

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

*Rediseño de una línea de producción de geles para la industria de
panificación*

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERA EN ALIMENTOS

Presentado por:

María Cristina Armijos Freire
Sonia Priscila Ledesma Guerrero

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis padres que se han preocupado por mi desde el primer día que llegue a sus vidas cuyas enseñanzas nunca han cesado, a mis hermanos que han sido un pilar fundamental y no han permitido que me sienta derrotada cuando ya no podía más, familia maravillosa que siempre ha tenido un abrazo y una sonrisa cada vez que llegaba a casa. Hoy me siento orgullosa porque gracias a ellos me encuentro aquí. Familia, amigos y mi prometido que han hecho más fácil alcanzar un logro y mi formación tanto personal como profesional.

María Cristina Armijos Freire

El presente trabajo se lo dedico a mis padres, por sus consejos, su apoyo y por inculcar en mí, valentía y esfuerzo, cualidades que me han ayudado a seguir adelante, y por siempre decirme que no tema a las adversidades porque Dios está conmigo. A mis hermanos, por su paciencia, confianza y por ser mi sustento en cada paso que doy. Familiares, que siempre han tenido palabras de aliento en momentos difíciles. Y a mis amigos por el apoyo y cariño brindado durante toda mi etapa de formación profesional...por y para ellos.

Sonia Priscila Ledesma Guerrero

AGRADECIMIENTOS

A mis abuelas, tíos y primos que siempre han estado pendientes de mi desarrollo en los estudios. A Ph. D. Sandra Acosta por haberme apoyado y aconsejado durante esta etapa de mi formación y por haberme enseñado que no todo son formalismos, sino que también hay momentos de disfrute. A Industrias Ludafa S.A. por haberme dado la oportunidad de conocer más sobre el campo ocupacional.

María Cristina Armijos Freire

A Dios por haberme dado la vida, por guiar mis pasos y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido de soporte e inspiración en mi vida. A mis padres por creer en mí y por su amor incondicional a pesar de la distancia física que nos separa. A mis hermanos y amigos por ser mi fortaleza y refugio en todo momento.

A Ph. D. Sandra Acosta por haber compartido sus conocimientos y su paciencia para poder culminar con esta etapa importante en mi vida. Además, no solo ha demostrado ser mi tutora sino alguien en quien pueda confiar, permitiendo que este tiempo haya sido más alegre. A Industrias Ludafa S.A. por haberme permitido trabajar con ellos.

Sonia Priscila Ledesma Guerrero

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *María Cristina Armijos Freire* y *Sonia Priscila Ledesma Guerrero* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



María Cristina
Armijos Freire



Sonia Priscila
Ledesma Guerrero

EVALUADORES



M.Sc. Haydeé Torres C.

PROFESOR DE LA MATERIA



Ph.D. Sandra Acosta D.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Actualmente, el sector panificador ha tenido una mayor demanda a nivel industrial, por lo que existe la necesidad de adquirir productos elaborados que complementan la elaboración de bollería y panificación. Las empresas proveedoras de estos insumos deberán estandarizar y mejorar sus procesos para cubrir con la producción de sus clientes. La Industrias Ludafa S.A. se dedica a la elaboración de estos insumos alimenticios. El presente trabajo tiene como objetivo rediseñar la línea de producción de geles, con la finalidad de optimizar procesos y así reducir tiempos durante la producción.

La metodología que se aplicó se llevó a cabo en dos fases; levantamiento de información y evaluación de la productividad. En la primera fase, se realizó una observación directa a la línea de producción para obtener información de cada una de las etapas implicadas. En la segunda fase, se describieron la distribución de planta, el personal y un análisis de costos. Luego de analizar el diagrama de flujo, se determinó que la etapa crítica en la línea de producción fue el enfriamiento, para lo cual se realizó un dimensionamiento de un intercambiador de calor de superficie rascada, aplicando las iteraciones propuestas por Weltis-Chanes, para las demás etapas se propusieron cambios con la finalidad de optimizar tiempos. Finalmente, se concluyó que para un lote de producción de 1600 kg de gel se redujo el tiempo de 22h y 24 min a 5 horas.

Palabras clave: Intercambiador de calor, superficie rascada, gel alimenticio.

ABSTRACT

Currently, the bakery sector has had a greater demand at the industrial level, so there is a need to purchase elaborated products that complement the preparation of pastries and baking. The companies supplying these items must standardize and improve their processes to cover the production of their customers. The Ludafa Industries S.A. is dedicated to the development of these food items. The objective of this work is to redesign the production line of gels in an industry of supplies for baking, in order to optimize processes and thus reduce times during production.

The methodology that was applied was carried out in two phases; information gathering and productivity evaluation. In the first phase, a direct observation was made to the production line to obtain information on each of the stages involved. In the second phase the distribution of the plant, the personnel and a cost analysis were described. After analyzing the flow diagram, it was determined that the critical stage in the production line was cooling, for which a sizing of a scraped surface heat exchanger was carried out applying the iterations proposed by Weltis-Chanes, for the rest stages were proposed changes in order to optimize times. Finally, it was concluded that for a production batch of 1600 kg of gel filling the time of 22h and 24 min was reduced to 5 hours.

Keywords: *Heat exchanger, scraped surface, food gel.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 Otras alternativas de geles	4
1.4.2 Equipos para tratamiento térmico	5
CAPÍTULO 2.....	7
2. METODOLOGÍA	7
2.4.1 Diagrama de flujo actual del proceso de elaboración del gel.....	8
2.2 Evaluación de la productividad	9
2.2.1 Descripción del proceso.....	9
2.3 Distribución de las áreas de planta baja, primer piso y segundo piso	14
2.3.1 Planta baja.....	14
2.3.2 Primer piso.....	15

2.3.3	Segundo piso	15
2.4	Área de fabricación de geles	16
2.4.1	Distribución de personal	16
2.4.2	Producción por lote	16
2.5	Consumo de recursos	17
2.5.1	Energía eléctrica	17
2.5.2	Agua Potable	17
2.5.3	Gas	18
2.6	Características de calidad del producto.....	18
2.6.1	Materias primas, aditivos y material de empaque	18
2.6.2	Producto terminado.....	18
2.7	Lay-out de la línea de elaboración del gel	19
2.8	Costos	20
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
3.1	Diagrama de recorrido sencillo	21
3.2	Propuesta de rediseño en cada etapa de producción	22
3.2.1	Pesado de materias primas	22
3.2.2	Dosificado y mezclado	23
3.3	Enfriamiento	23
3.4	Envasado	26
3.5	Etiquetado y Sellado.....	27
3.5.1	Etiquetado de envases.....	27
3.5.2	Máquina selladora.....	27
3.6	Lay-out de la línea de elaboración del gel	29
3.7	Costos	30
3.7.1	Costo de mano de obra directa.....	31
3.7.2	Costos y depreciación de equipos y accesorios	31

3.7.3	Costo de consumo de energía eléctrica.....	31
3.7.4	Costos por servicios y suministros.....	31
3.7.5	Punto de equilibrio	31
3.7.6	Flujo de caja.....	32
CAPÍTULO 4.....		33
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		33
4.1	Conclusiones.....	33
4.2	Recomendaciones.....	34
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
CORELAP	Computerized Relationship Layout Planning
ASME	American Society of Mechanical Engineers
NTU	Número de Unidades de Transferencia
P.V.P.	Precio de Venta al Público
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
MLDT	Temperatura Media Logarítmica
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
PT	Producto Terminado
MP	Materia Prima
RPM	Revoluciones Por Minuto
PR	Periodo de Recuperación

SIMBOLOGÍA

kg	Kilogramo
g	Gramo
s	Segundo
min	Minutos
h	Horas
t	Tiempo
kW	Kilowatts
W	Watts
kJ	Kilo Joule
m	Metro
T	Temperatura
°C	Celsius
%	Porcentaje
Cp	Calor específico
ρ	Densidad
μ	Viscosidad
k	Conductividad térmica
Xw	Fracción másica del agua
Xp	Fracción másica de la proteína
Xf	Fracción másica de la grasa
Xc	Fracción másica de los carbohidratos
Xa	Fracción másica de la ceniza
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
cm	Centímetro
mm	Milímetro
u	Unidades
Pa	Pascal
\dot{m}	Flujo másico
Tsa	Temperatura de salida del agua

Tea	Temperatura de entrada del agua
Tsg	Temperatura de salida del gel
Teg	Temperatura de entrada del gel
U_D	Coefficiente total de transferencia de calor
Q	Calor
A_{TC}	Área de transferencia de calor
D_i	Diámetro interior
D_o	Diámetro exterior
D_E	Diámetro equivalente
L	Longitud
A_{fg}	Área de flujo del gel
A_{fa}	Área de flujo del agua
G_g	Velocidad de masa del gel
G_a	Velocidad de masa del agua
Re	Reynolds
Pr_g	Prandtl del gel
Pr_a	Prandtl del agua
Nu_g	Nusselt del gel
Nu_a	Nusselt del agua
h_g	Coefficiente de transferencia de calor convectivo del gel
h_a	Coefficiente de transferencia de calor convectivo del agua
U_C	Coefficiente global de diseño
R_d	Factor de ensuciamiento
ε	Efectividad de transferencia de calor
C_g	Capacidad calorífica del gel
P	Potencia
C_o	Coefficiente de resistencia del material

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama de flujo de elaboración del gel	8
Figura 2.2 Balanza gramera	9
Figura 2.3 Dosificado de agua por medio de manguera	10
Figura 2.4 Área de dosificado de materia prima	10
Figura 2.5 Área de cocción	11
Figura 2.6 Área de envasado	11
Figura 2.7 Enfriamiento de los envases	12
Figura 2.8 Sellado de los envases.....	13
Figura 2.9 Etiquetado de los envases.....	14
Figura 2.10 Almacenamiento del producto final	14
Figura 3.1 Bomba manual para extracción de glucosa.....	23
Figura 3.2 Dirección del flujo del gel y del agua.....	25
Figura 3.3 Intercambiador de calor de superficie rascada.....	26
Figura 3.4 Válvula de pedal	27
Figura 3.5 Máquina tapadora de envases	28
Figura 3.6 Nuevo diagrama de flujo del proceso de elaboración del gel	29
Figura 3.7 Tabla relacional de actividades.....	30
Figura 3.8 Lay-out de la línea de elaboración de gel	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Alternativas de geles	4
Tabla 2.1 Distribución de Personal para la producción de geles	16
Tabla 2.2 Tipos de presentación para un batch de producción.....	17
Tabla 2.3 Consumo de energía eléctrica por equipo.....	17
Tabla 2.4 Consumo de agua potable la línea de producción	18
Tabla 2.5 Consumo de gas.....	18
Tabla 2.6 Microorganismos indicadores de higiene	19
Tabla 2.7 Nomenclatura para el diagrama de proximidad.....	19
Tabla 2.8 Escala y motivos	20
Tabla 3.1 Diagrama de recorrido sencillo de la producción de geles	21
Tabla 3.2 Propiedades termo físicas del agua y del gel	24
Tabla 3.3 Dimensiones de tuberías del intercambiador de calor de superficie rascada	24
Tabla 3.4 Temperaturas del agua y del gel.....	25
Tabla 3.5 Flujos máxicos del gel y del agua	25
Tabla 3.6 Dimensiones de máquina tapadora de envases	27
Tabla 3.7 Costos Fijos y Variables	32
Tabla 3.8 Punto de equilibrio	32
Tabla 3.9 Periodo de recuperación	32
Tabla 3.10 Iteraciones para el diseño del sistema de enfriamiento	36
Tabla 3.11 Costo de mano de obra directa.....	36
Tabla 3.12 Costo y depreciación de equipos.....	36
Tabla 3.13 Costo de consumo de energía eléctrica	36
Tabla 3.14 Costos por servicios y suministros	36
Tabla 3.15 Flujo de caja anual	36
Tabla 3.16 Flujo de caja mensual	36

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el sector panificador ha tenido mayor demanda a nivel industrial debido a la acogida que tienen sus productos en el mercado ecuatoriano y al apoyo del gobierno para presentar estrategias cuyo fin es reforzar la productividad del país. Por el programa implementado por el Ministerio de Industrias y Competitividad llamado Renova-Panadería, se pueden contabilizar aproximadamente 10.000 panificadoras en el Ecuador, de las cuales, el 90% son artesanales (German, 2014).

Industrias Ludafa S.A., es una empresa que se dedica a la elaboración de insumos alimenticios que forman parte de la cadena productiva de otras empresas, que elaboran un producto final. Además, cuenta con un servicio que da soporte técnico y asesoría para decoración de postres. Actualmente, ha desarrollado tecnologías para la fabricación de materias primas que les permite competir en el mercado de la panificación. Industrias Ludafa S.A., se consolida como una empresa líder en el mercado ecuatoriano e incluso en mercados extranjeros ya que contribuye en varios sectores ofreciendo servicios eficientes y confiables para que sus clientes los sigan manteniendo en un nivel alto de preferencia. Su visión a futuro es seguir invirtiendo para el constante desarrollo de productos innovadores satisfaciendo las necesidades del consumidor sin dejar de lado la rentabilidad y eficiencia.

El sector panadero se aprovisiona de insumos provenientes de otras empresas como Industrias Ludafa S.A., que ofrece una gran variedad de productos como esponjas, azúcar invertido, rellenos y gel abrillantador. Este último es un insumo con gran demanda en el mercado de panificación, pastelería y heladería, ya que es ideal para rellenos, decoraciones y coberturas. Sus características y propiedades permiten abrillantar superficies y es de fácil aplicación, además, permite realzar el decorado y le aporta sabor. Estos geles tienen varios sabores y presentaciones que se ajustan a la ocasión y necesidad del cliente. Las esponjas se dirigen a productos de pastelería y heladería ya que, es un emulsificante que ayuda a reducir el tiempo de batido, el rendimiento es mayor

debido a que se reduce la cantidad de huevo usado en la formulación y en panadería se puede usar como componente ablandador de miga. La azúcar invertida es un jarabe cuyo poder edulcorante es 30% mayor que la azúcar normal, sin embargo, solo se sustituye un porcentaje. Las ventajas del uso de esta azúcar son que no se cristaliza, ayuda a acelerar la fermentación, aporta frescura a los productos y alarga su tiempo de vida útil.

1.1 Descripción del problema

Este trabajo se realiza en la empresa Industrias Ludafa S.A., ubicada en el cantón Durán, que se dedica a la elaboración de una variedad de insumos alimenticios, para proveer como materias primas a la industria de panificación, pastelería y heladería.

El desarrollo de este trabajo busca determinar las pérdidas producidas por demoras en la línea de producción de gel, con la finalidad de identificar falencias en las diferentes etapas del proceso de elaboración. Los geles corresponden al 10,8% de la producción total de la industria, por lo que requiere mejoras en los rendimientos de producción, ya que es un ítem importante en la economía de la empresa.

1.2 Justificación del problema

La introducción al mercado de estos productos que son materia prima para otras empresas requiere, que aparte de cumplir con la calidad, proporcionen a la Industrias Ludafa S.A., una producción económicamente rentable y con el producto gel, la industria ha determinado que no se cumple.

Por lo que, en el presente trabajo, se realizará un estudio en la línea de producción de geles para identificar las diferentes pérdidas o ineficiencia en los tiempos de producción, elaborando un rediseño en la línea, para sugerir mejoras en cada etapa, aumentando la producción y el beneficio económico para la Industrias Ludafa S.A.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Rediseñar una línea de producción de geles en una industria de insumos para la panificación, con la finalidad de optimizar procesos y así reducir tiempos durante la producción.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Analizar las etapas implicadas en el proceso de producción del gel, estableciendo con mayor precisión las etapas críticas en la línea de proceso del producto.
2. Proponer mejoras en las etapas de elaboración del gel para optimizar tiempos y procesos.
3. Determinar la viabilidad de la propuesta planteada en el rediseño de la línea de producción de geles, para su implementación a futuro, basado en un análisis de costos del proceso.

1.4 Marco teórico

Los geles para panificación tienen varios ingredientes, entre los más usados son: Azúcar, jarabe de glucosa, esencias, conservantes, colorantes, espesantes y gelificantes, los que son sometidos a procesos de cocción, que luego del reposo se convierten en un gel.

Otros ingredientes utilizados son la pectina y almidón, la pectina es un coloide que tiene propiedades espesantes, gelificantes y estabilizantes, debido a su capacidad de absorber agua. Esta característica hace que sea un aditivo muy utilizado en la industria para modificar la textura de alimentos como jaleas, mermeladas y compota (García & Penagos, 2011).

El almidón, por otro lado, es empleado como espesante, ya que retiene el agua aumentando de esta manera la viscosidad y evitando la configuración de cristales de hielo. Los almidones permiten que el agua, ácidos y sólidos se mantengan completamente mezclados mejorando la apariencia y la sensación bucal (Pilamala, 2010).

El ácido cítrico es utilizado como conservante en el producto ya que ayuda a disminuir el pH final evitando de esta manera el crecimiento de microorganismos como bacterias. La cantidad exacta de este ácido es de importancia porque controla el poder de gelificación, inversión del azúcar y a su vez mejora el gusto del producto final (Pilamala, 2010). De igual manera, los microingredientes como la esencia, colorantes y conservantes son de relevancia para la formulación, la esencia y colorante aporta el sabor y color del producto final. Por último, tenemos a los conservantes como los sorbatos y benzoatos que son eficaces para la conservación de jaleas, rellenos a base de frutas, mermeladas y conservas de frutas (Villada, 2010).

El gel abrillantador presenta un pH de 4 y un elevado contenido de azúcar, estas son propiedades que ayudan a la conservación del producto, aproximadamente 6 meses de vida útil. Además, brindan mayor facilidad para el almacenamiento del gel, en un lugar fresco evitando el contacto con la luz solar.

1.4.1 Otras alternativas de geles

Tabla 1.1 Alternativas de geles

Empresa	País	Productos
La Fabril	Ecuador	Coberturas de chocolates, rellenos, mermeladas y brillos
Puratos	Argentina, México, Perú, Brasil y Chile	Brillos, rellenos de frutas, cremas pasteleras, aromas
Ledevit	Argentina	Brillos pasteleros, mermeladas, rellenos de frutas, coberturas y cremas de frutas
Estrali	México	Abrillantadores, harinas preparadas, polvos para hornear, emulsificantes, decoradores y rellenos
Siboney	España	Brillos pasteleros, mermeladas, rellenos de frutas, coberturas y cremas de frutas

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

1.4.2 Equipos para tratamiento térmico

Dentro del sector industrial, la producción es un término importante ya que se refiere a la actividad económica, donde el objetivo es satisfacer las necesidades del consumidor mediante la ejecución de distintas operaciones que constituyen un proceso. Estos procesos son los que se encargan de transformar las materias primas en productos más elaborados para cumplir con los requerimientos de los clientes (González, 2015).

En las empresas el tiempo que requiere cada una de las etapas del proceso de producción es fundamental. El cálculo de los tiempos de trabajo se puede hacer mediante el denominado tiempo tipo o tiempo estándar, el cual es el tiempo que ocupa un trabajador para ejecutar una actividad. Este tiempo engloba lo que el operador necesita para cada actividad a un ritmo normal y las interrupciones que deba hacer por algún inconveniente y sus necesidades personales. Un correcto funcionamiento de las empresas dependerá que las tareas de los trabajadores estén correctamente resueltas, lo cual dependerá de los tiempos empleados en cada una de ellas. Además, estos tiempos deben estar calculados correctamente ya que, de ello depende la cantidad de trabajadores para la producción y la cantidad que debe pagar la empresa (González, 2012).

El equipo principal para el proceso de elaboración del gel y otros insumos de la empresa en estudio es la marmita. Las marmitas son equipos industriales que tienen la capacidad de cocción de alimentos, es un recipiente hermético provisto de un sistema de agitación. Las marmitas pueden tener forma cilíndrica o semiesférica, ésta última es la de más demanda debido a que no deja residuos por lo que favorece su limpieza y ayuda a la descarga del producto con mayor facilidad. El sistema de calentamiento puede variar por lo que existe marmitas de calentamiento a vapor, a gas y calentamiento con energía eléctrica. Además, este equipo tiene una chaqueta por donde circula el medio de calentamiento y nunca entrará en contacto directo con el alimento (Chacaguasay & Picho, 2016)

El enfriamiento de productos con viscosidad alta en el sector alimentario antiguamente se hacía en marmitas que tenían un sistema de enchaquetado por el que circulaba un fluido frío. Actualmente, este proceso se desarrolla utilizando

otros equipos como los intercambiadores de calor, los cuales permiten optimizar tiempos y reducir gastos de mano de obra. El intercambiador utilizado para productos con viscosidad alta como el gel, es el intercambiador de calor de superficie rascada (Pascual, 2010).

El intercambiador de calor de superficie rascada consiste en tubos concéntricos, donde el gel fluirá por el tubo interior mientras que el fluido de servicio, que en este caso será agua a temperatura ambiente, circulará por el espacio que queda entre los dos tubos, conocido como espacio anular. El tubo interior está equipado con un rotor central giratorio que accionará el movimiento del tornillo que rascará las paredes internas del intercambiador (Pascual, 2010).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El desarrollo de este trabajo se realizó en 2 fases, empleando herramientas que nos ayudarán a identificar y evaluar los problemas en la línea de producción del gel y proponer una solución. Las fases que se emplearon son:

- 1 Levantamiento de información.
- 2 Evaluación de la productividad.

2.1 Levantamiento de información

En la primera fase se realizó una observación directa a la línea de producción, interactuando con el personal involucrado en el proceso, para obtener información de cada una de las etapas y a partir de la información obtenida elaborar el diagrama de flujo.

2.4.1 Diagrama de flujo actual del proceso de elaboración del gel

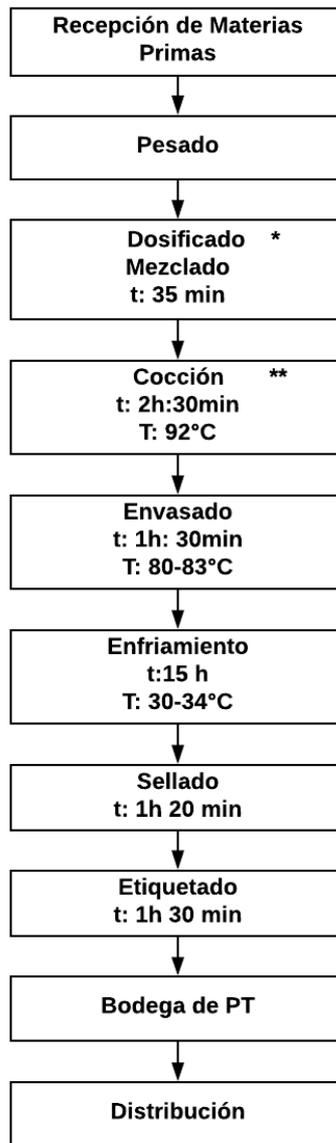


Figura 2.1 Diagrama de flujo de elaboración del gel

*Adición de ingredientes: Agua, azúcar, glucosa, mezcla B (almidón).

**Disolución de microingredientes: Sorbato de potasio, ácido cítrico, esencia, colorantes y benzoato de sodio.

El proceso de producción que se realiza por batch de 1.600 kg en un tiempo total de 22 horas con 24 minutos.

2.2 Evaluación de la productividad

2.2.1 Descripción del proceso

Recepción de materias primas: Las materias primas son azúcar, glucosa, esencias, colorantes, gelificantes, espesantes, conservantes y material de empaque.

El camión ingresa a las instalaciones donde se descarga la materia prima, y es transportada con ayuda de un patín de carga hidráulico hasta el ascensor, al primer nivel de la planta donde se encuentra ubicada la bodega de materia prima. El bodeguero recibe la materia prima a través de un kardex donde se especifica el lote y fecha de ingreso.

Pesado: El operador dosifica los diferentes ingredientes por peso usando una balanza gramera de capacidad máxima de 30 kg, esta operación es realizada en el primer nivel de la planta en el área de insumos, como se muestra en la Figura 2.2. Luego, son transportados por carretilla al área de dosificado de materia prima.



Figura 2.2 Balanza gramera

Dosificado y Mezclado: Los ingredientes son mezclados en el interior de la marmita por medio de un sistema de agitación con paletas, esta etapa se la realiza por partes:

Primero: Se dosifica el agua por medio de una manguera hasta alcanzar un volumen de $0,8999 \text{ m}^3$, el operador se encarga de medir este volumen insertando una varilla en el interior de la marmita, que tiene marcada una altura de 69 cm. Luego, cuándo el agua alcanza la temperatura de 35°C , se adiciona la glucosa colocando el balde sobre la marmita y vertiendo su contenido. Como se muestra en la Figura 2.3.



Figura 2.3 Dosificado de agua por medio de manguera

Segundo: En la Figura 2.4 se muestra el área de dosificado de materia prima (primer nivel) en la que se encuentra una tolva por la que se adicionan los sacos de azúcar a la marmita. Luego, se incorporan los espesantes y gelificantes pesados con anterioridad para cada lote. Los demás microingredientes son disueltos en 10,50 litros de agua y se adicionan a la marmita directamente por la parte superior, después de 2 horas de cocción.



Figura 2.4 Área de dosificado de materia prima

Cocción: Los ingredientes son sometidos a un proceso de cocción por 2h 30 min, hasta alcanzar la temperatura de 92°C. Para sabor de guanábana y sin sabor se trabaja a 90°C, para evitar que la mezcla se caramelize y afecte al color final. El equipo donde se realiza la cocción es una marmita que tiene una capacidad nominal de 2 toneladas, como se muestra en la Figura 2.5, sin embargo, solo trabaja a un 80% de su capacidad por las características que presenta el producto cuando se le aplica calor. Además, tiene un eje vertical con un agitador de rejillas y un sistema de enchaquetado donde fluye agua que se calienta en un caldero. Este equipo tiene un dispositivo de control de temperatura y un botón de encendido/apagado del sistema de agitación.



Figura 2.5 Área de cocción

Pesado y envasado: El llenado de los envases se lo hace a través de una llave de paso que se encuentra al final de la marmitta, los envases son colocados encima de una balanza que tiene una capacidad máxima de 30 kg con una sensibilidad de 3 dígitos (Ver Figura 2.6).

Una vez lleno los envases, son colocados en las mesas de acero inoxidable con ruedas de manera manual, para su posterior enfriamiento. La temperatura a la que se realiza el envasado está entre 80–83°C y el tiempo de descargue de cada lote, es de aproximadamente 1h 30 min. En esta etapa no se sellan los envases.



Figura 2.6 Área de envasado

Enfriamiento: Como se muestra en la Figura 2.7 los envases son enfriados utilizando un ventilador de aspas, colocado en la pared frente a las mesas de acero inoxidable y en sentido opuesto hay un extractor de aire que se mantiene encendido las 15 horas que tarda el enfriamiento de los envases, hasta alcanzar una temperatura final de 30-34°C.



Figura 2.7 Enfriamiento de los envases

Para el diseño del sistema de enfriamiento del gel en un intercambiador de superficie rascada, se empleará el método iterativo desarrollado por Welti-Chanes et al. (Mendieta, 2008). La metodología consiste en asumir un primer valor para el coeficiente global de transferencia de calor (U), comprobando al final la validez de la primera suposición, si se encuentra dentro del rango aceptable (0,995 – 1,05.) entonces la iteración termina. Caso contrario, el valor calculado será el nuevo valor asumido y se repiten los cálculos, hasta que se cumpla la condición antes mencionada.

Para los cálculos, se requiere de información como temperaturas de entrada y salida del producto y del fluido de servicio, propiedades de los dos fluidos como conductividad térmica (k), calor específico (C_p), densidad (ρ) y viscosidad (μ), para el cálculo de las dos primeras propiedades se utilizó los modelos propuestos por Choi y Okos (1985) aplicando las Ecuaciones 2.1 y 2.2.

$$C_p = 4,18X_w + 1,711X_p + 1,928X_f + 1,547X_c + 0,908X_a \quad (2.1)$$

$$k = 0,61X_w + 0,20X_p + 0,205X_c + 0,175X_f + 0,135X_a \quad (2.2)$$

Donde las variables X_w , X_p , X_f , X_c y X_a son la fracción másica del agua, proteína, grasa, carbohidratos y cenizas, respectivamente.

Para determinar el valor de viscosidad (μ) se realiza una práctica en el laboratorio de Bromatología utilizando el equipo Brookfield Viscosemeter modelo DV-II + Pro. Para determinar el valor de densidad del gel se realiza una práctica donde se plantea la siguiente relación: masa del gel y volumen que ocupa esta masa en una probeta.

Sellado: Para sellar los envases, éstos deben de estar a 30-34°C. En el momento del sellado, se rocía por medio de spray con una solución antimicrobiana (20g/L de Sorbato de potasio disuelto en Alcohol al 96%), para evitar la proliferación de hongos.

Los operarios colocan las tapas a los envases usando un combo de madera, por medio de golpes para el sellado o cierre. Una vez sellado, el operario hace un arrume de 4 envases para facilitar el etiquetado y la colocación de las asas a los envases. El tiempo total de esta operación es de aproximadamente 1h 20 minutos. Como se muestra en la Figura 2.8.



Figura 2.8 Sellado de los envases

Etiquetado: Las etiquetas adhesivas son colocadas manualmente a cada envase, como se muestra en la Figura 2.9. El lote, la fecha de elaboración y vencimiento del producto se hace en una máquina codificadora Hot Stamping semiautomática, que se ajusta manualmente. Esta operación se demora aproximadamente 1h 30 min.



Figura 2.9 Etiquetado de los envases

Almacenamiento: La forma de paletizar el producto es de 5x5x6 con un total de 150 envases por pallet. Se reviste el pallet con un stretch film de polietileno para mantener equilibrada la carga. Un operario se lleva el pallet con la ayuda de un patín de carga hidráulico hacia el ascensor, donde se lo ingresa a la bodega de producto terminado. Como se observa en la Figura 2.10.



Figura 2.10 Almacenamiento del producto final

Distribución: El gel envasado es llevado al camión de distribución, el mismo que ingresa a la planta y es cargado según el pedido realizado por el cliente.

2.3 Distribución de las áreas de planta baja, primer piso y segundo piso

2.3.1 Planta baja

En la planta baja en una superficie de 42,91 m x 22 m, está distribuido las siguientes áreas:

- Reciclado (1)
- Recepción (2)
- Ventas (3)

- Bodega (4)
- SSHH (5)
- Patio (6)
- Bodega de Grasa para Crema (7)
- Producción de Cobertura de chocolate (8)
- Producción de Geles (9)
- Producción de Crema (10)
- Bodega de Frío I, II, III (11, 12, 13)

La distribución detallada está en el Apéndice A.

2.3.2 Primer piso

En el primer nivel en una superficie de 42,91 m x 22 m está distribuido las siguientes áreas:

- Bodega de producto terminado (14)
- Oficinas (15)
- Bodega de materia prima (16)
- Comedor (17)
- SSHH (18)
- Dosificado de materia prima I (19)
- Microingredientes (20)
- Laboratorio de calidad (21)
- Bodegas I, II, III (24, 23, 22)

La distribución detallada está en el Apéndice B.

2.3.3 Segundo piso

En el segundo nivel en una superficie de 24,07 m x 22 m, está distribuido las siguientes áreas:

- Mantenimiento (25)
- Combustible (gas) (26)
- SSHH (27)
- Comedor (28)
- Cisterna (29)
- Calderos (30)

La distribución detallada está en el Apéndice C.

2.4 Área de fabricación de geles

La superficie para la fabricación de geles es de 12,91 m x 7,44 m. Está distribuida de la siguiente forma:

- a. **Planta baja:** En este nivel se encuentra la zona de envasado, enfriamiento, sellado, etiquetado y paletizado del producto, en un área de 12,91 m x 7,44 m.
- b. **Entre piso:** en este subnivel se encuentra la marmita de 2 toneladas, en un área de 1,02 m x 3,52 m.
- c. **Primer piso:** en este nivel se encuentra la tolva para la dosificación y la bodega de tránsito del azúcar, en un área de 5,57 m x 8,09 m.

La distribución detallada está en el Apéndice D.

2.4.1 Distribución de personal

En la Tabla 2.1, se detalla la distribución del personal que trabaja en la línea de producción de geles.

Tabla 2.1 Distribución de Personal para la producción de geles

Etapas	# de personas
Bodega de MP y PT	4
Pesado de ingredientes	1
Dosificado y Mezclado	2
Cocción	
Pesado, Envasado y sellado	2
Total	9

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

2.4.2 Producción por lote

Para la elaboración del gel por cada lote de producción, los datos obtenidos son: El peso real de los ingredientes para una producción de 1.600 kg es de 1.627,48 kg con un promedio de 5 lotes semanales, debido a que las presentaciones del producto son variadas según el pedido del cliente, a continuación, en la Tabla 2.2 se presenta un ejemplo de la producción para un despacho de venta local.

Tabla 2.2 Tipos de presentación para un batch de producción

Número de envases (u) x batch	Presentación (Kg)
96	1
171	4
164	5

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

2.5 Consumo de recursos

Para la producción de geles se consumen recursos como; energía eléctrica debido al accionamiento del sistema de agitación durante la cocción, agua potable para la producción de los lotes de geles y la limpieza del área de producción y gas para el calentamiento para la cocción del gel. A continuación, se detallan cada uno de estos recursos. Los valores descritos por consumo de los recursos en cada una de las tablas son para una producción de 6 lotes semanales.

2.5.1 Energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica debido al sistema de agitación para la marmita de 2 toneladas de capacidad se detalla en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Consumo de energía eléctrica por equipo

Equipo	Potencia (kW)	Tiempo operación (h)	Costo semanal (\$)
Marmita	2,98	2,50	4,03

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

2.5.2 Agua Potable

El consumo de agua potable en la línea de producción de gel, para la limpieza del equipo y área de trabajo se detalla en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Consumo de agua potable la línea de producción

Producción (m³)	Limpieza (m³)	Costo semanal (\$)
5,50	3,30	4,4

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

2.5.3 Gas

El consumo de gas para una producción semanal se especifica en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Consumo de gas

Gas (kg)	Costo semanal (\$)
89,60	17,92

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

2.6 Características de calidad del producto

2.6.1 Materias primas, aditivos y material de empaque

La empresa no posee un laboratorio de control de calidad para hacer un seguimiento a las materias primas, pero se respalda con los certificados de calidad emitidos por las empresas proveedoras.

2.6.2 Producto terminado

Las características de calidad que controlan durante el proceso de llenado son la temperatura que va de un rango de 80 a 83°C, con presentaciones en pesos de 1 - 4 y 5 kg con una variación de ± 10 gramos. Cuando el producto envasado llega a la temperatura de 30 a 34 °C está listo para ser sellado y despachado.

Para la elaboración de este alimento no hay una normativa oficial ecuatoriana NTE INEN, por lo tanto, la empresa a partir de varias producciones ha determinado sus propios estándares de calidad, considerando que el pH tiene que ser de $4 \pm 0,01$ y el °Brix en un rango de 40-43. Dadas las condiciones del producto al tener un pH ácido, un alto contenido de sólidos totales y alta actividad de agua de 0,95 considera que después de un análisis microbiológico realizado en un laboratorio particular certificado, microbiológicamente se encuentra dentro de rango de

aceptación. Determinado un tiempo de vida útil de 6 meses por pruebas de estabilidad realizadas en el laboratorio.

El límite permisible de los microorganismos indicadores de higiene que se pueden encontrar en el gel se muestra en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Microorganismos indicadores de higiene

Microorganismo	Límite permisible	Norma
<i>Salmonella spp</i>	Ausencia/25 g	NTE INEN 1529-15
<i>Escherichia coli</i>	10 UFC/g	NTE INEN 1529-8
Mohos y levaduras	10 ³ /g	NTE INEN 1529-10

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

2.7 Lay-out de la línea de elaboración del gel

Una vez definido el diagrama de flujo de la elaboración de geles, se procede a aplicar la metodología para el diagrama relacional de actividades, donde se identifica la importancia de las cercanías entra cada una de las etapas del proceso, aplicando el algoritmo del software Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP, versión 1.0). Este programa genera una posible distribución de las etapas de producción de geles.

En la Tabla 2.7 se muestran la nomenclatura y su significado para la relación de proximidad entre las etapas, en la Tabla 2.8 se indican los motivos bajo los cuales se suele establecer el estudio de estas cercanías.

Tabla 2.7 Nomenclatura para el diagrama de proximidad

	Proximidad	Color Asociado
A	Absolutamente necesario	Rojo
E	Especialmente importante	Amarillo
I	Importante	Verde
O	Ordinariamente Importante	Azul
U	Sin importancia	Negro
X	No deseable	Café

Fuente: Alva & Paredes, 2014

Tabla 2.8 Escala y motivos

Motivos	
1	Proximidad en el proceso
2	Higiene
3	Control
4	Seguridad del producto
5	Utilización de material común

Elaborado por: Armijos & Ledesma, 2018

2.8 Costos

Para el análisis de costos se referenciará la producción de un mes de los geles tomando como referencia 5 lotes por semana vs la propuesta de producción de 10 lotes por semana. Además, se indicará el costo de los cambios sugeridos en el proceso de cada una de las etapas de producción, con la finalidad de aumentar el número de lotes por disminución de pérdidas de tiempo en el proceso de elaboración de geles.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la metodología descrita en el capítulo 2, se presentan a continuación el resultado del análisis a la línea de producción del gel, con sugerencia de cambios o modificaciones en las etapas, para optimizar el tiempo total de producción.

3.1 Diagrama de recorrido sencillo

A partir del diagrama de flujo se elaboró el diagrama de recorrido sencillo para la línea de producción de geles, aplicando la simbología estándar de American Society of Mechanical Engineers (ASME). Durante el proceso de elaboración del gel se identificaron algunos casos donde se desarrolla más de una acción por cada etapa, por lo que se superponen los símbolos en el diagrama.

Este diagrama ha permitido identificar el lugar donde se realizan las actividades para la producción del gel. Además, muestra el camino que deben seguir los operarios y los insumos (materias primas, material de empaque), necesarios para la elaboración del producto final. El diagrama de recorrido se puede observar en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Diagrama de recorrido sencillo de la producción de geles

Etapas	Simbología
Operación	
Transporte	
Inspección	
Espera	
Almacenamiento	



Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

3.2 Propuesta de rediseño en cada etapa de producción

A continuación, se detallan en cada etapa los cambios propuestos para una mejora al proceso actual de elaboración de geles en la Industrias Ludafa S.A., con la finalidad de reducir los tiempos de producción de 22 horas 24 min a 10 horas para la fabricación de 2 lotes por cada 24 horas, cumpliendo de esta manera los requerimientos solicitados por la industria.

3.2.1 Pesado de materias primas

Al momento la industria no maneja una hoja de control de producción, por lo que se propone una hoja de orden de control de producción que servirá para llevar el registro del despacho de ingredientes para cada lote, identificando el gasto y la cantidad de producción final elaborada, además registrando el responsable de esta etapa de proceso. Ver hoja de control de producción en Apéndice E.

También el encargado de pesar los microingredientes deberá entregar para cada lote de producción los insumos debidamente rotulados con información como; identificación, fecha, lote y cantidad.

3.2.2 Dosificado y mezclado

En la etapa de dosificado de ingredientes que se realiza de forma manual, la glucosa llega en presentaciones de 20 kg. Se sugiere colocar una bomba manual rotatoria que ayudará a vaciar los baldes con menor esfuerzo y de manera más eficiente, evitando accidentes de carga para el operador. El costo estimado de este accesorio es de \$25,00 marca Brico como se puede observar en la Figura 3.1.



Figura 3.1 Bomba manual para extracción de glucosa

3.3 Enfriamiento

Para la etapa de enfriamiento que actualmente es de 15 horas se propone una modificación, con la finalidad de reducir este tiempo.

Para realizar el enfriamiento de una forma más rápida se propone el dimensionamiento de un intercambiador de calor de superficie rascada, para ello se requiere conocer las propiedades termo físicas del gel (calor específico y conductividad térmica) con la aplicación de la metodología de Choi y Okos mencionada en el capítulo 2 haciendo uso de las ecuaciones 2.1 y 2.2:

a) Calor específico del gel, C_p :

$$C_p = 4,18X_w + 1,711X_p + 1,928X_f + 1,547X_c + 0,908X_a$$

$$C_p = 4,18(0,5372) + 1,547(0,51) + 0,908(0,013)$$

$$C_p = 3,04 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C}$$

b) Conductividad térmica, k :

$$k = 0,61Xw + 0,20Xp + 0,205Xc + 0,175Xf + 0,135Xa$$

$$k = 0,61(0,5372) + 0,205(0,51) + 0,135(0,013)$$

$$k = 0,434 \frac{W}{m^{\circ}C}$$

Además, se necesita conocer los valores de las propiedades termo físicas del gel y las propiedades termo físicas del agua. Las propiedades del agua fueron obtenidas por información bibliográfica mientras que el valor de densidad obtenido en el viscosímetro es de 2,94 Pa.s y el valor de densidad se obtuvo de la siguiente forma:

$$\rho = \frac{0,04833 \text{ kg}}{4 \times 10^{-5} \text{ m}^3} = 1208,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Los valores se detallan en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Propiedades termo físicas del agua y del gel

Propiedades termo físicas	Agua	Gel
Calor específico, Cp (kJ/kg°C)	4,18	3,04
Densidad, ρ (kg/m ³)	1000,00	1208,25
Viscosidad, μ (Pa s)	0,00	2,94
Conductividad térmica, k (kW/m°C)	0,65	0,43

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

La marmita tiene para la descarga del gel una tubería y para el dimensionamiento del intercambiador de calor se tomará el diámetro de esta tubería como el diámetro del tubo interior, las siguientes medidas internas y externas de las tuberías se muestran en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Dimensiones de tuberías del intercambiador de calor de superficie rascada

Medidas (m)	Tubo exterior	Tubo interior
Diámetro interior	0,102	0,063
Diámetro exterior	0,114	0,073

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

Para el diseño del intercambiador de calor se busca determinar la longitud de la tubería para enfriar el gel desde 83°C a 34°C, utilizando agua a 28°C. Para ello, se aplicó la metodología de Welti-Chanes et al., mencionada en el capítulo 2 donde se requieren los datos detallados en la Tabla 3.4 y Tabla 3.5.

Tabla 3.4 Temperaturas del agua y del gel

Temperaturas (°C)	Agua	Gel
Temperatura entrada	28,00	83,00
Temperatura salida	63,64	34,00

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

Tabla 3.5 Flujos másicos del gel y del agua

Flujo másico	Agua	Gel
\dot{m} (kg/h)	1600	1600
\dot{m} (kg/s)	0,44	0,44

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

La dirección y temperatura de los fluidos se pueden observar en la Figura 3.2.

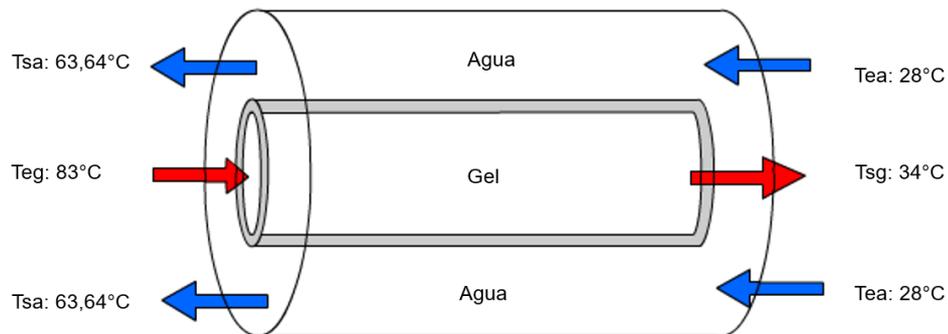


Figura 3.2 Dirección del flujo del gel y del agua

Las ecuaciones utilizadas para la metodología de Welti-Chanes mencionada en el capítulo 2, se detallan en el Apéndice F.

Los resultados de las iteraciones se pueden observar en la Tabla 3.10 que se encuentra en el Apéndice F. La relación U_D asumido/ U_D calculado fue de 1,00 por lo que se consideró que el dato obtenido de la longitud de la tubería sería el adecuado ya que se encuentra dentro del rango establecido.

En la séptima iteración se obtuvo el resultado de la longitud de la tubería del intercambiador de calor de superficie rascada. La tubería debe tener 2,71 metros de longitud.

Un ejemplo de diseño de intercambiador de calor de superficie rascada propuesto se muestra en la Figura 3.3.



Figura 3.3 Intercambiador de calor de superficie rascada

En el análisis de intercambiadores de calor, es importante determinar el rendimiento con respecto a la transferencia de calor, este procedimiento se llevó a cabo mediante el método de efectividad NTU. El cálculo de la efectividad se encuentra explicado en el Apéndice G. El valor de efectividad obtenido fue de 88,9%, lo cual indica que existe una alta transferencia de calor dentro del intercambiador de calor. Además, el valor de NTU obtenido fue de 4,4, es decir, mientras mayor sea el valor de NTU, mayor área de transferencia tendrá el intercambiador de calor.

El cálculo de la velocidad del tornillo y potencia del motorreductor se pueden observar en el Apéndice H. Los resultados obtenidos fueron de 31 rpm para la velocidad del tornillo y la potencia del motorreductor es de 0.06 kW.

3.4 Envasado

En esta etapa de envasado, se sugiere el uso de una válvula de pedal como se puede observar en la figura 3.4, la misma que será accionada manualmente cada que se requiera llenar el envase. El costo estimado de este accesorio es de \$150.



Figura 3.4 Válvula de pedal

3.5 Etiquetado y Sellado

3.5.1 Etiquetado de envases

El etiquetado de los envases se realiza en la zona de producción del gel, los operarios realizan esta acción de forma manual. Se propone que la empresa proveedora de las etiquetas las entregue al fabricante de los envases para que sean colocadas, y posteriormente enviadas a Industrias Ludafa S. A.

El costo de esta operación será adicional al costo de los envases que es de \$1,00 + 0,02 centavos por envase, este cambio eliminaría la operación de etiquetado que actualmente es de 1 hora y 30 minutos.

3.5.2 Máquina selladora

Los envases están a 34°C, se procede a su sellado en esta etapa y se sugiere para el sellado una máquina tapadora de envases, como se puede observar en la Figura 3.5, que consta de un cilindro neumático con un tablero de control eléctrico y un sensor, adicional se utilizará una banda transportadora de 1 metro de largo. La máquina tiene una producción de hasta 10 envases por minuto.

Las dimensiones de la máquina se describen en la Tabla 3.6. El costo estimado de esta maquinaria es de \$2000 aproximadamente.

Tabla 3.6 Dimensiones de máquina tapadora de envases

Largo (mm)	1000
Acho (mm)	500
Alto (mm)	1200

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018



Figura 3.5 Máquina tapadora de envases

Debido a que las etapas de enfriamiento, envasado y sellado se desarrollan simultáneamente, el tiempo de duración de las 3 etapas se reduce de 17 horas 50 minutos a 70 minutos con los cambios propuestos.

Después de analizar cada etapa del proceso y proponer cambios en algunas de ellas, en la Figura 3.6 se puede observar el nuevo diagrama de flujo del proceso de elaboración del gel.

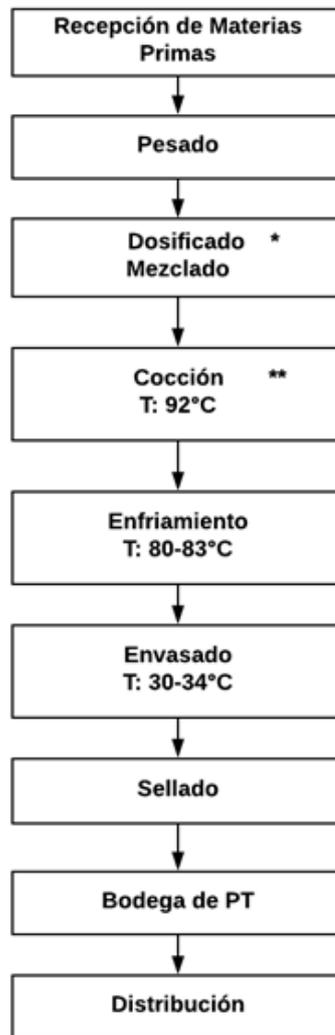


Figura 3.6 Nuevo diagrama de flujo del proceso de elaboración del gel

3.6 Lay-out de la línea de elaboración del gel

En la tabla relacional de actividades mostrada en la Figura 3.7 se detallan las etapas que intervienen en la elaboración del gel, descritas en el Capítulo 2. Los datos obtenidos mediante este análisis fueron ingresados en el algoritmo CORELAP, donde se obtuvo un lay-out propuesto para una nueva área como se puede observar en la Figura 3.8.

La numeración presentada en la Figura 3.8 se relaciona con la numeración de la tabla relacional de actividades (Figura 3.7).

3.7.1 Costo de mano de obra directa

Para el cálculo de mano de obra directa se toma en consideración el salario que la empresa paga a sus trabajadores que es de \$450,00, además los beneficios del décimo tercer y décimo cuarto sueldo (\$386,00), las aportaciones anuales de mano de obra corresponden al 12,15%. La jornada laboral de 10 horas se basa en 5 días a la semana, que sería un total de 20 días al mes y 240 días al año. Los costos de mano de obra directa se muestran en la Tabla 3.11 que se encuentra en el Apéndice I. El costo anual total de mano de obra es de \$63.591,61.

3.7.2 Costos y depreciación de equipos y accesorios

Los costos por los equipos y accesorios se detallan en la Tabla 3.12, el tiempo de vida útil para el intercambiador y la máquina de cierre es de 10 años mientras que el tiempo de vida útil de los accesorios es de 5 años. El valor de depreciación anual es de \$810,90. Estos costos se pueden observar en el Apéndice J.

3.7.3 Costo de consumo de energía eléctrica

El costo por consumo de energía eléctrica de los equipos que se usarán para la producción de gel se detalla en la Tabla 3.13 está detallado en el Apéndice K. El costo anual total es de \$386,27.

3.7.4 Costos por servicios y suministros

Los costos por servicios y suministros por batch se detallan en la Tabla 3.14, donde se observa los gastos por agua, energía eléctrica y gas. El costo total es de \$5,89 por batch detallado en el Apéndice L.

3.7.5 Punto de equilibrio

Para hallar el punto de equilibrio se tomaron en consideración los datos detallados en la Tabla 3.7, en la cual se pueden observar los costos fijos y variables. En la Tabla 3.8 se puede observar el total de unidades que tienen que ser vendidas para alcanzar el punto de equilibrio, el valor en unidades es de 56.783 lo que se traduce en un valor de \$454.266,00.

Tabla 3.7 Costos Fijos y Variables

Costos	Total (\$)
Fijos	54511,99
Variables	7,04

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

Tabla 3.8 Punto de equilibrio

Unidades	Valor
56.783	\$ 454.266,00

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

3.7.6 Flujo de caja

En la Tabla 3.15 que se muestra en el Apéndice M, se detallan los datos necesarios para el cálculo del valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR). Analizando los datos obtenidos se observa que el proyecto es rentable ya que el valor de VAN es positivo (\$248.546,67) y la TIR (424%) es mayor a la tasa de descuento (10%).

Con los datos obtenidos en el flujo de caja de la Tabla 3.16 (Apéndice N) se puede hacer un análisis para conocer el plazo de recuperación de la inversión. Este análisis se puede observar en la Tabla 3.9 donde el periodo de recuperación es de 2,8 meses, aplicando la ecuación 3.34 que relaciona el valor absoluto y el valor de flujo neto.

Tabla 3.9 Periodo de recuperación

Mes	0	1	2	3	4	5
Flujo Neto mensual	\$ (16.470,00)	\$ 5.876,58	\$ 5.876,58	\$ 5.876,58	\$ 5.876,58	\$ 5.876,58
Flujo Acumulado	\$ (16.470,00)	\$ -10.593,42	\$ -4.716,85	\$ 1.159,73	\$ 7.036,30	\$ 12.912,88

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

$$PR = \text{Último año con valor negativo} \frac{\text{Valor absoluto de último año con valor negativo}}{\text{Valor de flujo neto de mes negativo}} \quad (3.34)$$

$$\text{Periodo de recuperación} = 2 * \frac{4.716,85}{5.876,58}$$

$$\text{Periodo de recuperación} = 2,8 \text{ meses}$$

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En este trabajo se rediseñó la línea de producción de geles insumos para las industrias de panificación, con la finalidad de aumentar la productividad de la empresa, reduciendo los tiempos de operación en cada etapa del proceso. Mediante el análisis realizado después del levantamiento de la información en la línea actual de producción del gel, se identificaron las etapas donde era necesario una mejora para el correcto funcionamiento de la línea de producción y para la reducción del tiempo total de proceso; las etapas implicadas son; pesado de materias primas, dosificado y mezclado, enfriamiento, envasado, sellado y etiquetado. Las conclusiones son:

- ✓ Para la etapa de pesado de materias primas se determinó el empleo de una hoja de producción para llevar el control de los ingredientes entregados a producción.
- ✓ En la etapa de dosificado y mezclado de ingredientes se sugirió el uso de bomba manual para extracción de glucosa, con este cambio se mejora las condiciones de trabajo del operador y se asegura el vaciado de los tanques.
- ✓ La etapa de enfriamiento se determinó como la etapa crítica en el proceso de elaboración del gel. Para abordar este problema se realizó un dimensionamiento de un intercambiador de calor de superficie rascada, disminuyendo su tiempo actual de 15 horas a 1 hora para un lote de producción de 1600 kg de gel. Adicional al intercambiador se sugirió la implementación de una válvula con pedal mediante la cual se llenarán los envases con el gel.
- ✓ Para el cierre de los envases se sugirió una maquina tapadora mecánica cambiando el cierre manual que se estaba aplicando.
- ✓ La etapa de etiquetado fue eliminada del proceso ya que se solicitó al proveedor de los envases la entrega de estos con las etiquetas colocadas.
- ✓ El tiempo de producción actual que es de 22 horas y 24 minutos por un lote de gel de 1600 kg, con el rediseño propuesto se pudo reducir a 5 horas por lote.

- ✓ Finalmente, se determinó la rentabilidad de la propuesta de rediseño de la línea de producción de geles y mediante un análisis de flujo de caja, se obtuvo un valor del VAN de \$ 250.852,14 de y un TIR de 428%.
- ✓ El análisis de costo del rediseño de la línea de producción de gel es de \$8235,00 y al incrementar la producción al doble de lo actual, la inversión se recupera en 2,8 meses haciendo viable este proyecto.

4.2 Recomendaciones

- ✓ Realizar un estudio del gel para conocer el valor aproximado del coeficiente de convección interno (h), ya que el análisis del intercambiador de calor se hizo con un valor de h tomado de bibliografía con un producto que presentaba características similares a las del gel.

BIBLIOGRAFÍA

- Alva, D., & Paredes, D. (2014). *Diseño de la distribución de planta de una fábrica de mebloes de madera propuestas de nuevas políticas de gestión de inventarios*. Lima.
- Chacaguasay, M., & Picho, E. (2016). Diseño y construcción de una amrmita cilindrica con agitador y fondo esférico con rango de temperaturas de 70°C a 80°C para producción de 50 litros de aderezos (Tesis de grado). *Universidad Politécnica Salesiana de Quito, Quito, Ecuador*.
- Choi, Y., & Okos, M. (1985). *Effects of temperature and composition on thermal*. Journal of Foods and Aplication.
- German, D. (2014). Diseño de un sistema de gestión por procesos y propuesta de mejora en una empresa panificadora ubicada en la ciudad de Quito, Caso: Panificadora Mi Buen Pan (Tesis de grado). *Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador*.
- Gonzáles, G. (2015). Mejorar la productividad en el área de producción de premezclas en la empresa Hensil SRL Aplicando la metodología del PHVA (Tesis de grado). *Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú*.
- González, C. (2012). Estandarización y mejora de los procesis productivos en la empresa Estampados Color Way SAS (Tesis de grado). *Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Colombia*.
- Mendieta, D. (2008). *Diseño de una Línea Piloto HTST para el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniera en Alimentos (ESPOL), (Tesis de grado)*. Guayaquil.
- Pascual, J. (2010). *Termoprocesamiento de un puré de mango en intercambiador de calor de superficie rascada y el efecto sobre sus componentes bioqímicos (Tesis de grado)*. México: Instituto Poliécnico Nacional.
- Pilamala, A. (2010). Estudio del mejoramiento de textura para jaleas de naranjilla (solanum quitoense), tomade de árbol (Cyphomandra betacea) y uvilla (Physalis

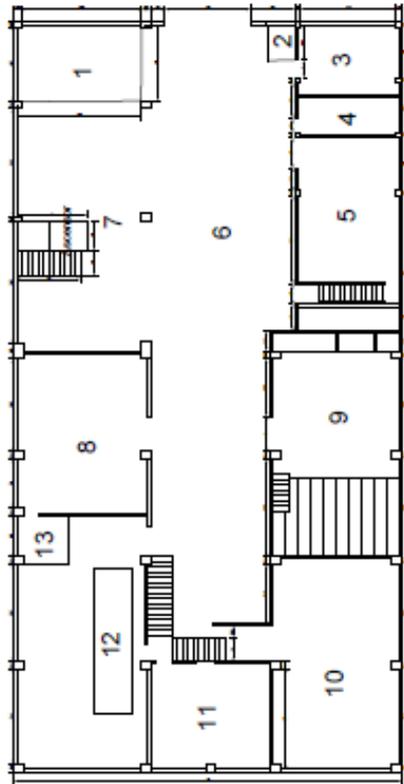
peruviana) utilizando quitosano (Tesis de grado). *Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.*

Villada, J. (2010). Conservadores químicos utilizados en la industria alimentaria (Tesis de grado). *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, México.*

APÉNDICES

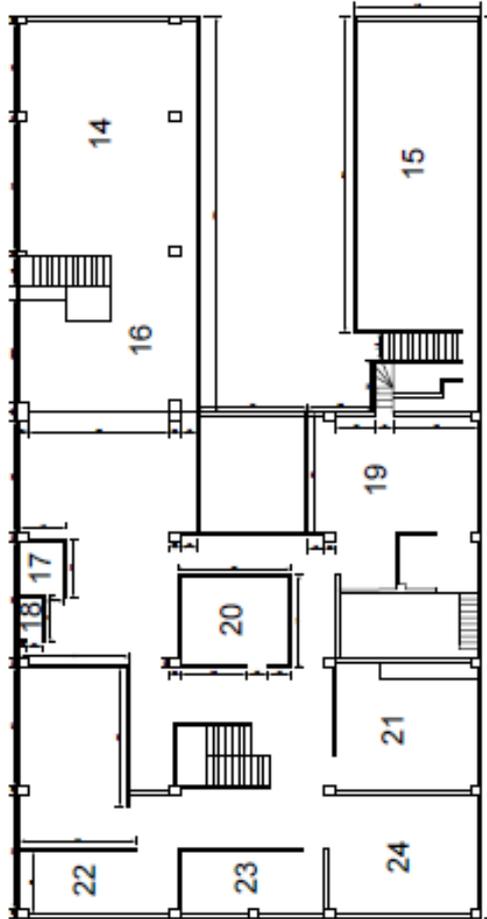
APÉNDICE A

1. RECICLADO
2. RECEPCIÓN
3. VENTAS
4. BODEGA
5. SSHH
6. PATIO
7. BODEGA DE GRASA PARA CREMA
8. PRODUCCIÓN DE COBERTURA DE CHOCOLATE
9. PRODUCCIÓN DE GELES
10. PRODUCCIÓN DE CREMA
11. BODEGA DE FRÍO I
12. BODEGA DE FRÍO II
13. BODEGA DE FRÍO III



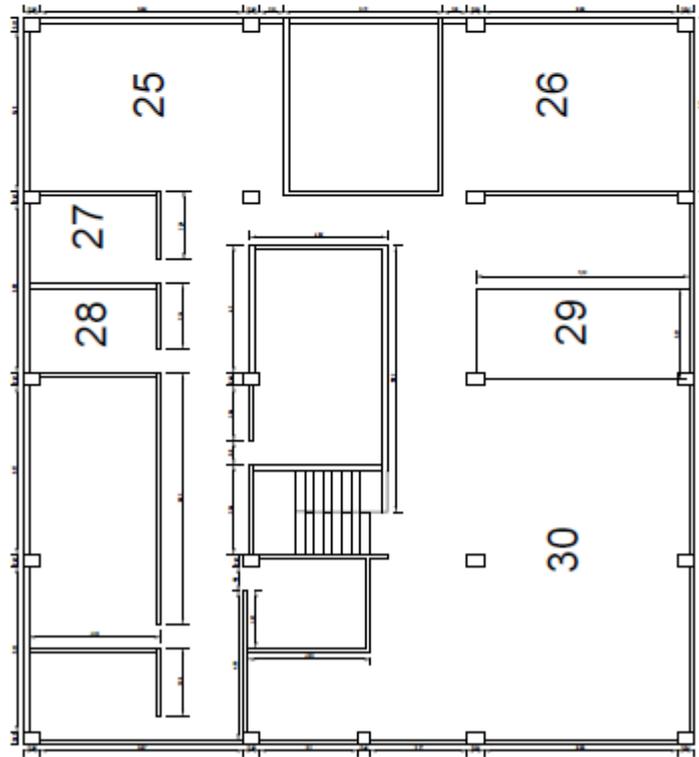
APÉNDICE B

14. BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO
15. OFICINAS
16. BODEGA DE MATERIA PRIMA
17. COMEDOR
18. SSHH
19. DOSIFICADO DE MATERIA PRIMA
20. MICROINGREDIENTES
21. LABORATORIO DE CALIDAD
22. BODEGA I
23. BODEGA II
24. BODEGA III

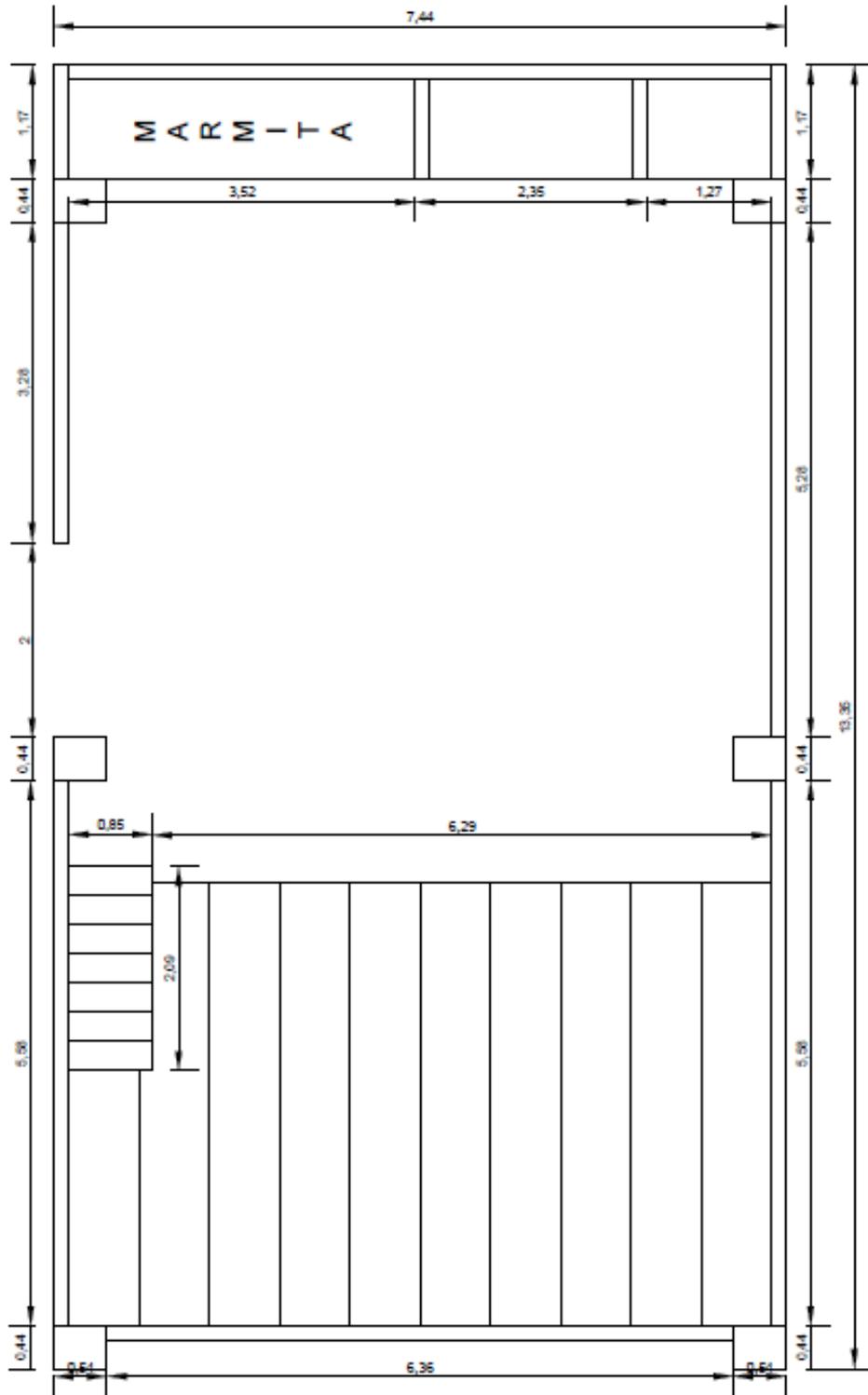


APÉNDICE C

- 25. MANTENIMIENTO
- 26. COMBUSTIBLE (GAS)
- 27. SSHH
- 28. COMEDOR
- 29. CISTERNA
- 30. CALDEROS



APÉNDICE D



APÉNDICE E

Logo de la empresa	ORDEN DE PRODUCCIÓN		Versión: 01 Revisión: 01
Número de orden:		Ingrediente:	
Fecha:		Número de Lote:	
Hora de inicio:		Cantidad:	
Hora de terminación:		Producto final:	
_____		_____	
Encargado de área de insumos		Jefe de producción	

Realizado por:

Revisado por:

APÉNDICE F

Dado que no se conoce la temperatura de salida del fluido frío, se calcula de la siguiente forma:

$$Q_{pierde\ el\ gel} = Q_{gana\ el\ agua} \quad (3.1)$$

$$(mCp\Delta T)_{gel} = (mCp\Delta T)_{agua} \quad (3.2)$$

$$\Delta T_{agua} = \frac{(mCp\Delta T)_{gel}}{(mCp)_{agua}} \quad (3.3)$$

$$\Delta T_{agua} = \frac{\left(1600 \frac{kg}{h}\right) \left(3,04 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}\right) (83 - 34)^{\circ}C}{\left(1600 \frac{kg}{h}\right) \left(4,18 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}\right)}$$

$$\Delta T_{agua} = 35,6^{\circ}C$$

$$\Delta T_{agua} = T_{sa} - T_{ea} \quad (3.4)$$

$$T_{sa} = \Delta T_{agua} + T_{ea} \quad (3.5)$$

$$T_{sa} = 35,6^{\circ}C + 28^{\circ}C$$

$$T_{sa} = 63,64^{\circ}C$$

El flujo para el intercambiador de calor será a contracorriente ya que es la configuración más eficiente, se hace una estimación de la temperatura media logarítmica (MLDT) para determinar el área de transferencia de calor:

$$MLDT = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)} \quad (3.6)$$

$$MLDT = \frac{(T_{eg} - T_{sa}) - (T_{sg} - T_{ea})}{\ln\left(\frac{T_{eg} - T_{sa}}{T_{sg} - T_{ea}}\right)} \quad (3.7)$$

$$MLDT = \frac{(83 - 63,64)^{\circ}C - (34 - 28)^{\circ}C}{\ln\left(\frac{(83 - 63,5)^{\circ}C}{(34 - 28)^{\circ}C}\right)}$$

$$MLDT = 11,41^{\circ}C$$

Cálculo de transferencia de calor, A_{TC} :

$$A_{TC} = \frac{Q}{U_D MLDT} \quad (3.8)$$

Debido a que se va a realizar el cálculo por un método iterativo, se debe asumir un valor de U_D *asumido*, según datos obtenidos por bibliografía es recomendable tomar un valor comprendido entre 5,7 – 7,4 kW/m²K para un sistema agua-agua.

Cálculo de longitud del tubo:

$$L = \frac{A_T}{\pi D_i} \quad (3.9)$$

Donde D_i es el diámetro exterior del tubo interior.

Cálculo del área de flujo de los dos fluidos:

$$A_{fg} = \frac{\pi}{4} D_i^2 \quad (3.10)$$

Donde D_i es el diámetro interior del tubo interior.

$$A_{fa} = \frac{\pi}{4} (D_0^2 - D_i^2) \quad (3.11)$$

Donde D_0 es el diámetro interior del tubo exterior y D_i es el diámetro exterior del tubo interior.

Cálculo de la velocidad de masa de los dos fluidos:

$$G_g = \frac{\dot{m}_g}{A_{fg}} \quad (3.12)$$

$$G_a = \frac{\dot{m}_a}{A_{fa}} \quad (3.13)$$

Número de Reynolds para los dos fluidos:

$$Re = \frac{G_g D_i}{\mu} \quad (3.14)$$

Donde D_i es el diámetro interior del tubo interior.

$$Re = \frac{G_a D_E}{\mu} \quad (3.15)$$

Donde D_E es el diámetro equivalente:

$$D_E = \frac{D_o^2 - D_i^2}{D_i} \quad (3.16)$$

Donde D_o es el diámetro interior del tubo exterior y D_i es el diámetro exterior del tubo interior.

Cálculo de número Prandtl para los dos fluidos:

$$Pr_g = \frac{c_p \mu}{k} \quad (3.17)$$

$$Pr_a = \frac{c_p \mu}{k} \quad (3.18)$$

Cálculo del número de Nusselt para los dos fluidos:

$$Nu_g = 1,83 Re_g^{1/3} Pr_g^{1/3} \frac{D_i}{L} \quad (3.19)$$

Donde D_i es el diámetro interior del tubo interior.

$$Nu_a = 0,023 Re_a^{0,8} Pr_a^{1/3} \quad (3.20)$$

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor convectivo para los dos fluidos:

$$h_g = \frac{Nu_g k}{D_i} \quad (3.21)$$

Donde D_i es el diámetro interior del tubo interior.

El coeficiente de calor convectivo del gel fue asumido tomando un valor bibliográficamente, donde se tomó un valor de un alimento que presentara similitud con el gel, además se consideró un 20% como factor de seguridad para el cálculo.

$$h_a = \frac{Nu_a k}{D_E} \quad (3.22)$$

Cálculo del coeficiente global de diseño, U_c :

$$U_c = \frac{1}{\frac{1}{h_g} + \frac{1}{h_a}} \quad (3.23)$$

Cálculo del valor del coeficiente de transferencia global real del intercambiador despreciando el factor de ensuciamiento R_d :

$$U_{D \text{ calculado}} = \frac{1}{\frac{1}{U_c}} \quad (3.24)$$

Se considerará aceptable cuando el calor de $U_{D \text{ asumido}} / U_{D \text{ calculado}}$ se encuentra en un rango de 0,995 – 1,05.

Tabla 3.10 Iteraciones para el diseño del sistema de enfriamiento

Unidades	Variables	Primera	Quinta	Sexta	Séptima
kW/m ² °C	U _D asumido	7,00	9,345608107	9,34608932	9,34614883
m ²	A _{TC}	0,82919694	0,621080888	0,62104891	0,62104496
m	L	3,61562968	2,70816061	2,70802117	2,70800393
m ²	A _{fg}	0,00311725	0,003117253	0,00311725	0,00311725
m ²	A _{fa}	0,00398591	0,003985905	0,00398591	0,00398591
kg/m ² s	G _g	142,575691	142,5756913	142,575691	142,575691
kg/m ² s	G _a	111,504023	111,5040234	111,504023	111,504023
-	Reg	3,05104231	3,051042307	3,05104231	3,05104231
-	Rea	16599,188	16599,18802	16599,188	16599,188
-	Prg	20,6215668	20,62156682	20,6215668	20,6215668
-	Para	2,98480122	2,984801223	2,98480122	2,98480122
-	Nug	0,12890196	0,172095312	0,17210417	0,17210527
-	Nua	78,7231475	78,72314746	78,7231475	78,7231475
kW/m ² °C	hg	9,16799127	9,465545482	9,46560653	9,46561408
kW/m ² °C	ha	740,571528	740,5715282	740,571528	740,571528
kW/m ² °C	U _D	9,05588291	9,346089319	9,34614883	9,34615619
kW/m ² °C	U _D calculado	9,05588291	9,346089319	9,34614883	9,34615619
kW/m ² °C	U _D asumido / U _D calculado	0,77297819	0,99995	0,99999	1,00000

Elaborada por: Armijos y Ledesma, 2018

APÉNDICE G

Método de efectividad NTU, el cual se basa en un parámetro adimensional llamado efectividad de transferencia de calor (ϵ) expresado en la ecuación 3.25:

$$\epsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{max}} = \frac{\text{Razón de transferencia de calor real}}{\text{Razón máxima posible de transferencia de calor}} \quad (3.25)$$

$$\dot{Q} = Cg * (Ts - Te) \quad (3.26)$$

Donde:

Cg: capacidad calorífica del gel (KJ/°C s)

Tsg: Temperatura de salida del gel (°C)

Teg: Temperatura de entrada del gel (°C)

$$Cg = \dot{m}g * Cpg \quad (3.27)$$

Cpg: Calor específico del gel (KJ/Kg °C)

$\dot{m}g$: Flujo másico del gel (Kg/s)

$$Cg = \dot{m}g * Cpg \quad (3.28)$$

$$Cg = (0,44 \frac{Kg}{s})(3,04 \frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C})$$

$$Cg = 1,34 \frac{KJ}{^\circ C s}$$

$$\dot{Q}g = \left(1,34 \frac{KJ}{^\circ C s}\right) (83 - 34)^\circ C$$

$$\dot{Q}g = 65,5 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{m\acute{a}x} = C_{min}(Teg - Tea) \quad (3.29)$$

C_{min} es el valor del fluido con la razón de capacidad calorífica menor.

$$\dot{Q}_{m\acute{a}x} = \left(1,34 \frac{KJ}{^\circ C s}\right) (83 - 28)^\circ C$$

$$\dot{Q}_{m\acute{a}x} = 73,7 \text{ kW}$$

Cálculo de la efectividad de la transferencia de calor:

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{m\acute{a}x}} \quad (3.30)$$
$$\varepsilon = \frac{65,5 \text{ kW}}{73,7 \text{ kW}}$$
$$\varepsilon = 0,889$$

Las relaciones de efectividad de los intercambiadores de calor incluyen un grupo adimensional UA_{TC}/C_{min} , cantidad que se llama número de unidades de transferencia NTU y se expresa como lo indica la ecuación 3.31:

$$NTU = \frac{UA_{TC}}{C_{min}} \quad (3.31)$$

Donde:

U: Coeficiente total de transferencia de calor ($\text{kW}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

A_{TC} : Área de transferencia de calor (m^2)

Para un valor de U y C_{min} constante el NTU queda en función del área de transferencia de calor, lo que quiere decir que mientras mayor sea el valor de NTU, mayor área de transferencia tendrá el intercambiador de calor.

$$NTU = \frac{(9,35 \frac{\text{Kw}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}})(0,63\text{m}^2)}{1,34 \frac{\text{KJ}}{\text{ } ^\circ\text{C} \text{ s}}}$$
$$NTU = 4,4$$

APÉNDICE H

El cálculo de la velocidad del tornillo sin fin para el caudal requerido se detalla a continuación:

$$\dot{Q}_g = 1,6 \frac{m^3}{h} = 56,5 \frac{pie^3}{h}$$

$$RPM = 56,5 \frac{pie^3}{h} \times \frac{1RPM}{1,82 \frac{pie^3}{h}}$$

$$RPM = 31$$

El tornillo sin fin será accionado por un motor, por lo que se debe calcular la potencia requerida para el intercambiador de calor de superficie rascada:

$$P = P_H + P_N \quad (3.32)$$

Donde P_H es la potencia para desplazamiento del material y P_N es la potencia para el accionamiento del tornillo en vacío:

$$P = \frac{\dot{Q}_g(C_0L)}{367} + \frac{DL}{20} \quad (3.33)$$

Donde:

L es la longitud de la tubería.

D es el diámetro exterior del tornillo sin fin.

C_0 es el coeficiente de resistencia del material que está comprendida en un rango de 1,2 – 4, tomando el valor más alto como factor de seguridad.

\dot{Q}_g : Flujo del gel (Ton/h).

$$P = \frac{\left(1,6 \frac{t}{h}\right) (4)(2,71m)}{367} + \frac{(0,06m)(2,71m)}{20}$$

$$P = 0,047 + 8,13 * 10^{-3}$$

$$P = 0,06 \text{ kW}$$

La potencia total del motor para el accionamiento del tornillo sin fin es de 0,06 kW.

APÉNDICE I

Tabla 3.11 Costo de mano de obra directa

Beneficios	Costo Anual (\$)
Sueldo Mensual (9 trabajadores)	49824
Décimo Tercer sueldo	4600
Décimo Cuarto sueldo	3474
Aportaciones	6053,62
Total	63951,62

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

APÉNDICE J

Tabla 3.12 Costo y depreciación de equipos

Equipos	Cantidad	Costo Total (\$)	Tiempo vida útil (años)	Depreciación anual (\$)
Intercambiador de calor	1	5460	10	491,40
Motorreductor	1	600	5	108,00
Válvula de pedal	1	150	5	27,00
Bomba glucosa	1	25	5	4,50
Máquina de cierre	1	2000	10	180,00
Total				810,90

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

APÉNDICE K

Tabla 3.13 Costo de consumo de energía eléctrica

Equipos	Potencia (kW)	Costo (\$ / kW-h)	Tiempo de operación batch (h)	kW-h por batch	Costo por batch (\$)	Costo por Año (\$)
Marmita	2,98	0,09	2,50	7,45	0,67	321,84
Motorreductor	0,75	0,09	1,00	0,75	0,07	32,21
Tapadora	0,75	0,09	1,00	0,75	0,07	32,21
Total	4,47		4,50	8,94	0,80	386,27

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

APÉNDICE L

Tabla 3.14 Costos por servicios y suministros

Servicios	Unidad	Consumo por batch	Costo/Unidad (\$)	Costo por batch (\$)	Costo por Año (\$)
Energía eléctrica	kw-h	8,94	0,09	0,80	386,27
Agua	m3	3,00	0,50	1,50	720,00
Gas	kg	17,92	0,20	3,58	1720,32
Total			0,79	5,89	2826,59

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

APÉNDICE M

Tabla 3.15 Flujo de caja anual

Año	0	1	2	3	4	5
Ventas Anuales		\$ 1.228.800,00	\$ 1.228.800,00	\$ 1.228.800,00	\$ 1.228.800,00	\$ 1.228.800,00
Costos Variables		\$ (1.081.344,00)	\$ (1.081.344,00)	\$ (1.081.344,00)	\$ (1.081.344,00)	\$ (1.081.344,00)
Costos Fijos		\$ (54.511,99)	\$ (54.511,99)	\$ (54.511,99)	\$ (54.511,99)	\$ (54.511,99)
Depreciación		\$ (810,90)	\$ (810,90)	\$ (810,90)	\$ (810,90)	\$ (810,90)
Utilidad		\$ 92.133,11	\$ 92.133,11	\$ 92.133,11	\$ 92.133,11	\$ 92.133,11
Tasa impuesto 25%		\$ 23.033,28	\$ 23.033,28	\$ 23.033,28	\$ 23.033,28	\$ 23.033,28
Utilidad Neta		\$ 69.099,83	\$ 69.099,83	\$ 69.099,83	\$ 69.099,83	\$ 69.099,83
Depreciación		\$ 810,90	\$ 810,90	\$ 810,90	\$ 810,90	\$ 810,90
Flujo efectivo		\$ 69.910,73	\$ 69.910,73	\$ 69.910,73	\$ 69.910,73	\$ 69.910,73
Inversión						
Activos	\$ (8.235,00)					
Capital de Trabajo	\$ (8.235,00)					
Flujo Neto	\$ (16.470,00)	\$ 69.910,73	\$ 69.910,73	\$ 69.910,73	\$ 69.910,73	\$ 69.910,73
Tasa de descuento	10%					
VAN	\$ 248.546,67					
TIR	424%					

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018

APÉNDICE N

Tabla 3.16 Flujo de caja mensual

Mes	0	1	2	3	4	5
Ventas mensuales		\$ 102.400,00	\$ 102.400,00	\$ 102.400,00	\$ 102.400,00	\$ 102.400,00
Costos Variables		\$ (90.112,00)	\$ (90.112,00)	\$ (90.112,00)	\$ (90.112,00)	\$ (90.112,00)
Costos Fijos		\$ (4.475,09)	\$ (4.475,09)	\$ (4.475,09)	\$ (4.475,09)	\$ (4.475,09)
Depreciación		\$ (67,58)	\$ (67,58)	\$ (67,58)	\$ (67,58)	\$ (67,58)
Utilidad		\$ 7.745,33	\$ 7.745,33	\$ 7.745,33	\$ 7.745,33	\$ 7.745,33
Tasa impuesto 25%		\$ 1.936,33	\$ 1.936,33	\$ 1.936,33	\$ 1.936,33	\$ 1.936,33
Utilidad Neta		\$ 5.809,00	\$ 5.809,00	\$ 5.809,00	\$ 5.809,00	\$ 5.809,00
Depreciación		\$ 67,58	\$ 67,58	\$ 67,58	\$ 67,58	\$ 67,58
Flujo efectivo		\$ 5.876,58	\$ 5.876,58	\$ 5.876,58	\$ 5.876,58	\$ 5.876,58
Inversión						
Activos	\$ 8.235,00)					
Capital de Trabajo	\$ (8.235,00)					
Flujo Neto	\$ (16.470,00)	\$ 5.876,58	\$ 5.876,58	\$ 5.876,58	\$ 5.876,58	\$ 5.876,58
Tasa de descuento	10%					
VAN	\$5.806,84					
TIR	23%					

Elaborado por: Armijos y Ledesma, 2018