No.5 Layout del proceso actual

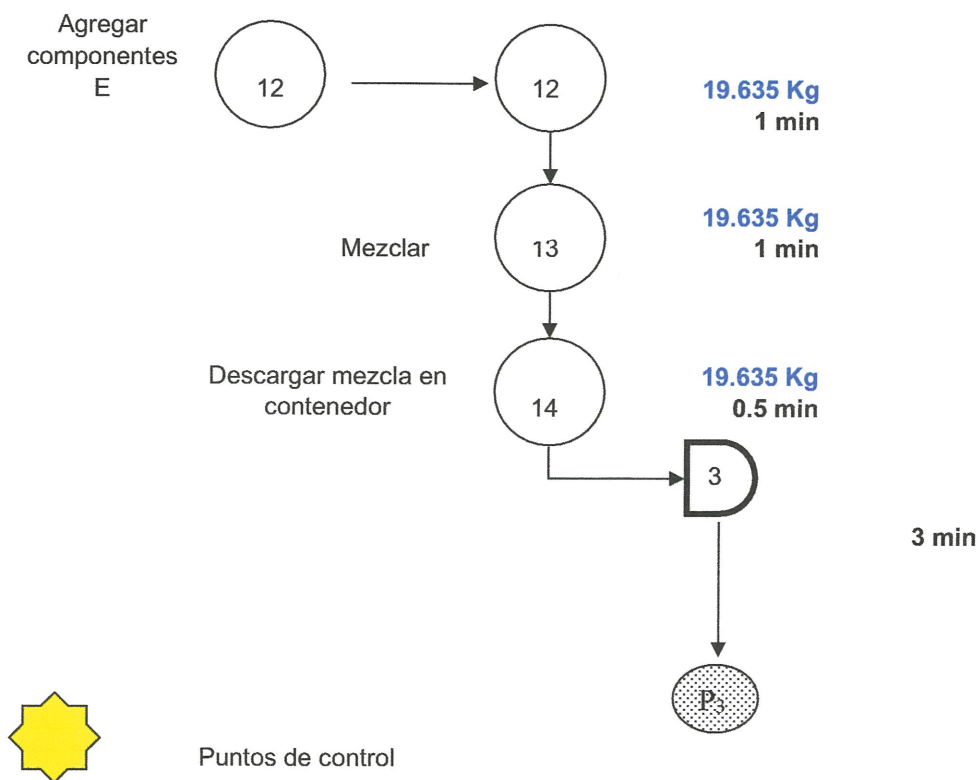


B. Diagrama detallado y balance de masa del proceso actual

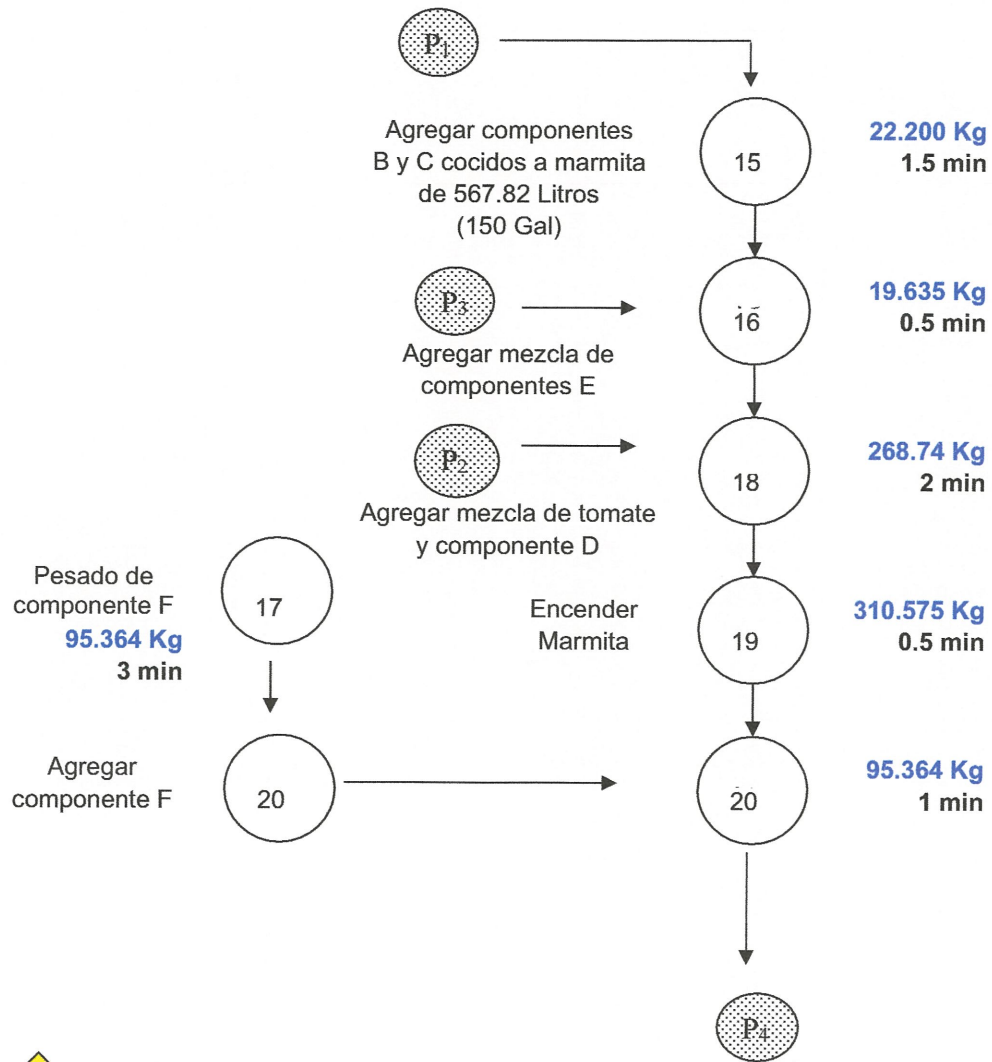




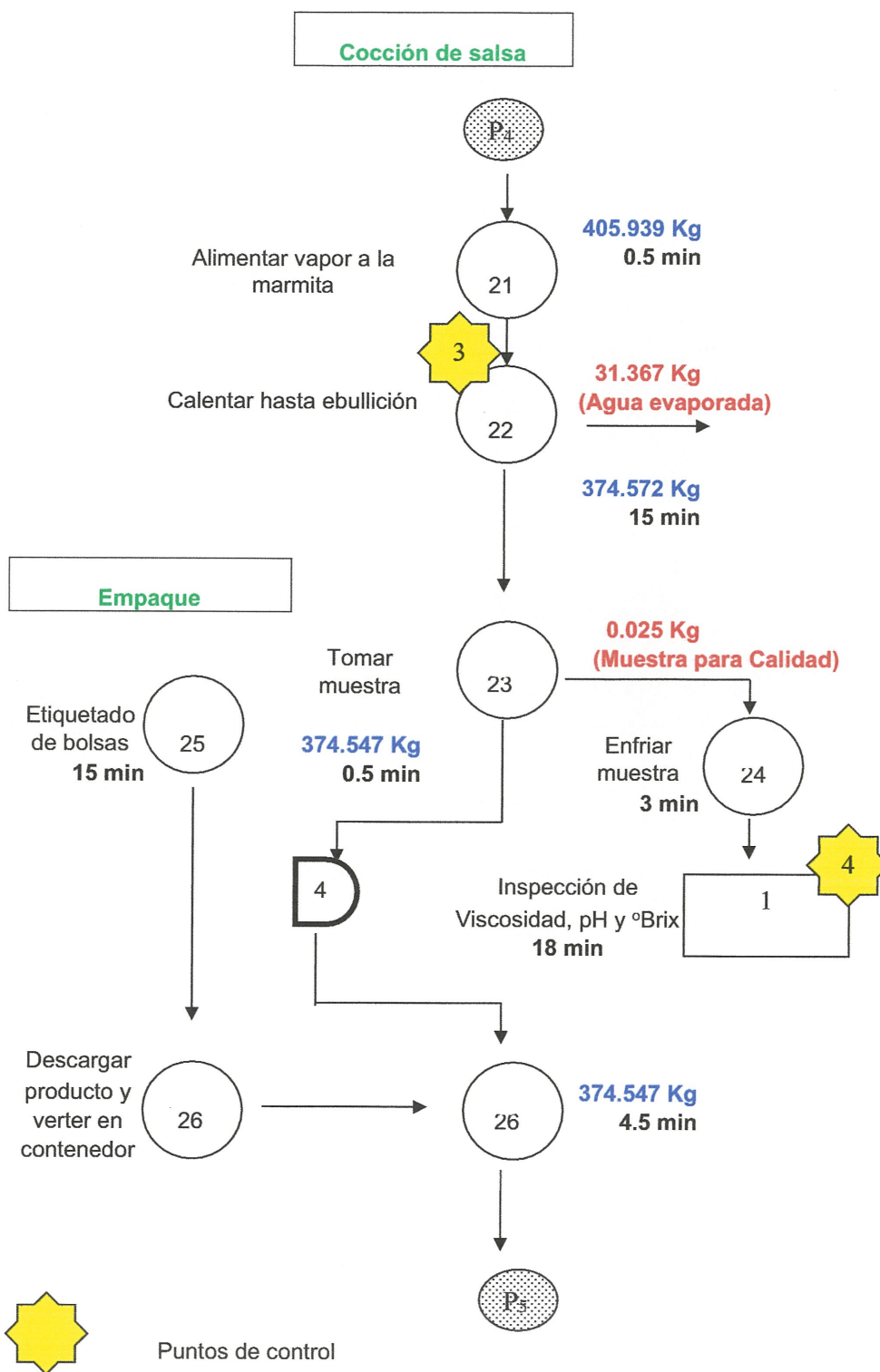
Picado y mezclado

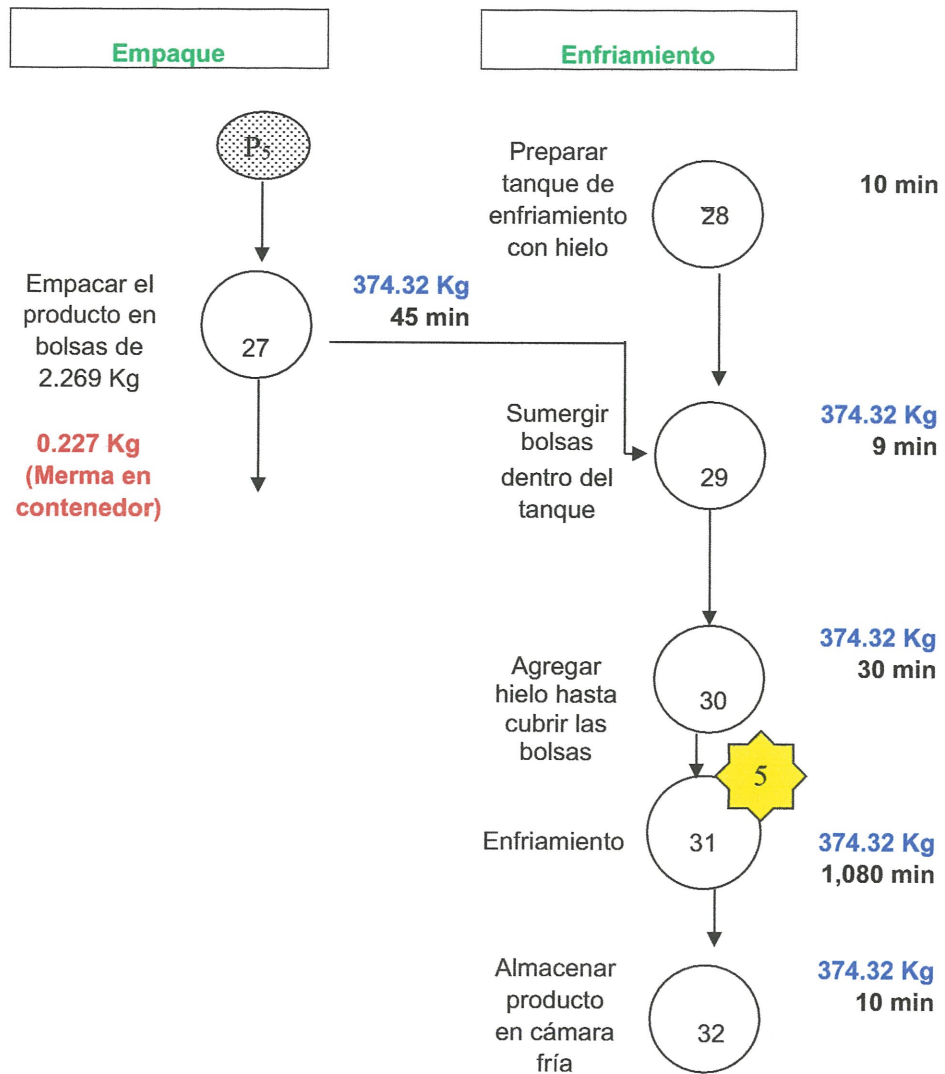


Cocción de salsa



Puntos de control





Puntos de control

Tabla No.7 Descripción de puntos de control del proceso

Puntos de Control	Controlar
1	Temperatura y tiempo de cocción de componentes B y C
2	Presencia de contaminantes u objetos extraños en materia prima
3	Temperatura y tiempo de cocción de salsa de tomate
4	Viscosidad, pH y °Brix de producto final
5	Tiempo de enfriamiento de producto final

C. Balance de energía de equipos del proceso actual

Figura No.6 Balance de energía para marmita de 37.85 Litros (10 Galones)

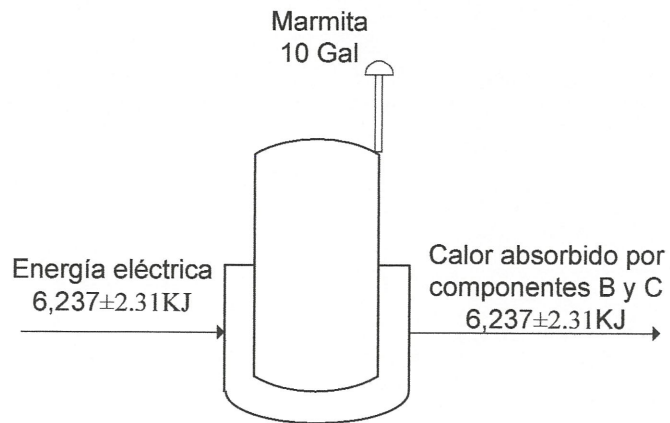


Figura No.7 Balance de energía para picadora

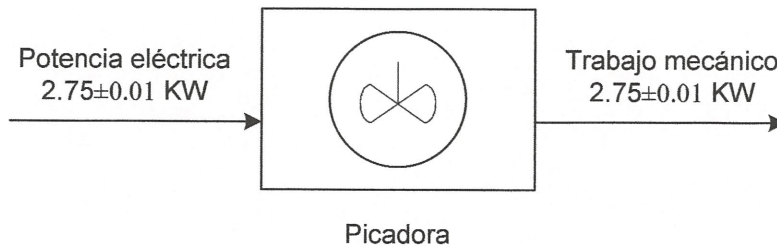


Figura No.8 Balance de energía para marmita de 567.82 Litros (150 Galones)

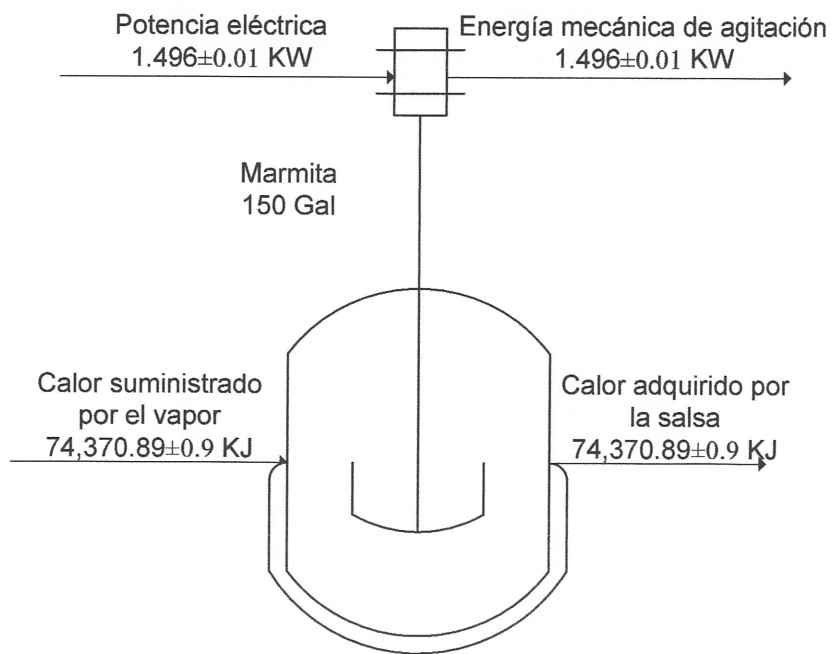


Tabla No.8 Actividades realizadas y tiempo que tardan en el proceso actual

Actividad	Cantidad	Tiempo (minutos)
No. Operaciones	32	1292.5
No. Inspecciones	1	18
Demoras	4	47
Puntos de control	5	-

Tabla No.9 Tiempo empleado en los equipos utilizados en el proceso y rendimiento

Equipo		Tiempo (minutos)
Picadora		42
Marmita 37.85L (10 Gal)		19.5
Marmita 567.82L (150 Gal)		50
Empaque manual		60
Tanque de enfriamiento		1,139
Producto final obtenido (Kg)	Merma (Kg)	Rendimiento del proceso actual
374.32±0.001	0.227±0.001	92.01±0.0005%

Tabla No.10 Variables a controlar en el proceso de producción y empaque de salsa de tomate

Variables del proceso	Valor
Tamaño de partícula del tomate picado	4mm (máximo)
Tiempo de cocción de componentes B y C	16 minutos
Tiempo de cocción de la salsa	15 – 20 minutos
Presión del vapor en la marmita	20 – 30 Psi
Temperatura de cocción de la salsa	195±5°F (90±3°C)
Tiempo de empaque de la salsa	60 minutos
Temperatura de enfriamiento	33.8-38°F (1-3.5°C)
Tiempo de enfriamiento de la salsa	169 minutos
Viscosidad	4.5 – 5.5 en 30 segundos (Bostwick) a 38°F
pH	4.6 ± 0.1
°Brix	14.5 ± 0.1

D. Diseño del proceso automatizado

Considerando los objetivos de aumentar la capacidad de producción de la línea y de disminuir el riesgo de contaminación microbiológica, se analizaron los flujos y tiempos de las operaciones realizadas actualmente.

De acuerdo a los requerimientos de la empresa, se enfocó dar al proceso una capacidad de empaque más rápida y un enfriamiento del producto en menos tiempo ya que se detectó que los principales cuellos de botella son, tanto el empaque manual, como el sistema de enfriamiento.

Se construyó una matriz de proceso para listar las posibles alternativas y seleccionar el equipo adecuado según su funcionalidad, costo, factibilidad de implementación y calidad de producto obtenido; la cual se presenta a continuación:

Tabla No.11 Matriz de proceso y equipo alternativo

		Equipo	Descripción	Inversión
Proceso	Empaque	Dosificador neumático	<ul style="list-style-type: none"> ○ Dosificación máxima de 2.3L y mínima de 120mL. ○ Capacidad de llenado de 6 a 28 unidades/min; dependiendo del tipo de producto a llenar, volumen, cuello del envase y habilidad del operario. ○ Graduación de dosificación por tope en pistón. 	Q 39,500.⁰⁰
		Llenadora y empacadora aséptica	<ul style="list-style-type: none"> ○ Diseñada para empacar bolsas de hasta 10 Kg. ○ Capacidad de empaque de 20 unidades/min. ○ Dosificación volumétrica por pistón. ○ Lámpara UV. ○ Capacidad de succión desde tanque. 	Q 155,450.⁰⁰
	Enfriamiento	Cilindro enfriador de bolsas	<ul style="list-style-type: none"> ○ Capacidad de almacenar hasta 135 Kg. de producto. ○ Cilindro de 0.77m de diámetro y 1m de largo. ○ Velocidad fija de 17rpm. ○ Espiral interno para rotación de bolsas. ○ Sistema de enfriamiento a base de agua. 	Q 70,480.⁰⁰
		Tanque de enfriamiento	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tanque de 1m de ancho por 1m de alto por 6 m de largo. ○ Con entrada de aire para movimiento del agua de enfriamiento. ○ Drenaje para limpieza ○ Banda transportadora para elevación de bolsas. 	Q 149,000.⁰⁰
		Cámara Blast Freezer	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cámara de 31.77m² por 3m de alto. ○ Cuenta con dos evaporadores de 27,958.99 KJ/h cada uno. ○ Recubrimiento de paredes y techo con paneles fabricados con espuma de poliuretano. 	Ya construida en la planta
		Pasteurizador	<ul style="list-style-type: none"> ○ Capacidad de producción de 400L/h. ○ Construido en acero inoxidable. ○ Trabaja a base de gas y agua de enfriamiento. ○ Tiempo del proceso 15 minutos. 	Q 250,000.⁰⁰

Tabla No.12 Matriz de área de impacto del equipo alternativo

Opción elegida	Equipo	Área de impacto		
		Inocuidad	Productividad	Vida útil
	Dosificador neumático		✓	
λ	Llenadora y empacadora aséptica	✓	✓	✓
	Cilindro enfriador de bolsas			
	Tanque de enfriamiento con banda transportadora	✓		✓
λ	Cámara Blast Freezer	✓	✓	✓
	Pasteurizador	✓	✓	✓

A partir de esta comparación se determinó con la gerencia de la planta, la implementación del siguiente equipo:

1. Llenadora y empacadora aséptica de líquidos y semisólidos

a. Especificaciones

- Especialmente diseñada para empacar bolsas de hasta 10 Kg de peso.
- Su dosificación es tipo volumétrica con ayuda de un pistón.
- Para mayor eficiencia este pistón dosificador está colocado sobre un cigüeñal y el volumen dosificado puede graduarse según la cantidad de producto que se va a empacar.
- Tiene una velocidad promedio de empaque de 20 unidades por minuto.
- Esta llenadora cuenta con un formador integrado y un variador de frecuencia electrónico para control de velocidad de empaque.
- Tiene capacidad de succión desde tanque, mediante pistones neumáticos integrados.
- Cuenta con temporizadores digitales y controles de temperatura digitales con precisión de +/- 2 Grados.
- Contiene una mordaza encarrilladora de bobina y mordazas con sistema de corte automático integrado.

- Su accionamiento es de tipo neumático.
- Su estructura es fabricada de acero al carbono pintada con pintura epóxica.
- Su alimentación es de 220V AC monofásica.
- Contiene una lámpara UV para garantizar la inocuidad del producto durante su empaque.
- Contiene un sensor óptico para verificar el centrado de las bolsas.
- Piezas de unión tipo Triclover para facilitar su limpieza y sanitización.

Partiendo de que en promedio se producen un total de 165 bolsas de 2.269 ± 0.001 Kg (5 Lb) de producto por batch y que en la actualidad el proceso de empaque de la salsa de tomate tarda 60 minutos, se seleccionó la llenadora y empacadora aséptica que tiene una velocidad promedio de empaque de 20 bolsas por minuto; a partir de estos datos se calculó la siguiente tabla:

Tabla No.13 Tiempo de llenado y empaque de un batch de producto

Unidades empacadas por minuto	Bolsas/batch	Tiempo de empaque/batch de salsa (min)
20	165	8.25

2. Cámara Blast Freezer para enfriamiento

a. Especificaciones. Paneles de pared y techo fabricados con espuma de Poliuretano inyectado de alta densidad (38 Kg/m^3) y recubrimiento en ambas caras con lámina de acero galvanizado pre-pintado blanco-gris MT 133.

Paneles con la característica que elevan resistencia mecánica de construcción, son auto-soportables y proporcionan un óptimo aislamiento térmico y acústico cumpliendo a la vez con los estándares de asepsia.

Las dimensiones de la cámara son: 7.22 m de largo por 4.40 m de ancho por 3.00 m de alto. La inversión incluyó puerta corrediza de 1.75 m de ancho por 2.35 m de alto; ésta con perfiles tipo U de acero inoxidable, lámina protectora labrada en aluminio en ambas caras de la puerta. Así mismo, 3 lámparas contra intemperie en circuito con switch y piloto indicador de encendido, una cortina plástica con plástico importado y un termómetro análogo.

Además de:

- 1 unidad condensadora Crack para intemperie, modelo HTSK-075 HSK, R-507 230/208/3/60.
- 2 evaporadores marca Crack modelo MV-24E-256 208/230/3/60 de descarche eléctrico.
- Tuberías de refrigeración, accesorios de cobre, válvulas de expansión termostáticas, válvulas solenoides, gases refrigerantes R-507 y termostatos.

Asumiendo que la capacidad calorífica de la salsa es constante con la temperatura y es aproximadamente igual a 3.88 KJ/Kg °C, capacidad calorífica de salsa para espagueti encontrada en referencias bibliográficas, (Norman, 1996).

Tomando como base de cálculo la temperatura de 93.33°C, temperatura de las bolsas al salir del proceso de empaque, y que para garantizar la inocuidad del producto se debe someter a un shock térmico para alcanzar una temperatura final de 3.5°C, se realizó una prueba en la cual a una temperatura de ambiente controlado de -11°C se necesitaron 270 minutos para lograr este descenso requerido de temperatura para una bolsa de producto. (Las mediciones realizadas en la prueba se muestran en la sección de apéndice). A partir de esta información se calculó la siguiente tabla:

Tabla No.14 Calor a sustraer para llevar una bolsa de producto a temperatura requerida 3.5°C

Masa (Kg)	Cp (KJ/Kg °C)	Δ Temperatura (°C)	Tiempo (seg)	Q _{bolsa} (KJ/s)
2.269±0.001	3.88	89.83	16,200±0.01	0.05±0.000022

Una vez determinada la cantidad de calor a sustraer por unidad de tiempo para cada una de las bolsas se calculó la siguiente tabla:

Tabla No.15 Requerimiento de calor a sustraer para llevar un batch de producto a 3.5°C en 270 minutos con ambiente controlado de -11°C

Q _{bolsa} (KJ/s)	Bolsas/batch	Q _{batch} (KJ/s)
0.05±0.000022	165	8.05±0.000022

La demanda promedio mensual del producto es: 11,100 bolsas de 2.269 ± 0.001 Kg, se calculó el requerimiento de producción diario y también se calculó una proyección de crecimiento para los próximos 8 años en función de la información proporcionada por la empresa, la cual se presenta a continuación:

Tabla No.16 Cantidad de producto requerido por día actualmente y según la proyección de crecimiento por año

Año (Crecimiento)	Bolsas/mes	Bolsas/día	Bolsas/batch	Batch/día
2007	11,100	370	165	2.24
2008 (61%)	17,871	596	165	3.61
2009 (98%)	21,978	733	165	4.44
2010 (135%)	26,085	870	165	5.27
2015 (322%)	41,997	1,400	165	8.48

Se redondeó la cantidad de batch diarios necesarios de producción de salsa de tomate, para aprovechar la capacidad disponible de producción y a partir de esta información se calculó la velocidad de sustracción de calor total requerida para el enfriamiento de las bolsas de salsa de tomate equivalente a esta cantidad de batch producidos, a partir de los datos de las Tablas No. 15 y 16.

Tabla No.17 Velocidad de sustracción de calor requerida según la proyección de crecimiento por año

Año (Crecimiento)	Batch/día	Q_{total} (KJ/s)
2007	3	24.15 ± 0.000022
2008 (61%)	4	32.20 ± 0.000022
2009 (98%)	5	40.25 ± 0.000022
2010 (135%)	6	48.30 ± 0.000022
2015 (322%)	9	72.45 ± 0.000022

Actualmente la cámara Blast Freezer existente para congelamiento de producto tiene instalados 2 evaporadores marca Crack modelo MV-24E-256 208/230/3/60 de descarche eléctrico con capacidad de 27,958.99 KJ/h (26,500Btu/h) cada uno, lo cual equivale a una capacidad de 55,917.98 KJ/h entre ambas unidades (15.53 ± 0.000022 KJ/s). Esta cámara se mantendrá a una temperatura de -11°C .

A partir de la capacidad de sustracción de calor de los evaporadores, se calculó el tiempo de residencia de un batch dentro de la cámara Blast Freezer, en el cual el producto deberá llegar a la temperatura requerida de 3.5°C.

Se determinó que el tiempo de residencia requerido por batch es de 2.33 ± 0.000007 horas.

La cámara Blast Freezer a utilizar cuenta con 31.77 m^2 de área con 3 m de altura.

Se evaluaron diferentes contenedores para enfriar el producto empacado dentro del Blast Freezer y se determinó que la mejor opción es colocar el producto en parrillas plásticas cuyo diseño permite una mejor transferencia de calor del producto hacia el ambiente. Las parrillas plásticas miden 0.4818 m^2 , mientras que cada una de las bolsas una vez sellada ocupan un área de 0.075 m^2 , colocadas una al lado de otra y dejando una distancia mínima de 2 cm. para permitir la circulación de aire alrededor de las bolsas con el objetivo de mejorar la transferencia de calor entre ellas. De igual manera, la distancia entre fila y fila de parrillas plásticas debe ser de 10 cm, lo cual equivale a un área de parrilla de 0.6308 m^2 . Tal como se observa en la Figura No. 8.

Figura No.9 Bolsas de salsa en parrilla plástica

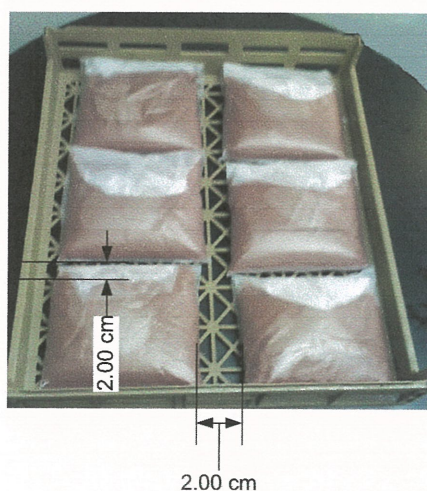


Tabla No.18 Cantidad de parrillas a piso que serán necesarias colocar en cámara Blast Freezer por batch

Bolsas/parrilla	Parrillas por estiba	Parrillas al piso en cámara Blast Freezer	Porcentaje de área de Blast Freezer utilizada
6	6	5	9.93%

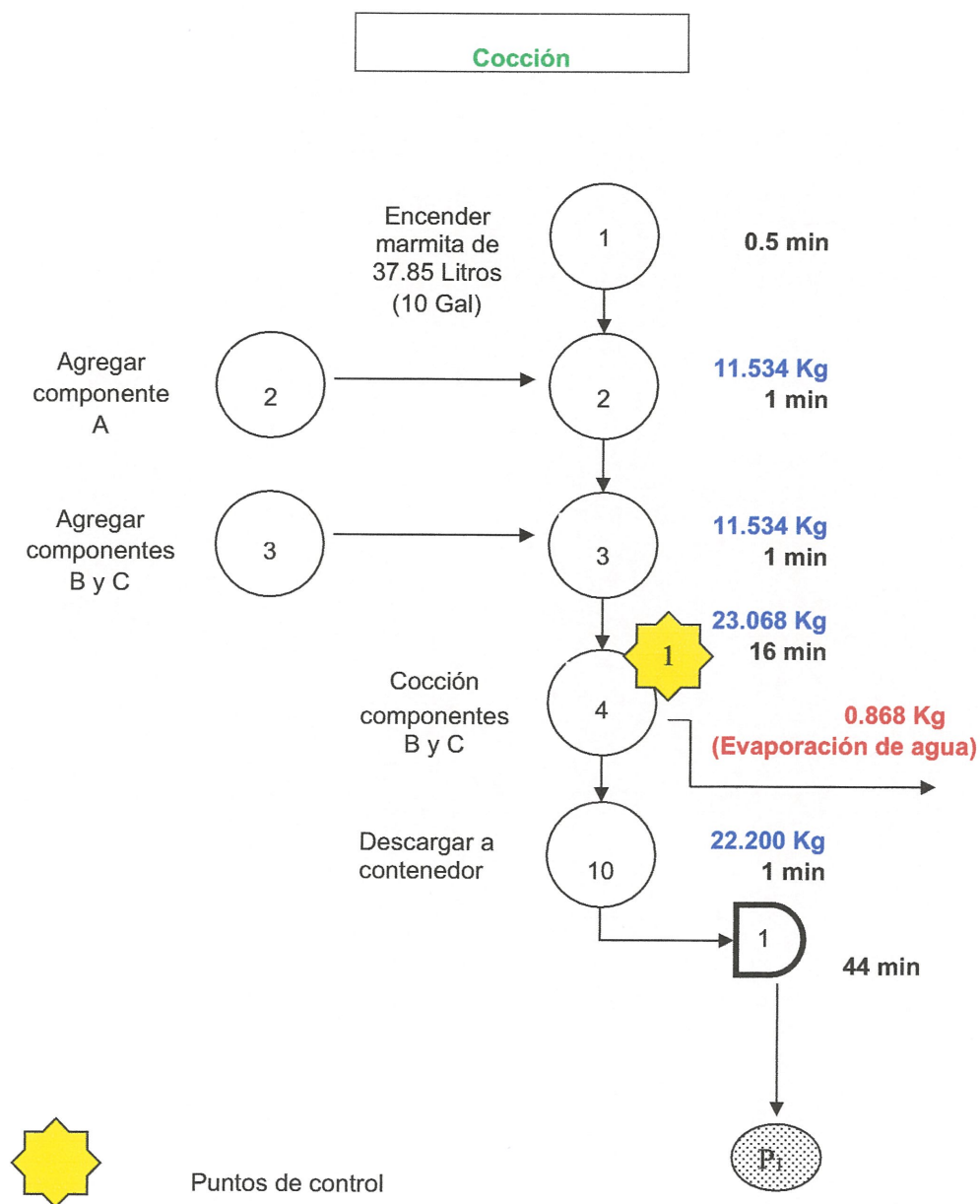
Utilizando un factor de seguridad del 10% sobre la sustracción de calor requerida para enfriar el producto, se compara a continuación la capacidad de sustracción de calor de los evaporadores versus la cantidad de calor que se necesita sustraer de las bolsas de un batch producido.

Tabla No.19 Comparación de la capacidad de sustracción de calor

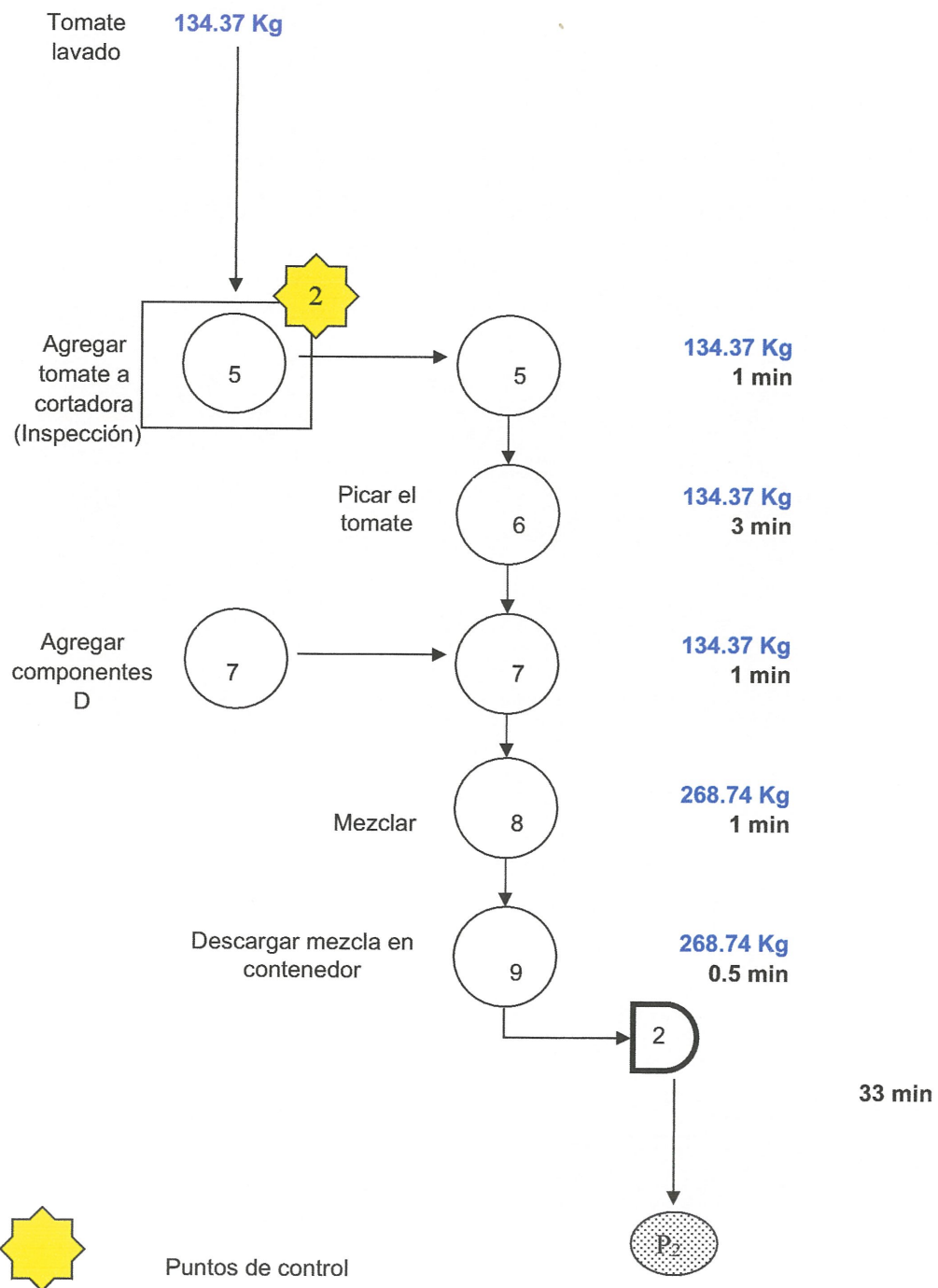
Q_{evaporadores} de Blast Freezer (KJ/s)	Q_{batch} (KJ/s)	Porcentaje de sustracción de calor utilizado
15.53±0.000022	8.86±0.000022	57.04±0.000163%

Lo anterior nos permite usar un 42.96% de la capacidad de absorción de calor de la cámara Blast Freezer para enfriar o congelar otro producto procesado en la planta, contando con un 90.07% del área total de la cámara.

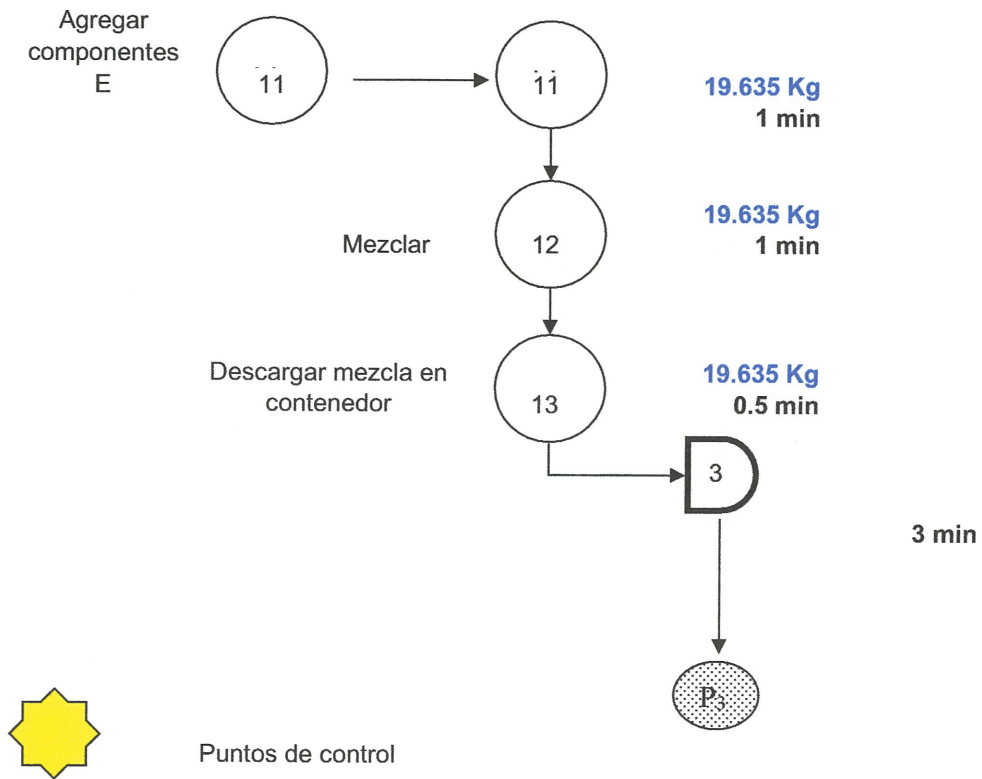
E. Diagrama detallado y balance de masa del proceso alternativo



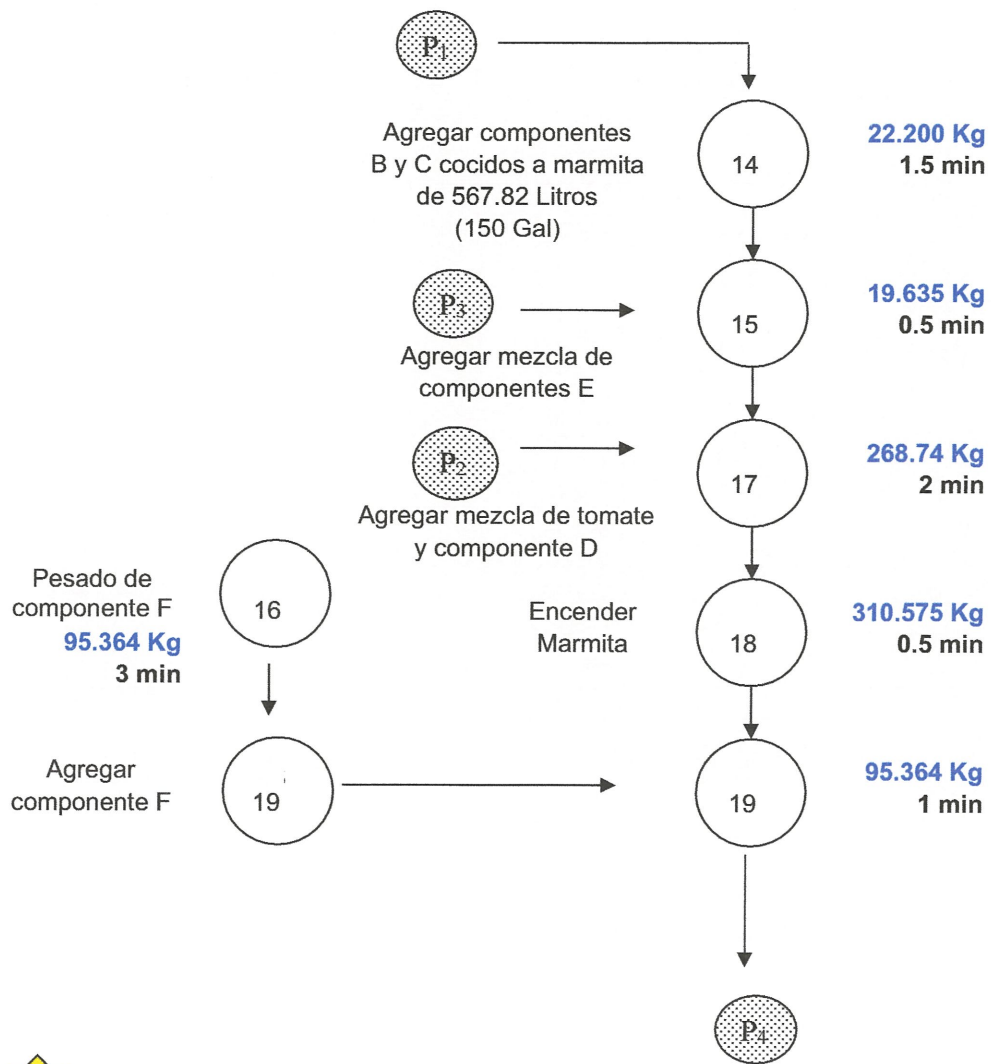
Picado y mezclado



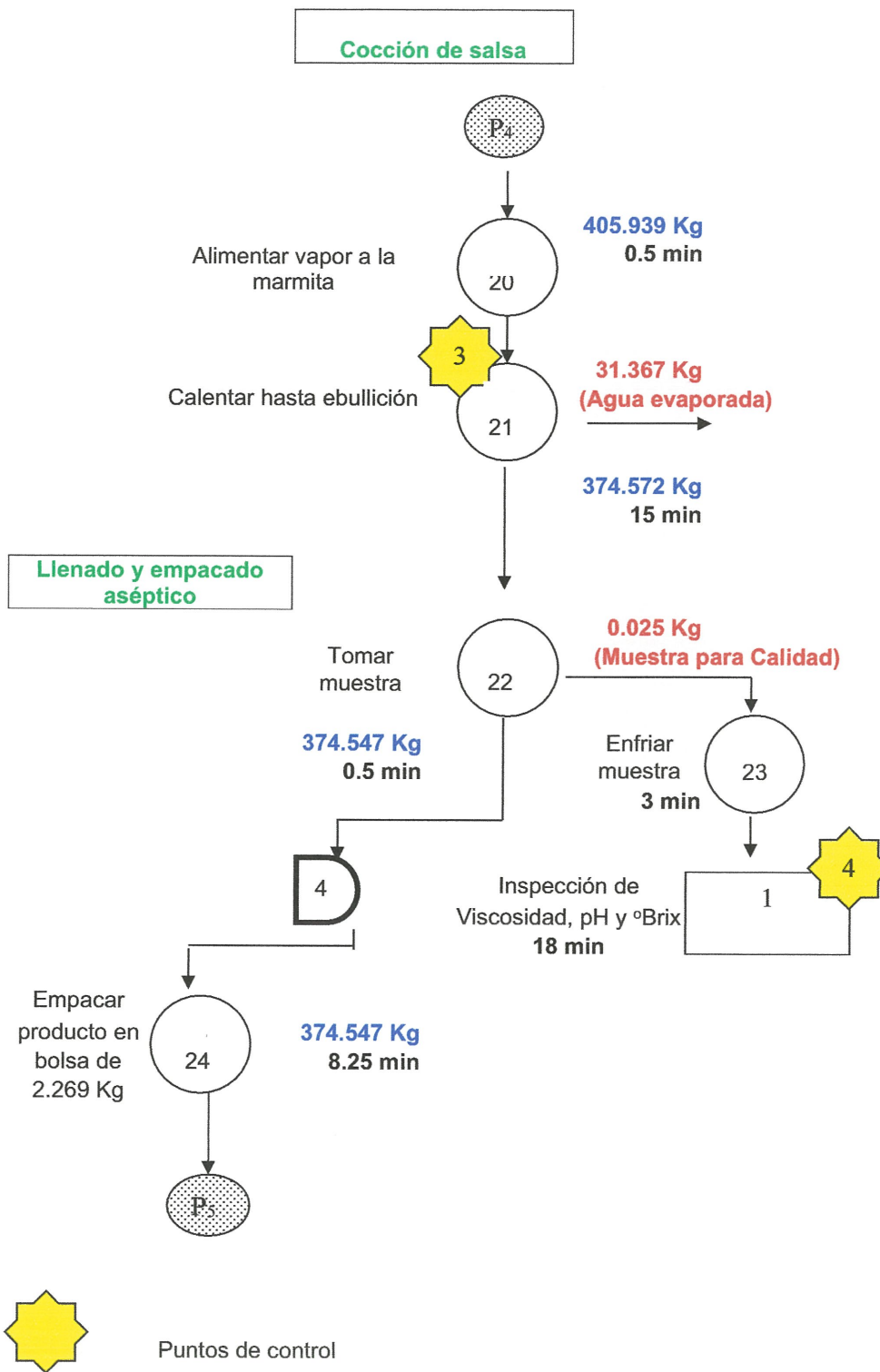
Picado y mezclado



Cocción de salsa



Puntos de control



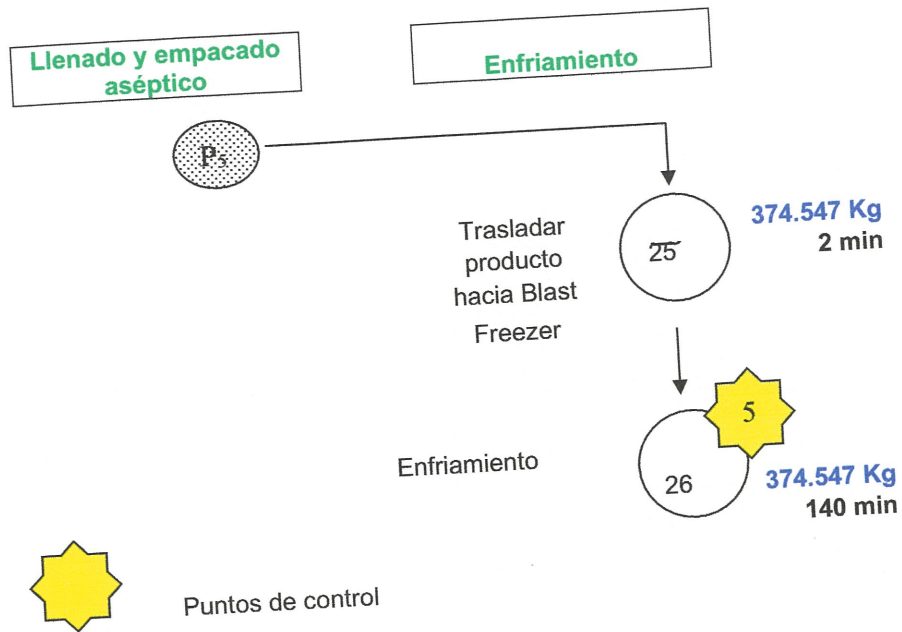


Tabla No.20 Descripción de puntos de control del proceso

Puntos de control	Controlar
1	Temperatura y tiempo de cocción de componentes B y C
2	Presencia de contaminantes u objetos extraños en materia prima
3	Temperatura y tiempo de cocción de salsa de tomate
4	Viscosidad, pH y °Brix de producto final
5	Tiempo de enfriamiento de producto final

F. Balance de energía de equipos del proceso propuesto

Figura No.10 Balance de energía para llenadora y empacadora aséptica

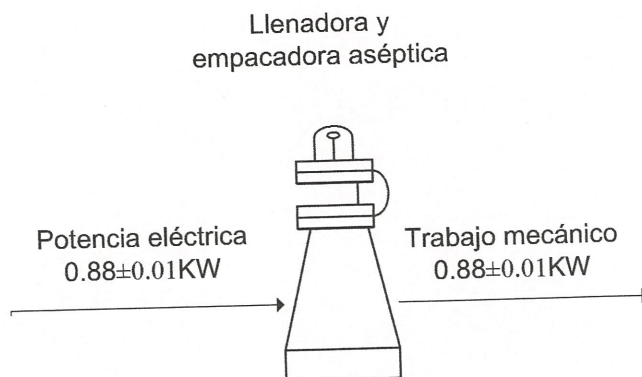
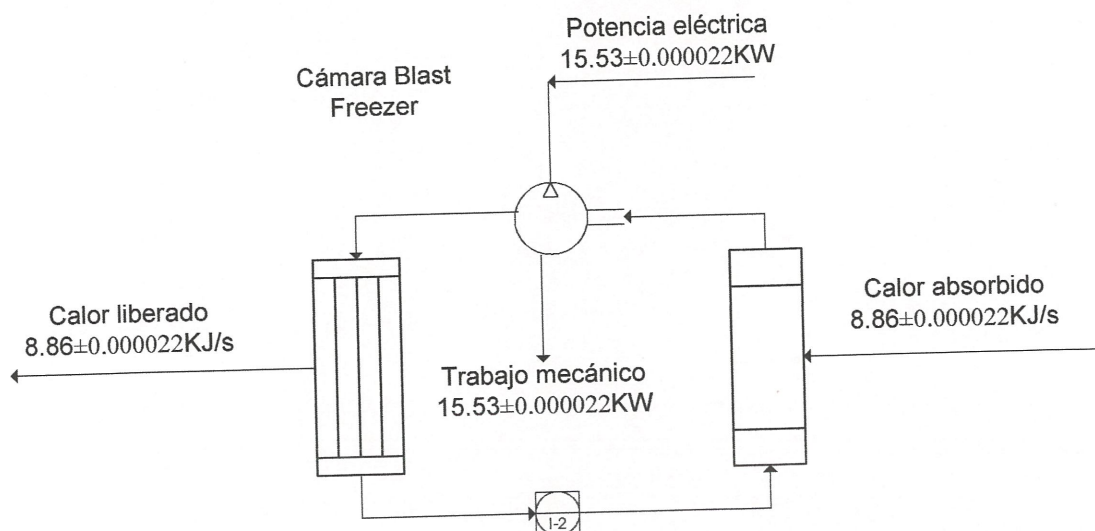


Figura No.11 Balance de energía para Cámara Blast Freezer



G. Layout del proceso propuesto

Figura No.12 Layout del diseño de proceso propuesto

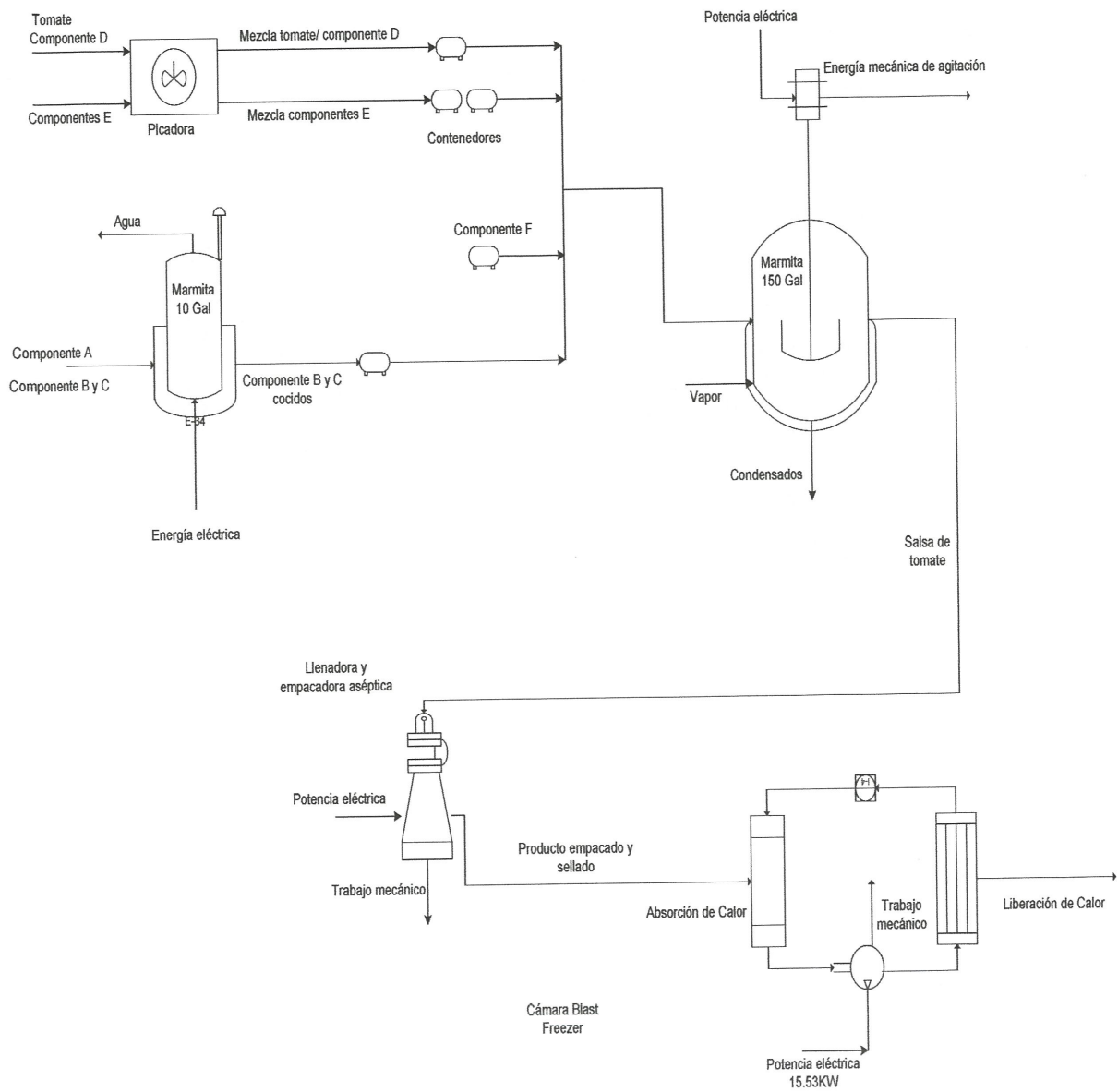


Tabla No.21 Actividades realizadas y tiempo que tardan en el proceso alternativo

Actividad	Cantidad	Tiempo (minutos)
No. Operaciones	26	239.25
No. Inspecciones	1	18
Demoras	4	47
Puntos de control	5	--

Tabla No.22 Tiempo empleado en los equipos utilizados en el proceso alternativo

Equipo	Tiempo (minutos)
Picadora	42
Marmita 10 Gal	19.5
Marmita 150 Gal	45.5
Empaque	8.25
Enfriamiento	142

Tabla No.23 Rendimiento del proceso alternativo

Producto final obtenido (Kg)	Merma (Kg)	Rendimiento del proceso
374.547±0.001	35±0.001	92.07±0.0005%

A partir de los datos calculados en las Tablas No. 8 y 22, se compara a continuación el tiempo necesario para la producción de un batch de salsa de tomate.

Tabla No.24 Tiempo empleado para la elaboración de un batch de salsa de tomate

	Diseño actual (horas)	Diseño propuesto (horas)
Producción	1.85	1.78
Empaque	1	0.14
Enfriamiento	18.98	2.37
Total	21.84 ≈ 22	4.29 ≈ 4.5

La demanda promedio actual diaria de salsa de tomate es equivalente a 3 batch (1.2 ton/día); partiendo de la futura necesidad de implementar una jornada doble de trabajo de 8 horas diarias cada una para hacer un total de 16 horas diarias de trabajo efectivo, y de esta manera ahorrar el gasto en el que se incurriría pagando horas extras debido al crecimiento proyectado para los próximos años; se realizó una comparación de capacidades de cumplimiento de demanda de producto de la línea actual versus la línea propuesta utilizando los datos de proyección de crecimiento anual de la Tabla No.17, la cual se muestra a continuación.

Tabla No.25 Capacidad de cumplimiento de demanda de producto según el crecimiento anual.

Año	Demanda de producto (Ton/día)	Capacidad					
		Producción (Ton/día)		Empaque (Ton/día)		Enfriamiento (Ton/día)	
		Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto
2007	1.2±0.001	3.6±0.001	3.7±0.001	6.6±0.001	48.0±0.001	1.7±0.001	4.2±0.001
2008	1.7±0.001	3.6±0.001	3.7±0.001	6.6±0.001	48.0±0.001	1.7±0.001	4.2±0.001
2009	2.1±0.001	3.6±0.001	3.7±0.001	6.6±0.001	48.0±0.001	--	4.2±0.001
2010	2.5±0.001	3.6±0.001	3.7±0.001	6.6±0.001	48.0±0.001	--	4.2±0.001
2015	3.7±0.001	--	3.7±0.001	6.6±0.001	48.0±0.001	--	4.2±0.001

De igual manera, se compara a continuación la cantidad de merma generada a partir de las Tablas No. 9 y 23; y el ahorro que éstas representan en el empaque del producto con el nuevo diseño de línea propuesto, en base al costo actual de producción de un Kilogramo de salsa, el cual es de Q 5.⁵⁰

Tabla No.26 Merma generada en proceso de empaque y ahorro anual que representa

Año	Merma anual del proceso (Kg)		Ahorro anual (Q)
	Actual	Propuesto	
2007	245.16±0.002	35±0.001	1,348.38±0.002
2008	326.88±0.002	35±0.001	1,797.84±0.002
2009	408.6±0.002	35±0.001	2,247.30±0.002
2010	490.32±0.002	35±0.001	2,696.76±0.002
2015	735.48±0.002	35±0.001	4,045.14±0.002

* Aunque en el diseño propuesto la merma del proceso de empaque no es significativa, se asigna un valor de 35±0.001 Kg al año como máximo.

A partir de los costos actuales de producción y de los costos de producción que conlleva el equipo propuesto para la producción de 1.2 ton/día de producto, la cual es la demanda promedio actual diaria, se calculó un porcentaje de ahorro en los mismos; el cual se muestra a continuación.

Tabla No.27 Consumo de insumos de producción anual

Año	Ítem	Consumo	
		Actual	Propuesto
2007	Tiempo de producción (horas hombre/año)	7,920	3,240
	Merma generada en empaque (Kg/año)	245.16	--
	Hielo enfriamiento (Kg/año)	816,696.92	--
	Agua enfriamiento (L/año)	540,000	--
	Operarios	4	3
	Energía (llenadora y Blast Freezer) (KW-h/año)	--	41,353.2

Tabla No.28 Costos de producción anual

Año	Ítem	Costo de producción (Q)	
		Actual	Propuesto
2007	Tiempo de producción	78,170.40	31,978.80
	Merma generada en empaque	1,348.87	--
	Hielo enfriamiento	594,000.00	--
	Agua enfriamiento	13,365.00	--
	Operarios	10,950.00	8,212.50
	Energía (llenadora y Blast Freezer)	--	68,232.78
Total		697,834.27	108,424.08
		Ahorro	589,410.19
		Porcentaje	84.46%

Tomando como base los datos de la Tabla No. 27 y 28, se calcularon los costos anuales de producción en base al crecimiento anual contemplado como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla No.29 Costos de producción según la proyección de crecimiento anual

Año	Costo anual diseño actual (Q)	Costo anual diseño propuesto (Q)	Ahorro anual (Q)
2007	697,834.27	108,424.08	589,410.19
2008	930,445.694	144,565.44	785,880.25
2009	1,163,057.12	180,706.8	982,350.32
2010	1,395,668.54	216,848.16	1,178,820.38
2015	2,093,502.81	325,272.24	1,768,230.57

A partir de los diagramas de proceso, tanto del actual como del propuesto, y de las especificaciones de los equipos seleccionados; se comparan a continuación los riesgos de contaminación microbiológica presentes en cada uno de ellos.

Tabla No.30 Riesgos de contaminación microbiológica.

Riesgo de contaminación	
Actual	Propuesto
El producto es descargado 4 veces en contenedores durante el proceso.	El producto es descargado 3 veces en contenedores durante el proceso.
El empaque (pesado y amarrado) del producto es manual.	Operario no tiene contacto directo con el producto durante su llenado y empaçado.
No se controla tiempo de enfriamiento de producto.	Tiempo de enfriamiento controlado.

VIII. DISCUSIÓN

En este trabajo se propuso el rediseño de la línea de producción de salsa de tomate mediante la implementación de una selladora aséptica y una cámara Blast Freezer para el enfriamiento de producto terminado, con el objetivo de reducir las mermas y aumentar la capacidad de producción de la misma ya que se detectó que en la actualidad el proceso de empaque del producto obtenido de la marmita, debido a que se realiza de forma manual, genera pérdidas al momento de realizar el pesado del producto.

Estas pérdidas representan un equivalente a Q1,348.38 anuales, los cuales con la selladora aséptica son ahorrados ya que en la misma, las pérdidas por mermas no son significativas. Para fines de comparación, la merma dentro de la selladora se considera un máximo de 35 ± 0.001 Kg anuales.

Así mismo, actualmente el producto una vez cocido, se descarga de la marmita en su totalidad hacia contenedores donde permanece hasta que termina de ser pesado. La selladora aséptica permite un sistema de llenado continuo ya que cuenta con una velocidad de llenado y empaque promedio de 20 unidades por minuto, lo cual se calculó que representa un tiempo de llenado y empacado promedio por batch de 8.5 minutos que al ser comparado con el tiempo promedio actual de 1 hora, representa un cambio significativo en su capacidad de producción.

Con esta llenadora aséptica también se logra reducir el riesgo de contaminación que existe en el proceso de llenado y empaque de la salsa actualmente, ya que el producto no tendrá contacto directo con el operario ni con el ambiente desde su cocción hasta su empaque final ya que esta llenadora, la cual es de acero inoxidable, cuenta con un sistema de succión integrado para evitar la operación de descarga en contenedores mientras se prepara el siguiente batch de producto.

Una vez el producto es empacado, pasa al proceso de enfriamiento que consiste actualmente en sumergir las bolsas de producto en un tanque de enfriamiento para este efecto; este tanque es llenado con agua y hielo para bajar la temperatura de esta manera hasta 3.5°C , el cual es un requerimiento de Gestión de Calidad para garantizar la inocuidad y nobleza del producto.

Sin embargo, para lograr que este producto, que sale de la marmita a una temperatura de 93°C baje al requerimiento de inocuidad de parte de Gestión de calidad, tarda 18 horas en lograrlo debido en primer lugar a que por la naturaleza del método de enfriamiento no es posible mantener una temperatura uniforme en el medio hielo-agua y que la transferencia de calor desde las bolsas hacia su entorno sea con la misma velocidad en todo el tanque.

Por un proyecto ajeno al de este estudio, se construyó en la planta una cámara Blast Freezer de refrigeración, de la cual únicamente se utilizará cierto porcentaje de su capacidad para enfriar otros productos; por lo que se realizó el estudio correspondiente de transferencia de calor en un sistema de este tipo, de la salsa empacada hacia el ambiente y se logró determinar que la velocidad de transferencia de calor fue de 8.86 ± 0.000022 KJ/s por batch de salsa. Esta cámara permanecerá a -11°C y se calculó que cuenta con una capacidad total de sustracción de calor a una velocidad de 15.53 ± 0.000022 KJ/s que nos permite reducir el tiempo de enfriamiento de un batch de producto hasta 2.37 horas.

Con lo anterior se logra una disminución del tiempo total de producción de un batch de salsa de tomate, el cual actualmente es de 22 horas, hasta un total de 4.5 horas. Este ahorro en horas de producción representa un total de Q46,191.60 anuales.

Para calcular el año hasta el cual se podrá cumplir con la demanda del producto, se trabajó con los datos de proyección de crecimiento de demanda y se asumió la implementación de una jornada doble de trabajo con el fin de eliminar costos significativos en horas extras diarias.

Con los equipos actuales se determinó que la capacidad de producción es de 3.6 ± 0.001 Ton/día, lo cual únicamente permite un cubrimiento de demanda hasta el año 2,010; mientras que con la capacidad del equipo propuesto se logra cubrir, a un 100% de la capacidad de la línea, hasta el año 2,015; tal como se observa en la Gráfica No. 1, donde se puede observar la capacidad de producción en toneladas/día tanto del diseño actual como del diseño propuesto versus la demanda de producto proyectada para los próximos años.

La proceso de empaque, a pesar de que actualmente toma un tiempo mayor, ya que el sistema manual permite una capacidad de empaque de 6.6 ± 0.001 Ton/día, comparado con la capacidad de 48.0 ± 0.001 Ton/día que tendrá el equipo propuesto; logra un cumplimiento de demanda hasta el año 2,015 de 3.7 ± 0.001 Ton/día, para ambos equipos.

Por otro lado, la capacidad de enfriamiento actual no logra cumplir con la cantidad proyectada de demanda de producto a partir del próximo año, año 2,008 ya que se encontrará al 100% de su capacidad mientras que con el diseño propuesto se logra cumplir sin ningún problema hasta el año 2,015 ya que con este sistema de enfriamiento se cuenta con una capacidad de enfriamiento de 4.2 ± 0.001 Ton/día; tal como se observa en la Gráfica No. 2, donde se puede observar la capacidad de enfriamiento en toneladas/día tanto del diseño actual como del diseño propuesto versus la demanda de producto proyectada para los próximos años.

Así mismo, con este sistema de enfriamiento no se necesitan hielo y agua; de los cuales se emplean con el sistema actual 816,696.92 Kg y 540,000 L al año respectivamente; esto representa para el nuevo diseño propuesto un ahorro de Q607,365.00 anuales.

Debido a que en el diseño propuesto el empaque es automático y rápido, se necesitará una persona menos en la línea, y esto representa Q2,737.50 al año.

Los gastos de consumo de energía eléctrica que representa el equipo propuesto al año es de Q68,232.78; lo cual nos permite que el ahorro neto sea de Q589,410.19 anuales, el equivalente al 84.46% del gasto con el proceso actual; estos datos, calculados sobre una base de demanda actual, ya que al tomar en cuenta la proyección de crecimiento se generan los datos calculados en la Tabla No. 29 en los cuales como es de esperarse, el ahorro es mayor en el año 2,015, en el que se ahorrará un total de Q1,768,230.57; tal como se observa en la Gráfica No. 3, donde se muestra el ahorro anual equivalente a la reducción de los costos de producción obtenidos con el diseño propuesto versus el crecimiento anual proyectado de demanda del producto.

Debido a estas ventajas significativas en cuanto a capacidad de producción, empaque y enfriamiento; así como la reducción de mermas y el ahorro obtenido en costos de producción se seleccionaron estos equipos; para los cuales se necesitará una inversión inicial de Q258,806.48 ya que el equipo actualmente utilizado en la planta para la producción no cambia; de igual manera para efectos de cálculos económicos de inversión para la cámara Blast Freezer existente, se utilizó de su valor total, únicamente el porcentaje equivalente a la capacidad que se empleará de la misma para este proceso.

Este análisis económico se realizó para determinar la rentabilidad del nuevo diseño propuesto de la línea y se estimó para un período equivalente a 10 años tomando en consideración la proyección de crecimiento del mismo y se calculó una Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto, a partir del flujo de efectivo calculado basado en los ahorros y egresos generados del diseño propuesto.

En el flujo de efectivo se observa un período de recuperación de la inversión inicial en el primer año y una TIR de 2.29 (229%) ya que la cantidad ahorrada sobre todo en costos de producción hace muy rentable la implementación del proyecto. El VAN calculado fue de Q253,875.26 sobre una tasa exigida de rendimiento de 1.50 (150%), utilizada para evaluar proyectos en la planta.

IX. CONCLUSIONES

1. La implementación de la llenadora aséptica reduce las mermas generadas en el proceso, equivalente al ahorro de Q1,348.38 anuales.
2. La implementación de la llenadora aséptica reduce el tiempo necesario de empaque de producto de 1 hora a 8.5 minutos por batch.
3. La implementación de la llenadora aséptica aumenta la capacidad de empaque actual de 6.6 ± 0.001 Ton/día a 48.0 ± 0.001 Ton/día.
4. La implementación de la cámara Blast Freezer aumenta la capacidad de enfriamiento de la línea hasta 4.2 ± 0.001 Ton/día sobre un actual de 1.7 Ton/día.
5. El nuevo diseño propuesto disminuye los costos de producción de manera significativa, generando un ahorro anual de Q589,410.19.
6. El nuevo diseño disminuye el riesgo de contaminación microbiológica.
7. El proyecto propuesto es rentable y la inversión tiene un tiempo de recuperación de 1 año. La tasa interna de retorno del proyecto es de 2.29 (229%).

X. RECOMENDACIONES

1. Evaluar la factibilidad técnica y económica de la implementación de un pasteurizador a la línea de producción de salsa con el cual se lograría una extensión significativa de vida útil de la misma, ahorro de energía de enfriamiento y del uso de unidades refrigeradas para la distribución y el almacenaje de la misma.
2. Evaluar la factibilidad técnica y económica de incorporar una o más líneas de producción para aumentar la capacidad de la línea, previendo la proyección de crecimiento en la demanda del producto.
3. Evaluar la factibilidad técnica y económica de automatizar la marmita y la cortadora de la línea de producción para reducir el tiempo del análisis del producto por Gestión de Calidad.

XII. APÉNDICE

A. CÁLCULOS DE MUESTRA

Picadora:

Cálculo de la potencia eléctrica convertida en trabajo en la cortadora

$$P_E = \frac{I \times V}{1,000 W}$$

Donde:

P_E = potencia eléctrica, KW.

I = corriente, A.

V = voltaje, V.

$$P_E = \left(\frac{(12.5 \pm 0.01A)(220V)}{1,000W} \right) (1KW)$$

$$P_E = 2.75 \pm 0.01KW$$

Cocción en marmita de 37.85L (10 Gal):

Cálculo del calor absorbido por componentes B y C en la marmita.

$$Q_{abs} = \frac{I \times V \times t}{1,000 J}$$

Donde:

Q_{abs} = calor absorbido, kJ.

I = corriente, A.

V = voltaje, V.

t = tiempo de sofrito, s.

$$Q_{abs} = \left(\frac{(27 \pm 0.01A)(220V)(1,050 \pm 0.01s)}{1,000J} \right) (1KJ)$$

$$Q_{abs} = 6,237 \pm 2.31KJ$$

Cocción de salsa de tomate en marmita de 567.82L (150 Gal):

Cálculo de la masa de vapor utilizada en la cocción de la salsa

$$M_v = \dot{m}_{cond} t_{proceso}$$

Donde:

M_v = masa de vapor, Kg.

\dot{m}_{cond} = flujo másico de condensado, Kg/s.

$t_{proceso}$ = tiempo del proceso de cocción de la salsa, s.

$$M_v = (0.037 \pm 0.001 \text{Kg} / s)(900 \pm 0.01s)$$

$$M_v = 33.30 \pm 0.9 \text{Kg vapor}$$

Cálculo del calor absorbido por la salsa en el proceso de cocción

Sabiendo que la temperatura de saturación a 137.86KPa (20Psi), es de 108.75°C por tablas de vapor; y que a esta temperatura $H_{liq}=456.04\text{KJ/Kg}$ $H_{vap}=2,689.40\text{KJ/Kg}$

$$Q_{abs} = (M_v)(H_{vap} - H_{liq})$$

Donde:

Q_{abs} = calor absorbido, kJ.

M_v = masa de vapor, Kg.

H_{vap} = entalpía específica del vapor, KJ/Kg.

H_{liq} = entalpía específica del líquido, KJ/Kg.

$$Q_{abs.} = (33.30 \pm 0.9 \text{Kg vapor})(2,689.40\text{KJ/Kg} - 456.04\text{KJ/Kg})$$

$$Q_{abs.} = 74,370.89 \pm 0.9 \text{KJ}$$

Cálculo de la potencia eléctrica convertida en trabajo mecánico en la agitación durante la cocción

$$P_E = \frac{I \times V}{1,000 \text{W}}$$

Donde:

P_E = potencia eléctrica, KW.

I = corriente, A.

V = voltaje, V.

$$P_E = \left(\frac{(6.8 \pm 0.01\text{A})(220\text{V})}{1,000\text{W}} \right) (1\text{KW})$$

$$P_E = 1.49 \pm 0.01 \text{KW}$$

Cálculo de merma del proceso actual

$$M_{merma} = M_{merma \text{ en empaque}}$$

Donde:

M_{merma} = masa de merma total del proceso, Kg.

$M_{merma \text{ en empaque}}$ = masa de merma de salsa generada en proceso de empaque, Kg.

$$M_{merma} = 0.227 \pm 0.001 \text{Kg}$$

Cálculo del rendimiento del proceso.

$$R_{\text{proceso}} = \frac{M_{\text{producto final}}}{M_{\text{materia prima alimentada}}} \times 100$$

Donde:

R_{proceso} = rendimiento del proceso, %.

$M_{\text{producto final}}$ = masa total del producto final, Kg.

$M_{\text{materia prima alimentada}}$ = masa total de materia prima alimentada, Kg.

$$R_{\text{proceso}} = \frac{374.32 \pm 0.002 \text{Kg}}{406.807 \pm 0.001 \text{Kg}} \times 100 = 92.01 \pm 0.0005\%$$

Cálculo del tiempo necesario para empacar un batch de producto en la llenadora y empacadora aséptica

$$t_{\text{empaquetado / batch}} = \frac{N_{\text{bolsas / batch}}}{U_{\text{empacadas / min}}}$$

Donde:

$t_{\text{empaquetado / batch}}$ = tiempo necesario para empacar un batch de salsa de tomate, min.

$N_{\text{bolsas / batch}}$ = número de bolsas promedio por batch, bolsas / batch.

$U_{\text{empacadas / min}}$ = número de unidades empacadas por minuto, bolsas / min

$$t_{\text{empaquetado / batch}} = \frac{165 \text{ bolsas / batch}}{20 \text{ bolsas / min}} = 8.25 \text{ min / batch}$$

Cálculo del calor a sustraer de una bolsa de producto para llevarla a la temperatura requerida de 3.5 °C.

$$Q_{\text{sust / bolsa}} = \frac{M_{\text{bolsa}} (C_p_{\text{salsa}}) \Delta T_{\text{salsa}}}{t_{\text{enfriamiento}}}$$

Donde:

$Q_{\text{sust / bolsa}}$ = calor a sustraer por bolsa de producto para llevarla a 3.5 °C, KJ/s.

M_{bolsa} = masa de una bolsa de producto, Kg.

C_p_{salsa} = capacidad calorífica de la salsa de tomate, KJ/Kg °C.

ΔT_{salsa} = diferencia de temperatura inicial y final de la salsa, °C.

$t_{\text{enfriamiento}}$ = tiempo necesario para enfriar la salsa a la temperatura requerida, s.

$$Q_{\text{sust / bolsa}} = \frac{2.269 \pm 0.001 \text{Kg} (3.88 \text{KJ / Kg}^\circ\text{C}) (93.33 - 3.5)^\circ\text{C}}{16,200 \pm 0.01 \text{s}} = 0.05 \pm 0.000022 \text{KJ / s}$$

Cálculo del calor a sustraer de un batch de producto para llevarlo a la temperatura requerida de 3.5 °C.

$$Q_{sust / batch} = Q_{sust / bolsa} (N_{bolsas / batch})$$

Donde:

$Q_{sust / batch}$ = calor a sustraer por batch de producto para llevarlo a 3.5 °C, KJ/s.

$Q_{sust / bolsa}$ = calor a sustraer por bolsa de producto para llevarla a 3.5 °C, KJ/s.

$N_{bolsas / batch}$ = número promedio de bolsas por batch, bolsas.

$$Q_{sust / batch} = 0.05 \pm 0.000022 KJ / s (165 \text{bolsas} / \text{batch}) = 8.05 \pm 0.000022 KJ / s$$

Cálculo de producto requerido por día en base a promedio requerido mensual.

$$Bolsas_{dia} = Bolsas_{mes} \left(\frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} \right)$$

Donde:

$Bolsas_{dia}$ = cantidad de producto requerido por día, bolsas/día.

$Bolsas_{mes}$ = cantidad de bolsas promedio requeridas mensuales, bolsas/mes.

$$Bolsas_{dia} = 11,100 \text{bolsas} \left(\frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} \right) = 370 \text{bolsas} / \text{dia}$$

Cálculo de batch requeridos por día en base a promedio requerido de bolsas diarias.

$$Batch_{dia} = \frac{Bolsas_{dia}}{N_{bolsas / batch}}$$

Donde:

$Batch_{dia}$ = cantidad de batch requeridos por día, batch/día.

$Bolsas_{dia}$ = cantidad de bolsas promedio requeridas diarias, bolsas/día.

$N_{bolsas / batch}$ = número de bolsas promedio por batch, bolsas/batch.

$$Batch_{dia} = \frac{370 \text{bolsas} / \text{dia}}{165 \text{bolsas} / \text{batch}} = 2.24 \text{batch} / \text{dia}$$

Cálculo de velocidad de sustracción de calor requerida por la cámara Blast Freezer en base a promedio de batch requeridos diariamente.

$$Q_{sust \text{ tot}} = Q_{sust / batch} (Batch_{dia})$$

Donde:

$Q_{sust \text{ tot}}$ = velocidad de sustracción de calor requerida por batch requeridos en promedio diariamente, KJ/s.

$Q_{sust / batch}$ = calor a sustraer por batch de producto para llevarlo a 3.5 °C, KJ/s.

$Batch_{dia}$ = cantidad de batch requeridos por día, batch/día.

$$Q_{sust \text{ tot}} = 8.05 \pm 0.000022 KJ / s (3 \text{ batch} / \text{dia}) = 24.15 \pm 0.000022 KJ / s$$

Cálculo de tiempo de residencia de un batch dentro de cámara Blast Freezer para llevar el producto a temperatura de 3.5°C.

$$t_{res} = \frac{M_{batch\ salsa} (Cp_{salsa}) \Delta T_{salsa}}{Q_{evap}} \left(\frac{1h}{3600s} \right)$$

Donde:

t_{res} = tiempo de residencia de un batch de producto dentro de cámara Blast Freezer, s.

$M_{batch\ salsa}$ = masa de un batch de producto, Kg.

Cp_{salsa} = capacidad calorífica de la salsa de tomate, KJ/Kg °C.

ΔT_{salsa} = diferencia de temperatura inicial y final de la salsa, °C.

Q_{evap} = capacidad de sustracción de calor de los evaporadores de cámara Blast Freezer, KJ/s.

$$t_{res} = \frac{374.38 \pm 0.001 Kg (3.88 KJ / Kg^{\circ}C) (93.33 - 3.5)^{\circ}C}{15.53 \pm 0.000022 KJ / s} \left(\frac{1h}{3600s} \right) = 2.33 \pm 0.000007h$$

Cálculo de porcentaje de área de cámara Blast Freezer a utilizar

$$\%_{area\ a\ utilizar} = \frac{F_{parrilla} (A_{parrilla})}{A_{Blast\ Freezer}} \times 100$$

Donde:

$\%_{area\ a\ utilizar}$ = porcentaje de área que ocupará el producto dentro de cámara Blast Freezer para su enfriamiento.

$F_{parrilla}$ = número de filas de parrillas necesarias para colocar el producto, parrillas.

$A_{parrilla}$ = área ocupada por parrilla, m².

$A_{Blast\ Freezer}$ = área total de la cámara Blast Freezer, m².

$$\%_{area\ a\ utilizar} = \frac{5\ parrillas (0.6308m^2)}{31.77m^2} \times 100 = 9.93\%$$

Cálculo de porcentaje de capacidad de sustracción de calor de cámara Blast Freezer a utilizar

$$\%_{calor\ a\ utilizar} = \frac{Q_{batch}}{Q_{evap}} \times 100$$

Donde:

$\%_{calor\ a\ utilizar}$ = porcentaje de capacidad de sustracción de calor que usará el producto dentro de la cámara Blast Freezer para su enfriamiento.

$Q_{sust/ batch}$ = calor a sustraer por batch de producto para llevarlo a 3.5°C, KJ/s.

Q_{evap} = capacidad de sustracción de calor de los evaporadores de cámara Blast Freezer, KJ/s.

$$\%_{\text{area a utilizar}} = \frac{8.86 \pm 0.000022 \text{ KJ / s}}{15.53 \pm 0.000022 \text{ KJ / s}} \times 100 = 57.04 \pm 0.000163\%$$

Cálculo de la demanda de producto por día en Toneladas

$$D_{\text{día}} = \text{Batch}_{\text{día}} (N_{\text{bolsas / batch}})(M_{\text{bolsa}}) \left(\frac{1\text{Ton}}{907.6\text{Kg}} \right)$$

Donde:

$D_{\text{día}}$ = demanda de producto por día, Ton/día.

$\text{Batch}_{\text{día}}$ = cantidad de batch requeridos por día, batch/día.

$N_{\text{bolsas / batch}}$ = número de bolsas promedio por batch, bolsas / batch.

M_{bolsa} = masa de una bolsa de producto, Kg.

$$D_{\text{día}} = 3 \text{ batch / día} (165 \text{ bolsas / batch}) (2.269 \pm 0.001 \text{ Kg}) \left(\frac{1\text{Ton}}{907.6\text{Kg}} \right) = 1.2 \pm 0.001 \text{ Ton / día}$$

Cálculo de la capacidad de producción de la línea de proceso actual.

$$C_{\text{producción}} = \frac{h_{\text{trabajo}}}{t_{\text{producción / batch}}} (N_{\text{bolsas / batch}})(M_{\text{bolsa}}) \left(\frac{1\text{Ton}}{907.6\text{Kg}} \right)$$

Donde:

$C_{\text{producción}}$ = capacidad de producción de la línea de proceso actual, Ton/día.

h_{trabajo} = horas de trabajo efectivo al día, h.

t_{trabajo} = tiempo requerido para la producción de un batch, h.

$N_{\text{bolsas / batch}}$ = número de bolsas promedio por batch, bolsas / batch.

M_{bolsa} = masa de una bolsa de producto, Kg.

$$C_{\text{producción}} = \frac{16 \text{ horas}}{1.858 \text{ h}} (165 \text{ bolsas / batch}) (2.269 \pm 0.001 \text{ Kg}) \left(\frac{1\text{Ton}}{907.6\text{Kg}} \right) = 3.6 \pm 0.001 \text{ Ton / día}$$

Cálculo de la capacidad de empaque de la línea de proceso actual.

$$C_{\text{empaque}} = \frac{h_{\text{trabajo}}}{t_{\text{producción / batch}}} (N_{\text{bolsas / batch}})(M_{\text{bolsa}}) \left(\frac{1\text{Ton}}{907.6\text{Kg}} \right)$$

Donde:

C_{empaque} = capacidad de empaque de la línea de proceso actual, Ton/día.

h_{trabajo} = horas de trabajo efectivo al día, h.

t_{trabajo} = tiempo requerido para empacar un batch, h.

$N_{\text{bolsas / batch}}$ = número de bolsas promedio por batch, bolsas / batch.

M_{bolsa} = masa de una bolsa de producto, Kg.

$$C_{empaquete} = \frac{16horas}{1h} (165bolsas / batch)(2.269 \pm 0.001Kg) \left(\frac{1Ton}{907.6Kg} \right) = 6.6 \pm 0.001Ton / día$$

Cálculo de la capacidad de enfriamiento de la línea de proceso actual.

$$C_{enfriamiento} = Batch / C_{enf act} (N_{bolsas / batch})(M_{bolsa}) \left(\frac{1Ton}{907.6Kg} \right)$$

Donde:

$C_{enfriamiento}$ = capacidad de enfriamiento de la línea de proceso actual, Ton/día.

$Batch/C_{enf act}$ = número de batch enfriados por capacidad de enfriamiento actual, batch.

$N_{bolsas/batch}$ = número de bolsas promedio por batch, bolsas/batch.

M_{bolsa} = masa de una bolsa de producto, Kg.

$$C_{enfriamiento} = 4.12batch(165bolsas / batch)(2.269 \pm 0.001Kg) \left(\frac{1Ton}{907.6Kg} \right) = 1.7 \pm 0.001Ton / día$$

Cálculo de merma total anual para línea de proceso actual.

$$M_{merma / año} = Batch_{día} (M_{merma}) \left(\frac{360días}{1año} \right)$$

Donde:

$M_{merma/año}$ = merma total anual para línea de proceso actual, Kg.

$Batch_{día}$ = cantidad de batch requeridos por día, batch/día.

M_{merma} = masa de merma total del proceso actual, Kg.

$$M_{merma / año} = 3batch / día(32.487 \pm 0.002Kg) \left(\frac{360días}{1año} \right) = 245.16 \pm 0.002Kg$$

Cálculo de la diferencia de merma total anual para línea de proceso actual y línea de proceso propuesto.

$$\Delta_{merma / año} = M_{merma / año actual} - M_{merma / año propuesto}$$

Donde:

$\Delta_{merma/año}$ = diferencia entre merma total anual para línea de proceso actual y línea de proceso propuesto, Kg.

$M_{merma/año actual}$ = merma total anual para línea de proceso actual, Kg.

$M_{merma/año propuesto}$ = merma total anual para línea de proceso propuesto, Kg.

$$\Delta_{merma / año} = 245.16 \pm 0.002Kg - 0Kg = 245.16 \pm 0.002Kg$$

Cálculo del costo de merma por año.

$$\$_{merma / año} = \Delta_{merma / año} (\$_{Kg salsa})$$

Donde:

$\$merma/año$ = costo de merma por año, Q.

$\Delta merma/año$ = diferencia entre merma total anual para línea de proceso actual y línea de proceso propuesto, Kg.

$\$ Kg salsa$ = costo por kilogramo de salsa, Kg.

$$\$merma/año = 245.16 \pm 0.002 Kg(Q5.502) = Q1,348.87 \pm 0.002$$

Cálculo del costo de tiempo de producción total por año.

$$\$t_{prod/año} = t_{tot/batch} \left(\frac{360días}{1año} \right) (\$_{hora hombre})$$

Donde:

$\$t_{prod/año}$ = costo de tiempo de producción por año, Q.

$t_{tot/batch}$ = tiempo total de producción por batch, h.

$\$ hora hombre$ = costo por hora hombre, Q.

$$\$t_{prod/año} = 22h \left(\frac{360días}{1año} \right) (Q9.87) = Q78,170.4$$

Cálculo del costo de hielo usado para enfriamiento en proceso actual por año.

$$\$hielo_{enf/año} = hielo_{bolsas/batch} M_{bolsa hielo} \left(\frac{360días}{1año} \right) (\$_{Kg hielo})$$

Donde:

$\$hielo_{enf/año}$ = costo de hielo para enfriamiento en proceso actual por año, Q.

$hielo_{bolsas/batch}$ = número de bolsas de hielo usadas por batch, bolsas.

$M_{bolsa hielo}$ = masa por bolsa de hielo, Kg.

$\$ Kg hielo$ = costo por kilogramo de hielo, Q.

$$\$hielo_{enf/año} = 200bolsas(11.343Kg) \left(\frac{360días}{1año} \right) (Q0.72732) = Q594,000.00$$

Cálculo del costo de agua usada para enfriamiento en proceso actual por año.

$$\$agua_{enf/año} = agua_{batch} \left(\frac{360días}{1año} \right) (\$_{agua})$$

Donde:

$\$agua_{enf/año}$ = costo de agua para enfriamiento en proceso actual por año, Q.

$agua_{batch}$ = cantidad de agua usadas por batch, litros.

$\$ agua$ = costo por litro de agua, Q.

$$\$agua_{enf/año} = 1,500 \text{ Litros} \left(\frac{360 \text{ dias}}{1 \text{ año}} \right) (Q0.02475) = Q13,365.00$$

Cálculo del costo de la energía usada por evaporadores para enfriamiento en proceso propuesto por año.

$$\$E_{enf/año} = Q_{evap} t_{res} \left(\frac{360 \text{ dias}}{1 \text{ año}} \right) (\$_{KW-h})$$

Donde:

$\$E_{enf/año}$ = costo de energía para enfriamiento en proceso propuesto por año, Q.

Q_{evap} = capacidad de sustracción de calor de los evaporadores de cámara Blast Freezer, KW.

t_{res} = tiempo de residencia de un batch de producto dentro de cámara Blast Freezer, h.

$\$_{KW-h}$ = costo por KW-h, Q.

$$\$E_{enf/año} = 16.41 \text{ KW} (7h) \left(\frac{360 \text{ dias}}{1 \text{ año}} \right) (Q1.65) = Q68,232.78$$

Cálculo de ahorro total en proceso propuesto por año.

$$\Delta\$_{tot} = \sum \$_{actual} - \sum \$_{propuesto}$$

Donde:

$\Delta\$_{tot}$ = ahorro total por año en proceso propuesto, Q.

$\sum \$_{actual}$ = sumatoria de cada uno de los costos anuales del proceso actual, Q.

$\sum \$_{propuesto}$ = sumatoria de cada uno de los costos anuales del proceso propuesto, Q.

$$\Delta\$_{tot} = Q697,834.27 - Q108,424.08 = Q589,410.19$$

Cálculo del porcentaje de ahorro total en proceso propuesto por año.

$$\%_{\Delta\$_{tot}} = \frac{\Delta\$_{tot}}{\sum \$_{actual}} \times 100$$

Donde:

$\%_{\Delta\$_{tot}}$ = porcentaje de ahorro total por año en proceso propuesto, %.

$\Delta\$_{tot}$ = ahorro total por año en proceso propuesto, Q.

$\sum \$_{actual}$ = sumatoria de cada uno de los costos anuales del proceso actual, Q.

$$\%_{\Delta\$_{tot}} = \frac{Q589,410.19}{Q697,834.27} \times 100 = 84.46\%$$

B. DATOS CALCULADOS

Tabla No.31 Datos de experimentales de pérdida de calor de salsa vrs. tiempo (proceso actual)

Datos experimentales a temperatura de tanque de enfriamiento (1°C promedio)	
tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	90
45	75
360	23
1080	3.5

*Ver Gráfica No. 1

Tabla No.32 Datos de experimentales de pérdida de calor de salsa vrs. tiempo (proceso propuesto)

Datos experimentales a temperatura de ambiente controlado de -11°C	
tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	93.33
0.5	80
1	78
1.5	77
2	75
2.5	74
3	74
3.5	73
4	72
4.5	72
5	69
15	62
20	58
25	55
30	53
60	45
75	39
100	32
130	26
150	22
170	18
200	14
220	11
240	8
260	5
270	3.5

*Ver Gráfica No. 2

E.1 PROPAGACIÓN DE ERROR

1) Incertidumbre para Suma y/o Resta

$$z = (x \pm dx) - (y \pm dy)$$

$$dz = \pm \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2}$$

(Ecuación No. 1)

Ejemplo: Diferencia de merma total anual para línea de proceso actual y línea de proceso propuesto.

Merma de proceso actual=245.16±0.002Kg

Merma de proceso propuesto= 0.0Kg

Merma total anual=245.16

$$dT = \pm \sqrt{(0.002)^2}$$

$$dT = \pm 0.002$$

Temperatura promedio=245.16±0.002Kg

2) Incertidumbre para Multiplicación y/o División

$$Z = (x \pm dx) (y \pm dy)$$

$$dz = \pm z \sqrt{\left(\frac{dx}{x}\right)^2 + \left(\frac{dy}{y}\right)^2}$$

(Ecuación No. 2)

Ejemplo: Calor absorbido por componentes B y C en marmita de 10 Galones.

$$dRe = \pm 6,237 \sqrt{\left(\frac{0.01}{27}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{1,050}\right)^2}$$

$$dRe = \pm 2.31$$

Re=6,237±2.31KJ

E.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

(No hay)

1. Media aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

(Ecuación No. 3)

donde:

\bar{x} = media o promedio

x_i = datos de la población o muestra.

n = número total de datos en la población o muestra.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} D_i}{10}$$

2. Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

(Ecuación No. 4)

donde:

σ = desviación estándar.

x_i = datos de la población.

\bar{x} = promedio o media aritmética.

n = número total de datos en la población.

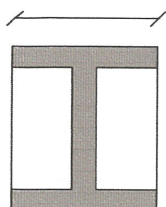
C. Complementos de llenadora y empacadora aséptica

1. Material de empaque

a. Polietileno coextruido o poliextruido (presentación tipo “almohada”).

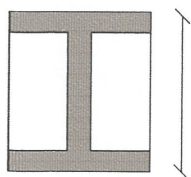
Termosellables, algunas variedades de materiales termo-encogibles, polietilenos de densidad: lineal, baja densidad y alta densidad, con las características antes mencionadas.

Figura No. 13 Rangos de dimensiones de bolsa para empacadora



Ancho de la bolsa:

Hasta 20” (508 mm), la máquina viene provista de un formador de bolsa adecuado a su producto.



Longitud de la bolsa:

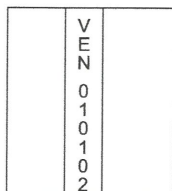
Hasta 24” (610 mm), en dos acciones, la longitud de la bolsa se varía girando una perilla.

b. Accesorios optativos:

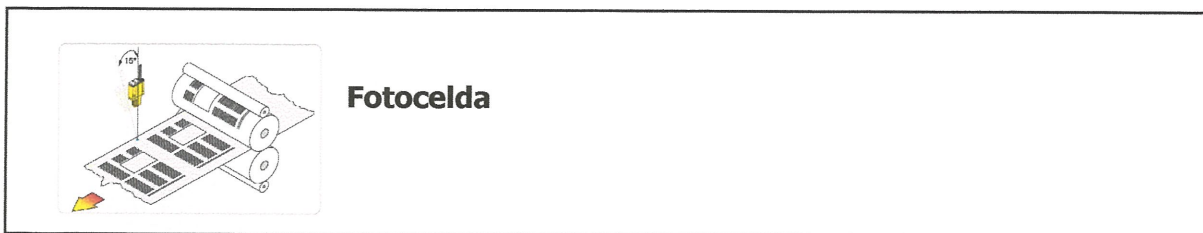
Figura No. 14 Accesorios optativos para empacadora



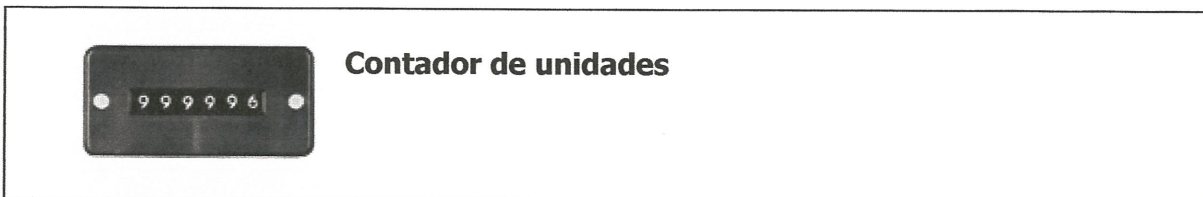
Sistema de asa



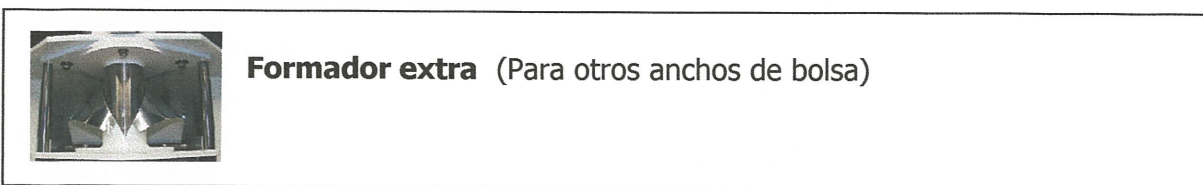
Fechador



Fotocelda



Contador de unidades



Formador extra (Para otros anchos de bolsa)

Versatilidad: La máquina empacadora está diseñada para poder empacar diversos productos y materiales de empaque con sólo cambiar aditamentos.

Figura No. 15 Formas de empaques



Producto que se pueden empacar: Ensalada de repollo, salsas con sólidos suspendidos, purés con sólidos suspendidos, crema, yogurt con sólidos suspendidos, compotas, natilla, etc.

Figura No. 16 Productos a empacar

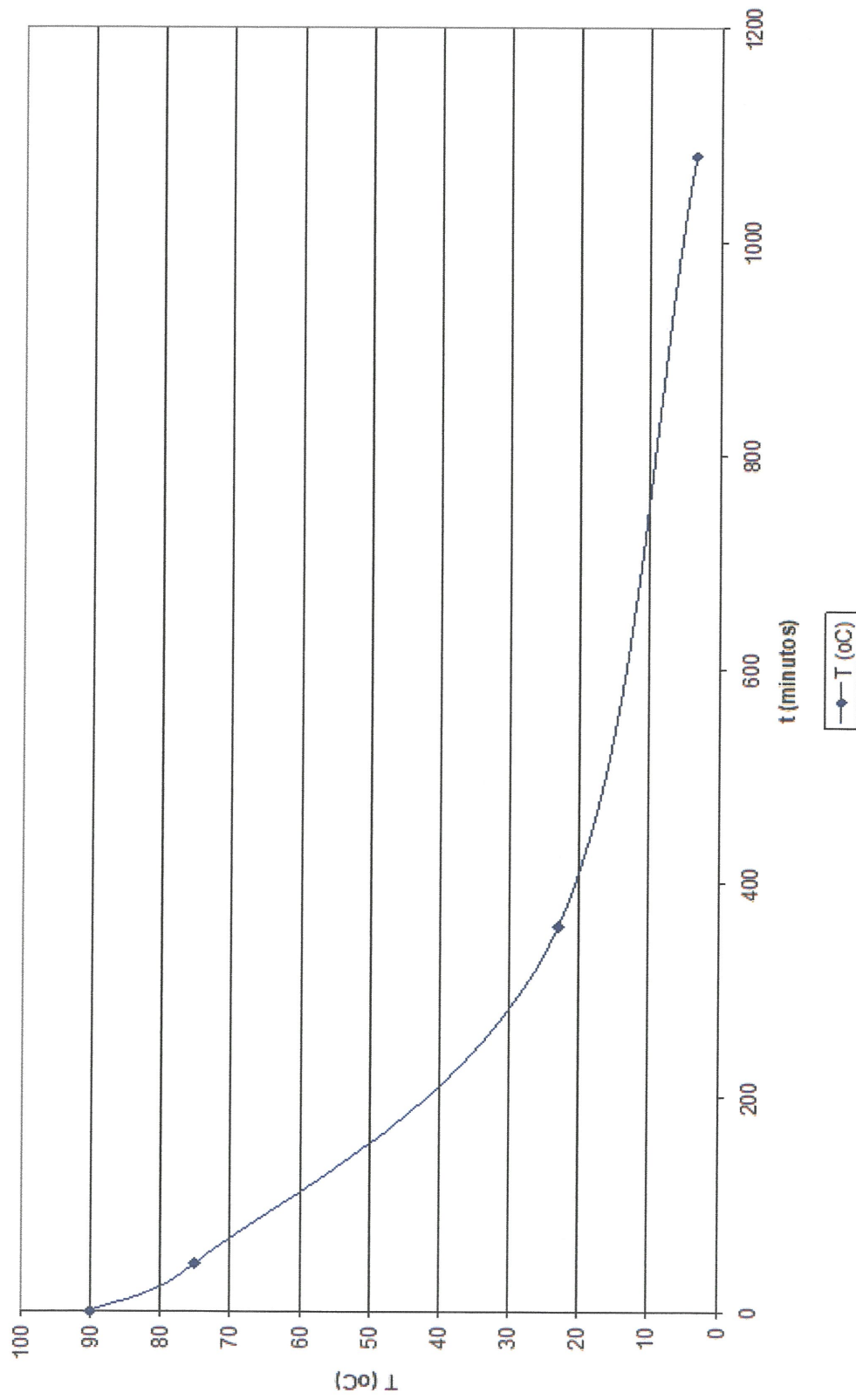


c. Materiales de empaque que pueden llegarse a sellar. Termosellables, algunas variedades de materiales termo-encogibles, polietilenos de densidad: lineal, baja densidad y alta densidad, también los polietilenos coextruído o poli-extruído.

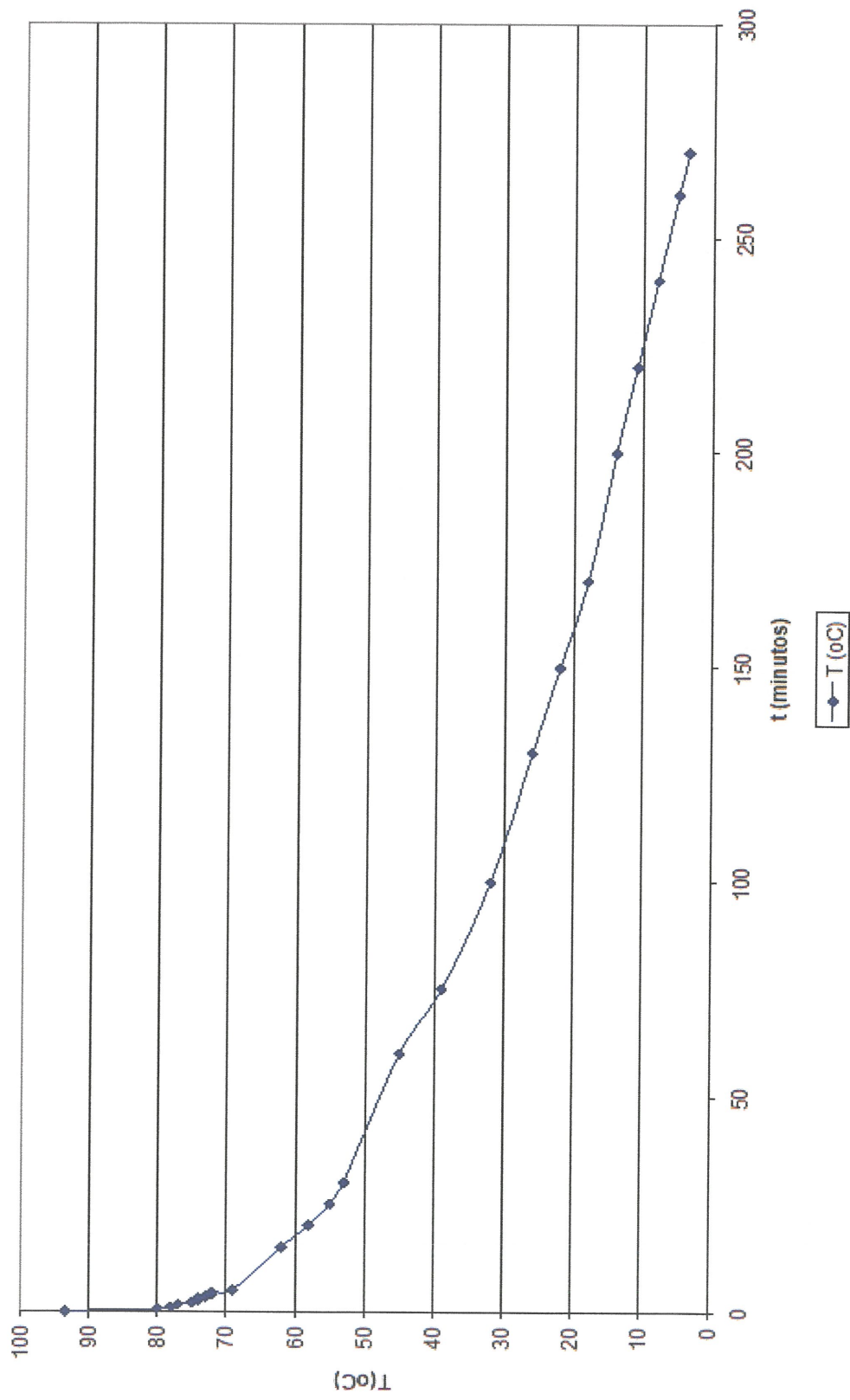
Figura No. 17 Materiales de empaque



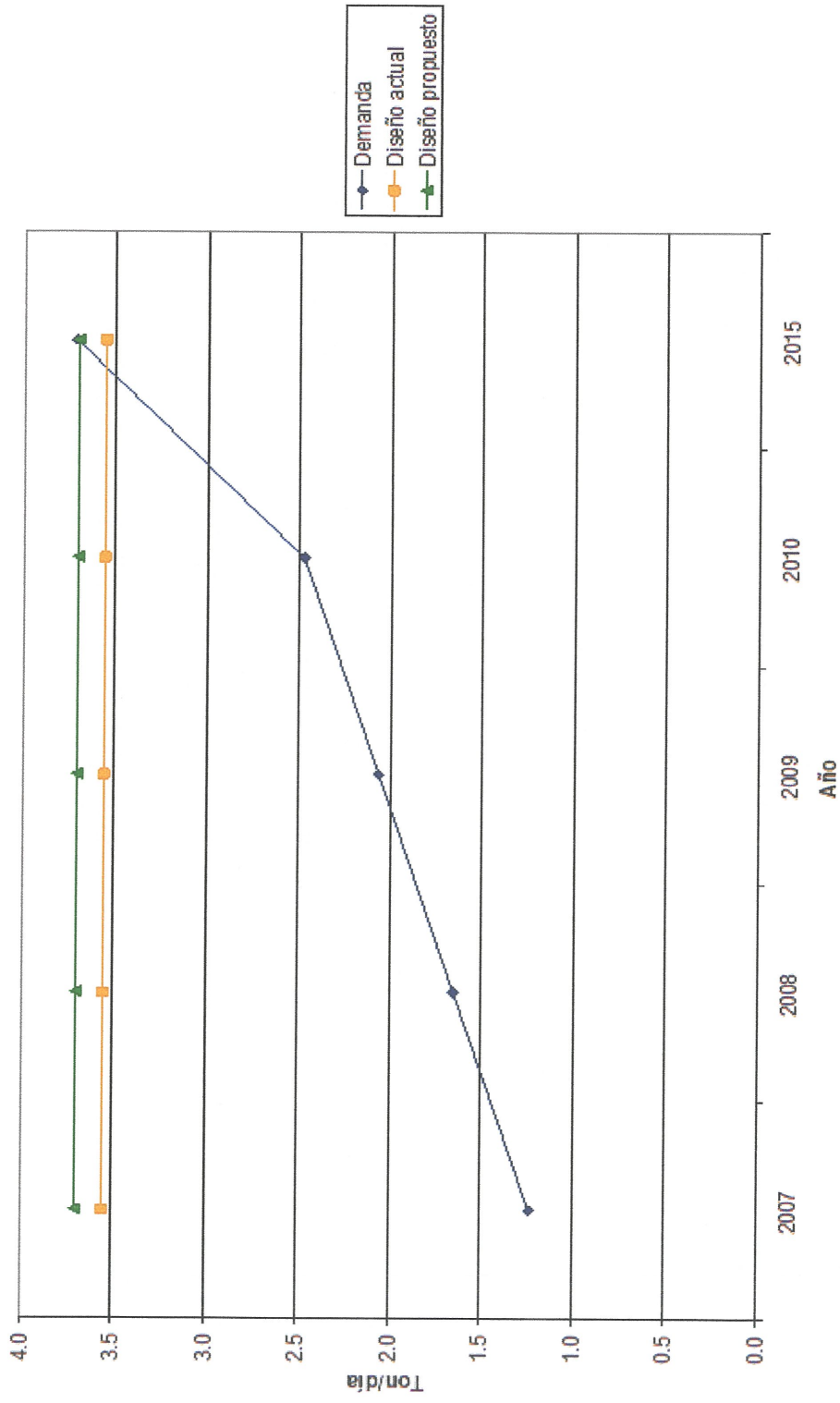
Gráfica 4: Cambio de temperatura de salsa vs tiempo (actualmente)



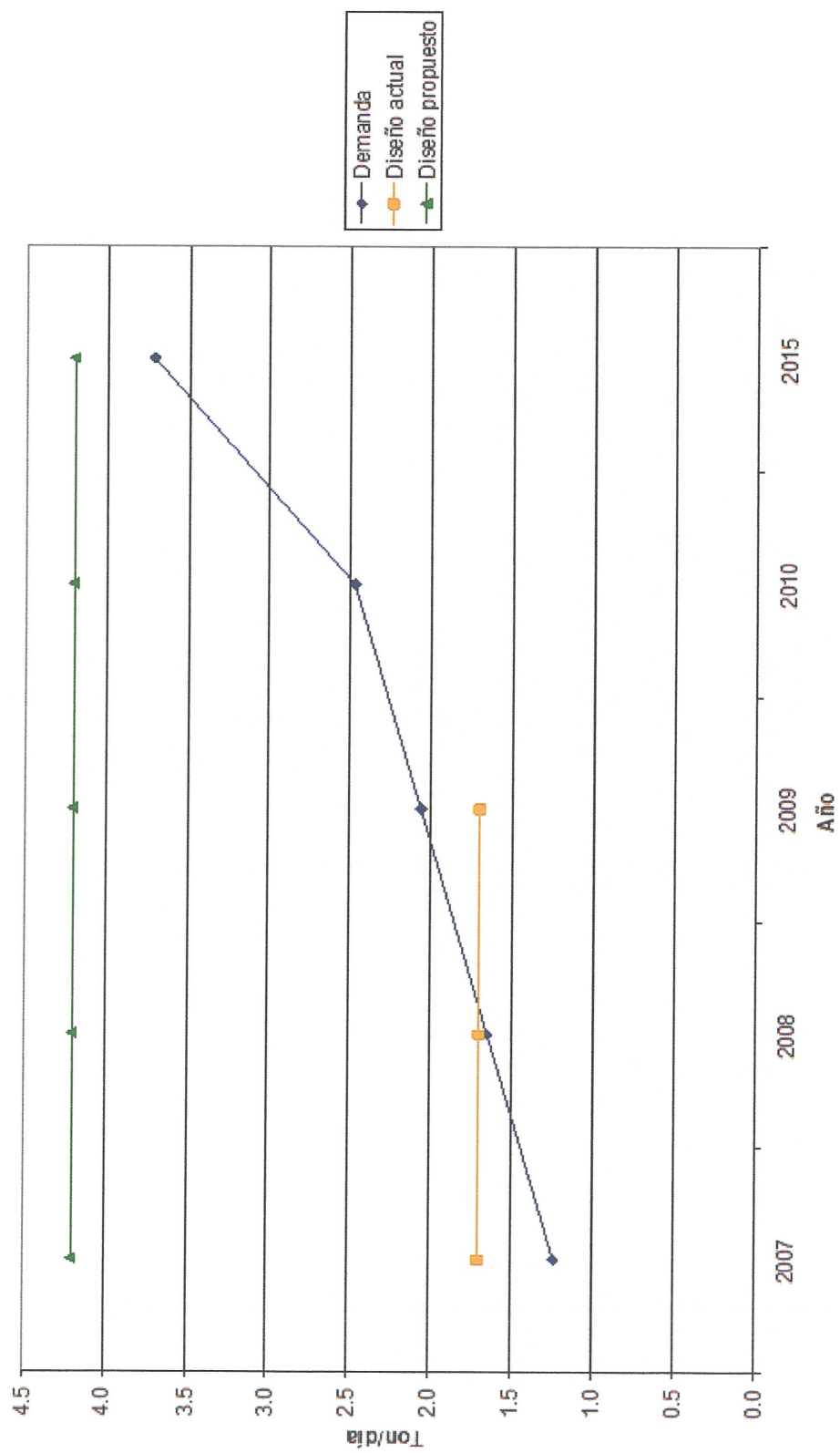
Gráfica 5: Cambio de temperatura de salsa vrs tiempo (Nuevo diseño)



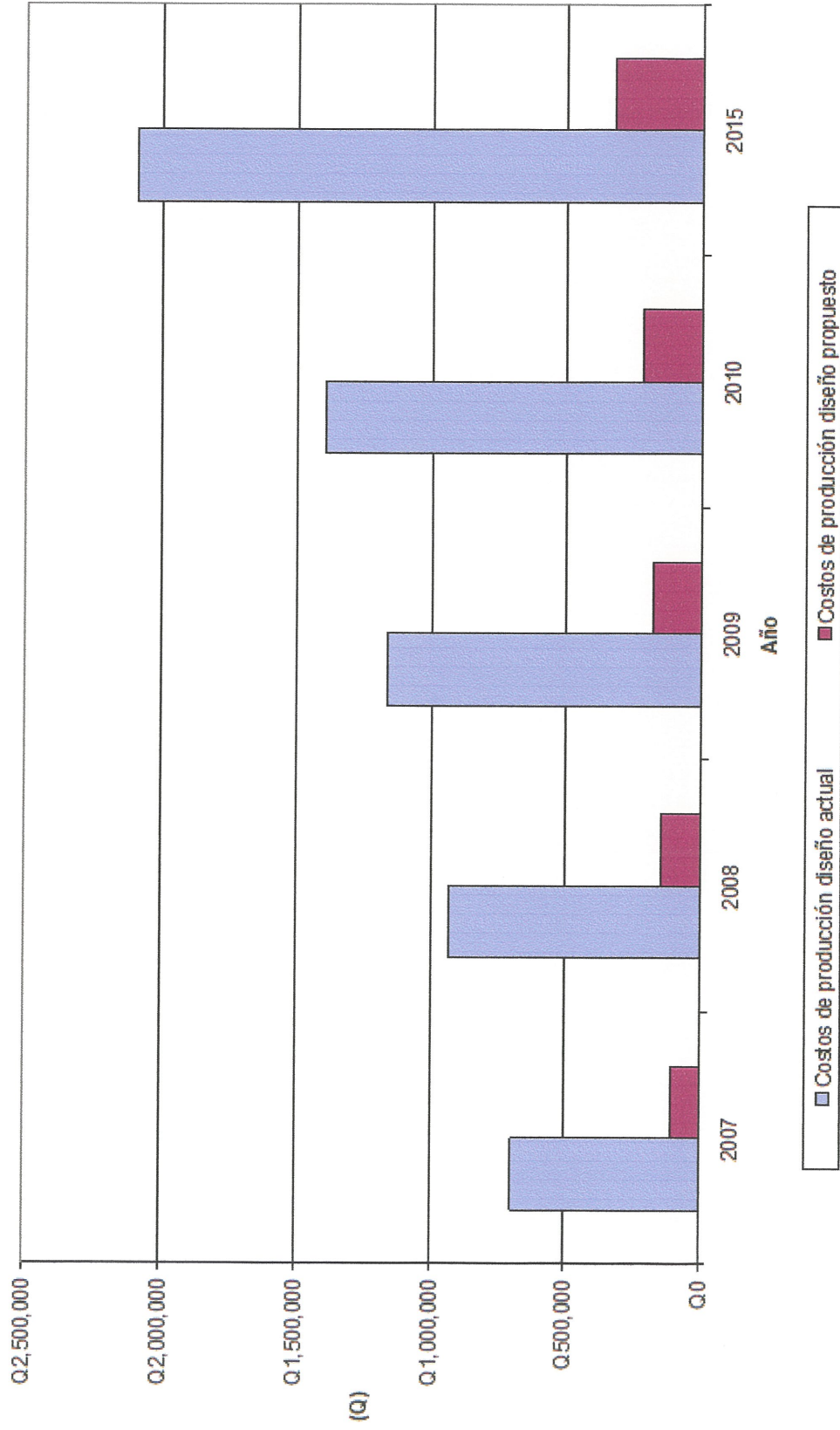
Gráfica 6: Capacidad de producción



Gráfica 7: Capacidad de enfriamiento



Gráfica 8: Costos de producción



Gráfica 9: Ahorro anual

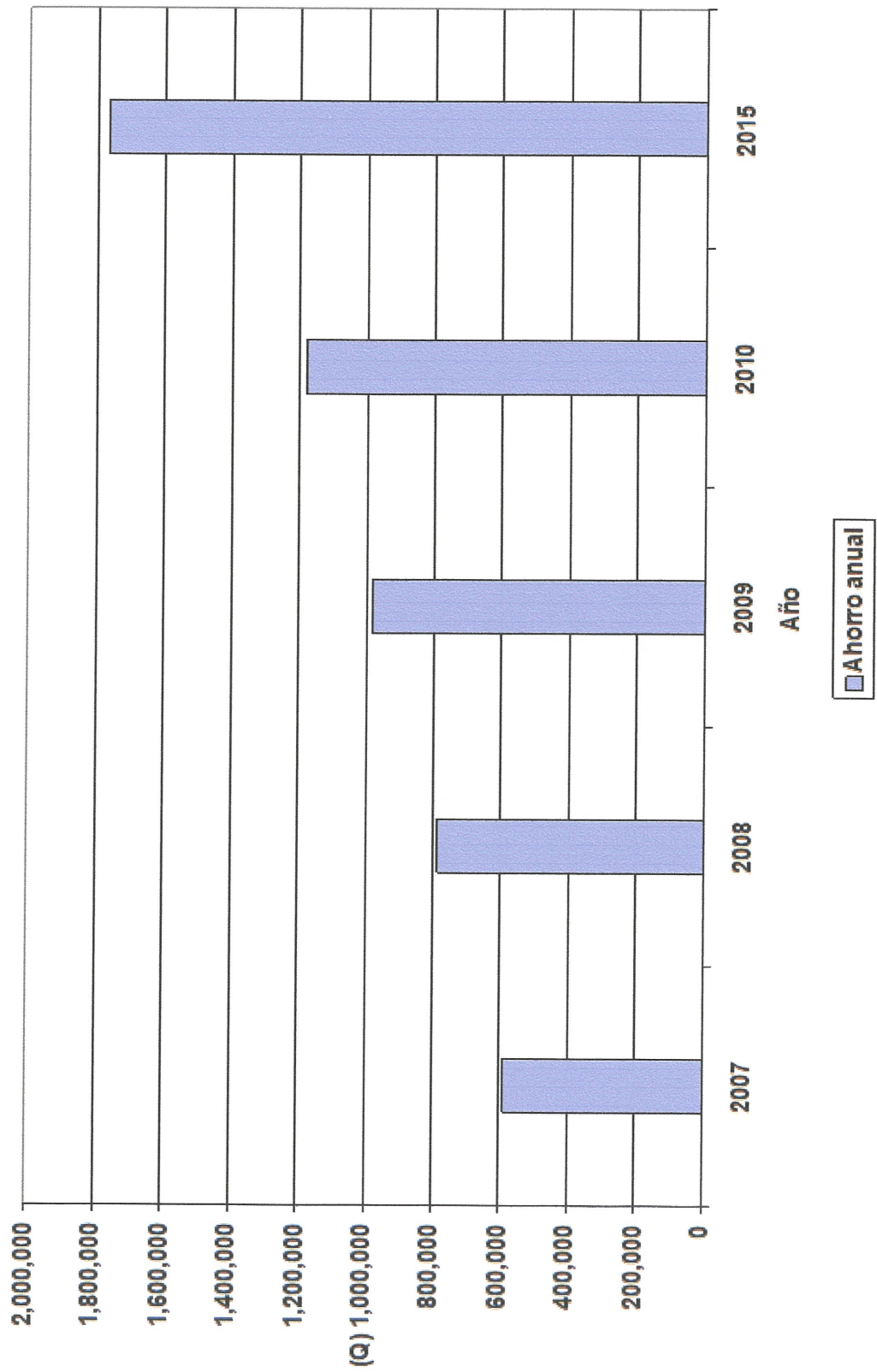


Tabla No.33 Flujo de efectivo con implementación del proceso propuesto

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ahorro											
Tiempo de producción (h/año)	Q 46,191.60	Q 61,588.80	Q 61,588.80	Q 102,648.00	Q 205,296.00	Q 479,024.00	Q 1,197,560.00	Q 3,193,493.33	Q 9,048,231.11	Q 27,144,693.33	Q 85,958,195.56
Disminución de merma (Kg/año)	Q 1,348.87	Q 1,798.49	Q 1,798.49	Q 2,997.49	Q 5,994.98	Q 13,988.28	Q 34,970.71	Q 93,255.23	Q 264,223.16	Q 792,669.47	Q 2,510,119.99
Hielo											
enfriamiento (Kg/año)	Q 594,000.00	Q 792,000.00	Q 792,000.00	Q 1,320,000.00	Q 2,640,000.00	Q 6,160,000.00	Q 15,400,000.00	Q 41,066,666.67	Q 116,355,555.56	Q 349,066,666.67	Q 1,105,377,777.78
Agua											
enfriamiento	Q 13,365.00	Q 17,820.00	Q 17,820.00	Q 29,700.00	Q 59,400.00	Q 138,600.00	Q 346,500.00	Q 924,000.00	Q 2,618,000.00	Q 7,854,000.00	Q 24,871,000.00
Egresos											
Consumo de energía eléctrica	Q (68,232.78)	Q (90,977.04)	Q (90,977.04)	Q (151,628.40)	Q (303,256.80)	Q (707,599.20)	Q (1,768,998.00)	Q (4,717,328.00)	Q (13,365,762.67)	Q (40,097,288.00)	Q (126,974,745.33)
Depreciación	Q (25,293.14)	Q (45,527.64)	Q (45,527.64)	Q (36,422.12)	Q (29,137.69)	Q (23,320.27)	Q (18,641.04)	Q (16,567.00)	Q (16,567.00)	Q (16,567.00)	Q (16,567.00)
Utilidad bruta	Q 564,117.05	Q 740,352.61	Q 740,352.61	Q 1,273,378.31	Q 2,590,463.15	Q 6,089,081.70	Q 15,262,363.89	Q 40,732,779.49	Q 115,439,914.72	Q 346,352,878.17	Q 1,096,820,009.39
Tasa ISR	31%	31%	31%	31%	31%	31%	31%	31%	31%	31%	31%
Impuesto Sobre la renta	Q (174,876.29)	Q (229,509.31)	Q (229,509.31)	Q (394,747.28)	Q (803,043.58)	Q (1,887,615.33)	Q (4,731,332.81)	Q (12,627,161.64)	Q (35,786,373.56)	Q (107,369,392.23)	Q (340,014,202.91)
Utilidad después de impuestos	Q 389,240.77	Q 510,843.30	Q 510,843.30	Q 878,631.03	Q 1,787,419.58	Q 4,201,466.37	Q 10,531,031.09	Q 28,105,617.85	Q 79,653,541.16	Q 238,983,485.94	Q 756,805,806.48
Depreciación	Q 25,293.14	Q 45,527.64	Q 45,527.64	Q 36,422.12	Q 29,137.69	Q 23,320.27	Q 18,641.04	Q 16,567.00	Q 16,567.00	Q 16,567.00	Q 16,567.00
Inversión inicial											
Compra de equipo	Q (155,450.00)										
Uso de equipo existente	Q (97,481.36)										
Mano de obra de instalación	Q (5,875.12)										
Utilidad Neta	Q (258,806.48)	Q 414,533.90	Q 556,370.94	Q 915,053.15	Q 1,816,557.27	Q 4,224,786.65	Q 10,549,672.13	Q 28,122,184.85	Q 79,670,108.16	Q 239,000,052.94	Q 756,822,373.48
Flujo de caja											
Caja inicial	Q (258,806.48)	Q 155,727.42	Q 155,727.42	Q 712,098.37	Q 1,627,151.52	Q 3,443,708.78	Q 7,668,495.43	Q 18,218,167.56	Q 46,340,352.41	Q 126,010,460.57	Q 365,010,513.51
Caja final	Q (258,806.48)	Q 155,727.42	Q 712,098.37	Q 1,627,151.52	Q 3,443,708.78	Q 7,668,495.43	Q 18,218,167.56	Q 46,340,352.41	Q 126,010,460.57	Q 365,010,513.51	Q 1,121,832,886.99

Tabla No.34 Valores TIR y VAN del diseño propuesto

Tasa exigida de rendimiento	1.5	150%
VAN	Q 253,875.26	
TIR	2.29	229%

Tabla No.35 Cálculo de depreciación de equipo para el proceso propuesto

Equipo/Rubro a Depreciar	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11
Llenadora aséptica												
Valor en Libros	Q 155,450.00	Q 139,905.00	Q 111,924.00	Q 89,539.20	Q 71,631.36	Q 57,298.87	Q 45,842.21	Q 35,660.23	Q 25,478.26	Q 15,296.28	Q 5,114.31	Q -
Tasa de Depreciación	10.00%	18.00%	18.00%	14.40%	11.52%	9.22%	7.37%	6.55%	6.55%	6.55%	6.55%	3.29%
Depreciación Cámara Blast Freezer												
Valor en Libros	Q 97,481.36	Q 87,733.22	Q 70,186.58	Q 56,149.26	Q 44,919.41	Q 35,931.63	Q 28,747.25	Q 22,362.22	Q 15,977.19	Q 9,592.17	Q 3,207.14	Q -
Tasa de Depreciación	10.00%	18.00%	18.00%	14.40%	11.52%	9.22%	7.37%	6.55%	6.55%	6.55%	6.55%	3.29%
Depreciación	Q 9,748.14	Q 17,546.64	Q 17,546.64	Q 14,037.32	Q 11,229.85	Q 8,987.78	Q 7,184.38	Q 6,385.03	Q 6,385.03	Q 6,385.03	Q 6,385.03	Q 3,207.14