UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO MONOGRAFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO.

TEMA:

DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA BEBIDA REHIDRATANTE, A BASE DE TOMATE (SOLANUM LYCOPERSICUM) Y LIMÓN (CITRUS LATIFOLIA TAN)

PRESENTADO POR:

Br. Zayda María Orozco Hernández

TUTOR:

MSc. Ing. Silvano Enrique Cruz Sánchez

Managua, Nicaragua. Abril 2020

Es necesario y muy importante desarrollar nuevas bebidas sin altas concentraciones de azúcar, que ayuden al ser humano a regular periódicamente el equilibrio interno de los líquidos del cuerpo.

Dedicatoria

A mi Hermosa Mamá Zayda Elena Hernández Mayorga,
Mujer Esforzada, Valiente y Luchadora de la cual
Estoy muy orgullosa de ser su hija y muy agradecida con Dios
por su vida y por todo el sacrificio que ella ha hecho por mi educación,
muchas gracias por ayudarme a concluir esta etapa de vida,
las palabras no bastan para expresar todo mi agradecimiento
y amor por ti, te llevo siempre en mi corazón,
Te Amo Mamá.

Agradecimiento

A mi Papá Ronald José Quiroz Ocampo,
por Aconsejarme, Guiarme y Apoyarme con
la elección de la carrera de Ingeniería Química,
gracias por estar ahí en los buenos y en los malos momentos,
gracias por todo el amor que has dado a mi mamá,
ha sido una bendición tenerte en nuestras vidas.
mi Respeto y Admiración por usted.
Dios te Bendiga en Gran Manera Siempre.

RESUMEN

Las bebidas hidratantes están diseñadas para consumirse durante y después de la realización de actividades físico-deportivas, por tal razón debe tener características concretas especialmente en cuanto a la cantidad de azúcares y sodio durante (isotónicas) y después del esfuerzo (ligeramente hipertónicas) (Palacios, Franco, Manonelles, Manuz, & Villegas, 2008)

En el presente estudio, se diseñó el proceso de elaboración de una bebida rehidratante, a partir de la combinación de tomate (Solanum lycopersicum) y limón (Citrus latifolia Tan). Con la realización del mismo, se planteó una propuesta de las características de los insumos y la materia prima, paramentos de operación, así como el dimensionamiento de los equipos necesarios en cada etapa del proceso y por último se determinaron los costos de producción para el primer año de operación.

Para elaborar el diseño tecnológico de esta bebida rehidratante, se seleccionó como materia prima, tomate y limón debido a que tenemos abundantes cosechas de estas hortofrutícolas y no se aprovechan para desarrollar, transformar y diversificar la producción manufacturera en Nicaragua, obligándonos a importar productos manufacturados, por tal razón, el presente tema de monografía pretende mejorar la cadena productiva de valor de estas dos hortofrutícolas, para las cuales se realizaron pruebas aleatorias en el laboratorio donde se seleccionó por medio de un panel sensorial la muestra con las mejores características organolépticas.

Como resultado del presente trabajo se elaboró la propuesta de diseño del proceso tecnológico para la elaboración de la bebida rehidratante a partir de la combinación de tomate y limón, se obtuvo el diseño del producto ajustado a las normas técnicas obligatorias nicaragüenses NTON para bebidas no alcohólicas y normas técnicas colombianas NTC, se seleccionaron y se dimensionaron los equipos de acuerdo a las diferentes operaciones mecánicas y unitarias necesarias para el desarrollo del proceso de producción y se estimaron los costo de producción inicial para el primer año de funcionamiento de la planta

Índice

Dedicatoria **2**

Agradecimiento **2**

RESUMEN **3**

Índice ..... **i**

Índice de tablas ..... **iii**

Índice de ilustraciones ..... **v**

I. INTRODUCCIÓN **1**

II. OBJETIVOS **2**

III. MARCO TEÓRICO **3**

3.1. Electrolito 3

3.2. Estado de deshidratación 3

3.2.1. Rehidratación después de la actividad físico-deportiva 4

3.2.2. Características de las bebidas para deportistas: aspectos prácticos 4

3.3. Definición de proceso 5

3.4. Fases del diseño de un proceso 5

3.4.1. Modelación de procesos 6

3.4.2. Proceso de diseño 6

3.4.3. Creación del diagrama de flujo 6

3.4.4. Síntesis y diseño conceptual del proceso 7

3.5. Selección y dimensionamiento de equipos 7

3.6. Aspectos económicos de un proceso 8

3.6.1. Estimación de costos de producción 9

IV. METODOLOGÍA 11

4.1. Caracterización de la materia prima e insumos 11

4.2. Caracterización del producto final 13

4.3. Proceso de elaboración de la bebida rehidratante 13

4.4. Capacidad de producción. 19

4.5. Cálculos de balance de materia y energía. 19
4.6. Selección y dimensionamiento de equipos. 19
4.6.1. Transportadora de bandas 19
4.6.2. Despulpadora 24
4.6.3. Tanques cerrados con agitación 28
4.6.4. Recipientes enchaquetados 37
4.6.5. Intercambiadores de placas 39
4.6.6. Molino de rodillos 45
4.6.7. Filtración 48
4.6.8. Bombas 50
4.7. Estimación del costo total de producción 52
4.7.1. Capital fijo total 52
4.7.2. Costo de producción 55
V. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 58
5.1. Diseño del producto 58
5.2. Balance de materia y energía del proceso de producción 59
5.3. Dimensionamiento de los equipos del proceso de producción 62
1. Recepción de tomate 62
2. Escaldado del tomate 64
1. Despulpado del tomate 65
2. Pasteurización del jugo de tomate 66
3. Tanque de almacenamiento del jugo de tomate 66
4. Recepción de los limones 67
5. Transportadora de los limones 67
6. Pelado de los limones 68
7. Extracción del jugo de limón 68
8. Filtración del jugo de limón 69
9. Desaereado 69
10. Pasteurización del jugo de limón 70
11. Tanque de almacenamiento del jugo de limón 70
12. Tanque de mezclado 71

13. Filtrado 71
14. Pasteurización de la mezcla 71
15. Tanque de almacenamiento de la bebida 72
16. Bombas centrífugas 72
17. Equipos auxiliares 74
a. Requerimientos de personal 77
b. Estimación del capital fijo total 78
5.5.1. Costo total de los equipos y auxiliares en la planta 78
5.5.2. Inversión fija total 81
c. Estimación del costo de producción 82
5.6.1. Costo de materia prima e insumos 82
5.6.2. Costo de mano de obra y beneficios sociales 83
5.6.3. Costo de producción 85
VI. CONCLUSIONES 86
VII. RECOMENDACIONES 87
5. BIBLIOGRAFÍA 88
6. ANEXO 91
A. Datos experimentales de la elaboración de la bebida isotónica 92
B. Balance de materia y energía 94

Índice de tablas

Tabla 1 Datos de diseño para equipos de proceso 8
Tabla 2 componentes de los costos de producción directos. 9
Tabla 3 componentes de los costos de producción indirectos 10
Tabla 4 Caracterización de la materia prima 11
Tabla 5. Caracterización de los insumos 12
Tabla 6 Caracterización del producto terminado 13
Tabla 7. Ancho estándar de fabricación (mm) 20
Tabla 8. Recomendación de diámetro de rodillos por ancho de banda (mm) 21
Tabla 9. Peso de las partes móviles 22
Tabla 10. Coeficientes de fricción de los rodillos 22
Tabla 11. Valores estándar de radio y altura para despulpadoras 26
Tabla 12. Tolerancias máximas para luz de malla 26
Tabla 13. Parámetros de diseño para tanques 29
Tabla 14. Cálculo del valor de Un 42
Tabla 15. Valores promedios de los índices de trabajo de Bond 46
Tabla 16. Datos experimentales de la elaboración de la bebida 58
Tabla 17. Características físico químicas de la bebida 58
Tabla 18. Capacidad de producción 59
Tabla 19. Balance de materia del proceso productivo (kg/h) 60
Tabla 20. Generación de desechos del proceso de producción (kg/h) 60
Tabla 21. Balance de energía del proceso de producción 62
Tabla 22. Dimensionamiento de la banda transportadora para lavado tomate 64
Tabla 23. Dimensiones bandeja de lavado 64
Tabla 24. Dimensionamiento de la banda transportadora para escaldado tomate 64
Tabla 25. Características del despulpador de tomate 65
Tabla 26. Características del pasteurizador para el jugo de tomate 66
Tabla 27. Características del tanque de almacenamiento temporal de jugo de tomate 66
Tabla 28. Dimensionamiento de la banda transportadora para lavado limones 67
Tabla 29. Dimensiones bandeja de lavado 67
Tabla 30. Características del pelador de limones 68
Tabla 31. Características del molino de rodillos 68

Tabla 32. Características del filtro prensa 69
Tabla 33. Características del desaereador 69
Tabla 34. Características del pasteurizador de placas para el jugo de limón 70
Tabla 35. Características del tanque de almacenamiento temporal de jugo de tomate 70
Tabla 36. Características del tanque de mezclado 71
Tabla 37. Características de filtros de cartucho 71
Tabla 38. Características del pasteurizador de placas para la mezcla 72
Tabla 39. Características del tanque de almacenamiento de bebida 72
Tabla 40. Características de bombas 73
Tabla 41. Características de la caldera pirotubular 74
Tabla 42. Características de la torre de enfriamiento 75
Tabla 43. Características del tanque de agua 75
Tabla 44. Características del dosificador de cloro 76
Tabla 45. Características del carbón activado 76
Tabla 46. Características de la maquina llenadora y tapadora 76
Tabla 47. Características de la máquina etiquetadora 77
Tabla 48. Mano de obra del proceso de producción 77
Tabla 49. Estimación de la inversión en equipos y auxiliares 78
Tabla 50. Estimación de la inversión de capital fijo 81
Tabla 51. Costos unitarios de materia prima e insumos 82
Tabla 52. Costo de materia prima e insumos 83
Tabla 53. Costo de mano de obra y beneficios sociales 84
Tabla 54. Estimación del costo de producción 85
Tabla 55. Elaboración de 1000 g bebida isotónica 93
Tabla 56. Dimensiones tomates y limones 93
Tabla 57. Propiedades térmicas 93
Tabla 58. Formulación de la bebida 94

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Diagrama del proceso de bebida isotónica. 18
Ilustración 2 Determinación del diámetro óptimo. 30
Ilustración 3 Factor M 32
Ilustración 4 Fondo KLOPPER 33
Ilustración 5. Dimensiones estándar de agitadores 34
Ilustración 6. Potencia de agitadores 35
Ilustración 7. Conexión multipaso de un intercambiador de placas 39
Ilustración 8. Bomba centrífuga modelo TE 5.5 51
Ilustración 9. Entradas y salidas del proceso de producción 61

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el sector bebidas se encuentra en más de un 60% industrializada, siendo los países del primer mundo pioneros en el desarrollo de maquinaria y última tecnología de producción, quienes pueden producir grandes volúmenes, tienen amplia variedad de productos y son competitivos con precios asequibles para cualquier persona sin importar estrato social (Aguilar L. , 2015).

En Nicaragua, la mayoría de productores venden sus cosechas en el plantío, a los intermediarios. En la temporada de cosechas las pérdidas se elevan debido a sobreproducción, ya que no existen alternativas para dar valor agregado. Actualmente, en nuestro país no existe una infraestructura adecuada para la producción y procesamiento de vegetales (Centro de Producción más Limpia de Nicaragua, 2009).

En el país existe un alto potencial agroecológico que favorecen la producción de frutas y hortalizas durante todo el año, en el caso de las hortofrutícolas tomate y limón, tienen aplicación en la transformación agroindustrial para obtener productos apreciados por consumidores que prefieren aromas y sabores naturales e innovadores, y al mismo tiempo saludable.

En el presente estudio, se diseñará el proceso de elaboración de una bebida rehidratante, a partir de una combinación de tomate (Solanum lycopersicum) y limón (Citrus latifolia Tan). Con la realización del mismo, se desea plantear una propuesta de las características de los insumos y la materia prima, así como dimensionar los equipos necesarios, determinar los costos de producción y medidas ambientales para los impactos negativos generados en dicho proceso.

II. OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar el proceso de producción de una bebida rehidratante, a base de tomate (Solanum lycopersicum) y limón (Citrus latifolia Tan).

Objetivos Específicos

1. Definir parámetros de producción y operación, caracterizando el producto terminado, según normativas referidas a bebidas rehidratantes.

2. Dimensionar los equipos de proceso e infraestructura para la elaboración de la bebida rehidratante, a partir de una capacidad de producción predefinida.

3. Estimar los costos de producción asociados al proceso de elaboración de la bebida rehidratante.

III. MARCO TEÓRICO

En el mercado existen diferentes tipos de bebidas rehidratantes, las cuales se pueden clasificar en función de la concentración del electrolito sodio (Na^+) con respecto al compartimento extracelular (Martínez & Rosado, 2006):

- Bebidas isotónicas: Presentan la misma concentración de Na^+ y K^+ que el líquido extracelular (ClNa al 0,9%), lo que contribuye a mantener el equilibrio interno de fluidos al no estimular el desplazamiento de éstos entre los diferentes compartimentos.
- Bebidas hipertónicas: Contienen una elevada concentración de Na+ con respecto al líquido extracelular, lo que induce la salida de agua desde la célula hacia el espacio extracelular para compensar la mayor concentración de Na en el líquido ingerido.
- Bebidas hipotónicas: Presentan una concentración de Na+ y otros solutos muy baja con lo cual se ingiere más agua que Na+ y aumenta la concentración de agua fuera de la célula al interpretar el organismo que la cantidad de Na+ extracelular ha disminuido.

3.1. Electrolito

Un electrolito, es una sustancia que, al disolverse en agua, da lugar a la formación de iones. Los electrolitos pueden ser débiles o fuertes, según estén parcial o totalmente ionizados o disociados en un medio acuoso (Ciquime., 2017).

Los electrolitos son minerales presentes en la sangre y otros líquidos corporales que lleven una carga eléctrica, pueden ser ácidos, bases y sales. Estos afectan la cantidad de agua en el cuerpo, la acidez de la sangre (pH), la actividad muscular, y otros procesos importantes como mantener el equilibrio de los fluidos en las células para que éstas funcionen correctamente (MedlinePlus, 2011).

3.2. Estado de deshidratación

El estado de deshidratación disminuye el rendimiento deportivo en actividades en los que se realizan con un alto estrés térmico (Murray, 2007). Durante la actividad física (AF) se ha establecido la existencia de un déficit de ingesta líquida de 0.4-0.6 l/h dependiendo del gasto calórico de la AF y el ambiente en el que se realiza, (temperatura ambiental, humedad relativa o altitud elevada) (Rehrer, 2001).

En un estado de deshidratación debido a la sudoración, se ve comprometido el rendimiento físico, pero también el estado de salud por la pérdida de electrólitos que se dan, especialmente de sodio

(Palacios, Franco, Manonelles, Manuz, & Villegas, 2008), es por ello que las bebidas que han de tomar los deportistas durante la AF ha de ser isotónica.

3.2.1. Rehidratación después de la actividad físico-deportiva

Existe un conocimiento no científico general entre los deportistas acerca de la importancia de la hidratación y la ingesta de HC durante la competición o entrenamiento. Pese a ello, también debería ser conocida la importancia de la ingesta y reposición hídrica post-esfuerzo para favorecer una correcta recuperación. Este proceso favorece la posibilidad de continuar ejercitándose en días posteriores y mejorar el rendimiento deportivo. En este sentido, un objetivo es recuperar lo antes posible el peso perdido durante la actividad físico-deportiva (Palacios, Franco, Manonelles, Manuz, & Villegas, 2008).

Evans, Shirreffs, & Maughan (2009) comentan que se requiere una reposición hídrica del 150-200% del peso perdido durante un entrenamiento o competición para cubrir las pérdidas por sudoración y producción de orina. Además, la bebida debería ser ligeramente hipertónica (contiene más sodio que la bebida isotónica) con unos valores de 1-1.2 g de sodio/l y teniendo en cuenta también el ión potasio (K^+) y magnesio (Mg^{2+}). La inclusión de la bebida hipertónica juega un papel fundamental en la retención del agua porque aumenta la sed y reduce la diuresis producida por el consumo de agua sola.

3.2.2. Características de las bebidas para deportistas: aspectos prácticos

Es muy importante que las bebidas especialmente diseñadas para la realización de actividad físico-deportiva tengan unas características concretas especialmente en cuanto a la cantidad de azúcares y sodio durante (isotónicas) y después del esfuerzo (ligeramente hipertónicas) (Palacios, Franco, Manonelles, Manuz, & Villegas, 2008).

Antes de la actividad físico-deportiva, sería importante que las bebidas ingeridas no fueran muy azucaradas y con un índice glucémico alto. Si fuera así existiría una respuesta en la insulina que podría provocar efectos hipoglucemiantes de rebote reduciendo en rendimiento deportivo (Palacios *et al*, 2008).

De modo cuantitativo se recomendaría la ingesta de 60-90 g de HC/hora en el caso de deportes de larga duración (>3 horas) (Burke, Hawley, Wong, & Jeukendrup, 2011) y en deportes de equipo

(entre 1-2 horas) de 30-60 g/hora (Jeukendrup, 2011). Pese a que lo más lógico induciría a pensar que ingerir una bebida hipertónica sería más positivo, las instituciones internacionacionles recomiendan no pasar de 6-9% la concentración de HC al haber una limitación en cuanto a la absorción de azúcares/hora. Es importante anotar que se ha observado que la mezcla de diferentes azúcares (sacarosa, fructosa, maltodextrinas, etc.) es la forma ideal para aumentar la absorción de los azúcares por hora (Burke *et al*, 2011).

El uso de Malto-dextrina o fructosa en bebidas, se debe tener en cuenta que esta última a grandes dosis puede ocasionar problemas gastrointestinales (Pfeiffer *et al*, 2012). Por ello no se recomienda que la bebida isotónica contenga más de un 20-30% de fructosa y a su vez que la combinación de azúcares rápidos (glucosa, maltodextrina) y lentos (fructosa) sea de 3/1.

3.3. Definición de proceso

La selección del proceso es una decisión estratégica que involucra seleccionar qué tipos de procesos de producción debemos considerar. Una decisión esencial en el diseño de un sistema de producción, es el proceso que se usará para hacer productos o brindar servicios. Esto involucra decisiones en campo tales como recursos humanos, equipos, materiales y tecnología, entre otros.

Este tipo de decisiones, al ser estratégicas, afectan la competitividad de la empresa en el largo plazo y depende en gran medida de las prioridades competitivas: costos, calidad, flexibilidad y tiempo (Carro & Gonzalez, Diseño y Selección de Procesos, 2005).

3.4. Fases del diseño de un proceso

Para el diseño de un proceso de producción se siguen las siguientes etapas (Jiménez Gutiérrez, 2003):

- Etapa de diseño (síntesis): Definir las entradas y salidas del sistema, características de materias primas y productos deseados, y estipular la estructura del proceso que se desea para llevar a cabo la transformación deseada.
- Etapa de simulación (análisis): Definir las entradas y el diagrama de flujo del proceso para indagar las salidas del sistema.
- Etapa de optimización: Una vez que se agotan los grados de libertad en forma de variables de diseño, se plantea una función objetivo que trata de minimizar algún tipo de entrada o costos

del proceso. O bien, de maximizar algún tipo de salida o beneficios del proceso. Todo ello para obtener las mejores variables de diseño.

3.4.1. Modelación de procesos

La modelación matemática de un proceso resulta de una interacción que se establecen para cada equipo que forma parte del sistema, siendo estás (Jiménez Gutiérrez, 2003):

- Balance de cantidad de movimiento.
- Balance de materia.
- Balance de energía.
- Ecuaciones de diseño.
- Relaciones termodinámicas y ecuaciones cinéticas.
- Especificación de algunas variables o restricciones particulares.

Por lo general, el modelo matemático resultante consiste en un sistema de ecuaciones acopladas y no lineales, el cual se puede resolver de forma directa (para un equipo simple) o compleja (para un proceso completo).

3.4.2. Proceso de diseño

El diseño de un proceso productivo se establece mediante la secuencia de operaciones físicas y químicas, condiciones de operación, principales especificaciones, materiales de construcción de los equipos de proceso, disposición general de los equipos e instrumentación principal (Towler & Sinnott, 2013).

El resumen del diseño de un proceso se refleja en un diagrama de flujo del proceso, balance de materia y energía y especificaciones de equipos individuales.

3.4.3. Creación del diagrama de flujo

Toda transformación de materias primas a productos deseados se realiza mediante el desarrollo de un diagrama de flujo de proceso. (Jiménez-Gutiérrez (2003) propone las siguientes etapas:

- Definir las reacciones involucradas.
- Establecer la distribución de especies.
- Diseñar los sistemas de separación.
- Diseñar sistemas de integración de energía.

- Incorporar criterios de seguridad de procesos.
- Analizar los aspectos ecológicos pertinentes.

Todas las etapas se pueden resolver de manera secuencial para integrarse en un diagrama de flujo.

3.4.4. Síntesis y diseño conceptual del proceso

El diseño conceptual (síntesis y diseño conceptual del proceso) se utiliza para la invención de nuevos diagramas de flujo del proceso, siendo uno de los principales objetivos en reducir el riesgo de comercialización y maximizar la rentabilidad financiera para equilibrar el riesgo (Towler & Sinnott, 2013).

Douglas (1988) propone un procedimiento jerárquico heurístico para la síntesis de procesos, es decir, basado en decisiones jerarquicas, cada nivel de decisión se va completando (progresivamente) el diagrama de flujo del proceso. El procedimiento no necesariamente lleva al mejor diseño sino al más razonable. Los pasos del procedimientos, son:

- Nivel 1. Discontinuo vs. Continuo
- Nivel 2. Estructura de entradas y salidas.
- Nivel 3. Estructura de recirculados.
- Nivel 4. Especificación del sistema de Separación.
    - Subnivel 4A. Sistema de recuperación de vapor.
    - Subnivel 4B. Sistema de recuperación de líquidos.
- Nivel 5. Red de intercambio calórico.

3.5. Selección y dimensionamiento de equipos

Una vez finalizada la descripción (diseño) del diagrama del proceso, el próximo paso es la selección y dimensionamiento de los equipos, considerando la economía (inversión) del proceso. En la siguiente tabla, se presentan algunos datos de diseño para la selección de equipos (Ulrich, 1984).

Tabla 1 Datos de diseño para equipos de proceso

Equipo genérico	Temperatura		Presión		Concentración		Carga térmica	Consumo (Eléctrico, vapor, combustible, etc.)	Razón de flujo o capacidad	Otros tipos de requerimiento
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida				
Trituradoras, molinos								C	X	Tamaño de partícula
Intercambiadores de calor	X	X	X				C	S	X	Coeficiente de trasferencia de calor
Mezcladoras	X		X		X	X	S	C	X	
Bombas	X		X	X				C	X	
Separadoras	X		X		X	X		C	X	Caída de presión Razón de sedimentación

: Usualmente calculado. S: Información requerida. Fuente: (Ulrich, 1984)

3.6. Aspectos económicos de un proceso

Si un proceso industrial desea mantenerse (o iniciar) en el mercado, esté debe ser económicamente favorable. El costo de operación de un proceso se puede evaluar por unidad de tiempo ($/año), o por unidad de producción ($/kg), reflejada en la siguiente ecuación (Jiménez Gutiérrez, 2003):

Ecuación 1

$$C = aI_F + bMP + cE + dMO - pSP$$

Dónde:

C: Costo de operación del proceso.

a: Factor que considera los gastos anuales, el cual se estima como una fracción de la inversión fija.

b: Costo unitario de cada materia prima MP.

c: Costo de cada servicio E.

dMO: Costo de mano de obra.

p: Precio de cada subproducto SP que se pudiera producir en el proceso además del producto principal.

3.6.1. Estimación de costos de producción

Los costos de operación (o costo de fabricación), son los gastos incurridos durante el funcionamiento normal de una instalación, incluidos: trabajo, materiales, servicios y otros costos relacionados.

Los costos de operación se componen por costos directos y costos indirectos. Los costos directos son los que generalmente se puede asignar a un producto específico o área de proceso. Mientras que los costos indirectos, son los costos no directamente asignables al producto o proceso final (por ejemplo: gastos indirectos y mano de obra general, costos de transporte y distribución.

Tabla 2 componentes de los costos de producción directos.

A. Costos de producción directos	
I. Materiales	**II. Mano de obra**
Materia prima	Mano de obra directa
Procesamiento	Supervisión
Subproducto y desechos	Mano de obra
Servicios	Trabajo de mantenimiento directo
Mantenimiento de materiales	Nómina con todos los gastos de mano de obra (Seguro social, vacaciones, etc.)
Suministros operativos	
Alquileres y regalías	

Tabla 3 componentes de los costos de producción indirectos

B. Costos de producción indirectos	
I. Gastos generales de la planta	
Administración	Comunicaciones
Mano de obra indirecta	Custodia y protección de la planta
compra, recepción y almacenamiento	Actividades recreativas
Acuerdos industriales y laborales	Membrecías y contribuciones
Inspección, seguridad y protección contra incendios	Licencia de operación, impuestos sobre la propiedad
Contabilidad y administración	Seguro de la planta
Tratamiento de desechos	Cafetería
II. Depreciación	
C. Contingencias	**D. Costos de distribución**
	Contenedores y paquetes
	Carga
	Operaciones de terminal y almacenes

Se tienen (Humphreys, 2005)

IV. METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó mediante la siguiente metodología:

4.1. Caracterización de la materia prima e insumos

Tanto el tomate Manzano y el limón Tahití son la materia prima de la bebida rehidratante, las cuales cumplen con el siguiente control de calidad:

Tabla 4 Caracterización de la materia prima

MATERIA PRIMA	CONTROL DE CALIDAD	DESCRIPCIÓN
Tomate Manzano	Grado de madurez nivel 4: Color rojo	Entre el 30 y el 60% de la superficie del tomate tiene color rosado o rojo.
	Firmeza	Firme al tacto. No debe estar suave ni se debe deformar fácilmente debido a sobre madurez.
	Apariencia	Libres de daños Estar exentos de daños causados por plagas o enfermedades. Estar enteros.
	^{0} Brix a 20^{0} Celsius	5.0
Limón Tahití	Color	Verde amarillento
	Apariencia	Libres de daños Estar exentos de daños causados por plagas o enfermedades. Estar enteros.
	Grados Brix	8.0

Fuente: (Reglamento 543-2011, 2018) (NTON 03 076-08/RTCA 67.04.48:08, 2010).

Los beneficios esperados por la bebida son: el color y el sabor naturales, tanto el tomate como el limón proporcionan antioxidantes, vitaminas y minerales que benefician la salud del cuerpo.

La caracterización de los insumos, es la siguiente:

Tabla 5. Caracterización de los insumos

MATERIA PRIMA	CONTROL DE CALIDAD	DESCRIPCIÓN
Agua potable	Color	5 mg/l
	Olor	Nº de umbral de olor: No rechazable
	pH	6.5 - 8.5
	Sabor	Nº de umbral de sabor: No rechazable
	Sólidos totales disueltos	600 mg/l
	Cloro residual	0.1 mg/l
Azúcar de caña sin refinar	Dosis máxima permitida de dióxido de azufre	20 mg/kg
Sal yodada	Granulaciones	0.15 a 0.60 mm
	Humedad	0.1 %
	Yodo	30 mg/kg
Bicarbonato de Sodio	Bicarbonatos (como NaHCO3)	98 % en peso mínimo
	Materia insoluble	0.50 % en peso máximo
	Humedad	2.0 % en peso máximo
	Densidad aparente	0.81 g/cm^3

Fuente: (NTON 03 040 - 03, 2003) (CODEX STAN 212-1999 , 2001) (NTON 03 031-00, 2000) (NTC 1616, 1985).

4.2. Caracterización del producto final

Para la caracterización de la bebida isotónica se utilizó la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON) 03-094-10 “Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios”, NTON 03 043 -03 “Especificaciones de Néctares, Jugos y Bebidas No Carbonatadas” y la Norma Técnica Colombiana (NTC) 3837 “Bebidas no alcohólicas. Bebidas hidratantes para la actividad física y el deporte”:

Tabla 6 Caracterización del producto terminado

COMPOSICION	DOSIFICACIÓN	NORMATIVA APLICABLE
Tomate Manzano	10.40%	NTON 03 043- 03
Limón Tahití	3.00%	NTON 03 043- 03
Agua Potable	82%	NTC 3837
Azúcar de caña sin refinar	4.40% p/v	NTON 03-094-10/RTCA 67.04.54:10 NTC 3837
Sal Yodada	0.10% m/m máximo	NTON 03-094-10/RTCA 67.04.54:10 NTC 3837
Bicarbonato de Sodio	0.10% m/m máximo	NTON 03-094-10/RTCA 67.04.54:10 NTC 3837

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Proceso de elaboración de la bebida rehidratante.

A continuación, se describen las etapas del proceso para preparar la bebida rehidratante a base de tomate Manzano y limón Tahití.

- **Recepción de la Materia Prima.**

Tanto los tomates como los limones se acopian en cajillas (71 x 39.5 x 32 cm) con una capacidad de 60 kg. En la manipulación se evitan golpes y se realiza una inspección visual para retirar toda materia extraña y frutos dañados (magullados, signos de deterioro, etc.). Se elimina un 0.5% para cada cantidad recibida.

Tomate

- **Selección y lavado.**

Los tomates se descargan en una mesa inclinada para facilitar la eliminación de frutos dañados. Los frutos buenos caen en una banda trasportadora para sumergirse durante 1 minuto en agua con una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm, durante 1 minutos. Se elimina el 1% como desecho (fruto en mal estado, golpeado, etc.)

- **Escaldado por Inmersión.**

Los tomates caen en otra banda transportadora donde se sumergen en agua caliente a 75°C, durante 2 minutos. Se realiza el escaldado para inactivar las enzimas, eliminar parcialmente los gases intercelulares, ablandar la materia prima, fijar y acentuar el color natural, reducir parcial de los microorganismos presentes, desarrollar el olor característico

- **Despulpado.**

Posterior al escaldado, los tomates se descargan en una tolva para pasar por la despulpadora, donde se separa el jugo (88%) de la pulpa (12%). La pulpa se envasa para su comercialización (no se describe el proceso por no ser parte del alcance del presente trabajo).

- **Pasteurizado.**

El jugo de tomate se somete a un tratamiento térmico a una temperatura de 100°C durante 30 segundos (Asociación Española de Fabricantes de Zumos, 2011). Como el jugo del tomate presente un pH 4.5, es necesario un proceso térmico a alta temperatura en un periodo de tiempo corto, uno de los objetivos de la pasteurización es aumentar la vida útil de la bebida, porque tiene la capacidad de destruir microorganismos e inactivar enzimas como la Peroxidasa (Yesenia Villareal, 2013). Posteriormente, el jugo de tomate se enfría a 45°C.

- **Almacenamiento.**

Posteriormente, el jugo de tomate se almacena temporalmente en un tanque de acero inoxidable, mientras se espera la siguiente etapa del proceso. De ser necesario, el pH del jugo de tomate se regula con ácido cítrico.

Limón

- **Selección y lavado.**

Los limones son descargados en una mesa inclinada para retirar todo fruto dañado. Los frutos buenos se colocan en una banda trasportadora y se sumergen durante 1 minuto en agua con una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm, durante 1 minutos. Se elimina el 1% como desecho (fruto en mal estado, golpeado, etc.)

- **Pelado.**

Los limones caen en un tambor rotatorio de acero inoxidable donde por medio de abrasión se retira la cáscara de los limones. La cáscara representa el 18% del peso del limón. La cáscara se puede utilizar para obtener aceite esencial, no se detalle el proceso por no ser parte del alcance del estudio.

- **Extracción.**

Los limones pelados caen en un molino de rodillos para extraer el jugo. Dicha maquinaria permite una extracción rápida del jugo de limón, con alto rendimiento de extracción, fácil manejo y mantenimiento. El jugo de limón representa el 33% del peso y la pulpa el 48% del peso del limón sin cáscara. La pulpa se puede utilizar para obtener para pulpa congelada, no se detalla el proceso por no ser parte del estudio.

- **Filtración.**

Posteriormente, el jugo de limón se hace pasar por un filtro prensa parar separar semillas y pequeñas cantidades de pulpa que se encuentren en el jugo. Se elimina un 0.5% del peso total del jugo de limón.

- **Desaereado.**

El jugo de limón se somete a un proceso de Desaereado (a presión de vacío) para evitar la oxidación y alteración de los taninos y aceites esenciales que pueden modificar el sabor y pérdida del ácido ascórbico (vitamina C).

- **Pasteurización.**

Luego, el jugo de limón se traslada a un intercambiador de calor de placas para ser calentado a 92°C por 40 segundos (Asociación Española de Fabricantes de Zumos, 2011). Uno de los objetivos para

pasteurizar el jugo de limón, es la inactivación de las enzimas que ocasionan cambios en el color y sabor del jugo.

- **Almacenamiento.**

Posteriormente, el jugo de limón se almacena temporalmente en un tanque de acero inoxidable, mientras se espera la siguiente etapa del proceso,

Agua potable

- **Almacenamiento de agua potable**

El agua potable que consume la planta proviene de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL). El agua se almacena en un tanque de polietileno con capacidad de 5,000 litros.

Los usos del agua, es la siguiente:

- Tratada: Para la elaboración de la bebida.
- Sin tratar: Para la limpieza de baños, limpieza de planta (equipos, maquinarias, pisos, etc.) y usos varios.

- **Cloración.**

El agua es bombeada a un tanque de polietileno con capacidad de 5,000 litros donde se inyecta cloro (mediante una bomba peristáltica) a 3 ppm, con el fin de desinfectar el agua.

- **Filtro de carbón activado.**

El agua se bombea a un filtro de carbón activado para eliminar el cloro residual, malos olores y sabores que pueda tener el agua.

- **Almacenamiento.**

El agua tratada se almacena en un tanque de acero inoxidable sanitario con capacidad de 5,000 litros para su posterior uso en el proceso de producción la bebida.

- **Mezclado.**

En un tanque con agitación mecánica, se agrega agua tratada hasta un 30% de su capacidad y mediante una tolva de alimentación se agrega el azúcar. La mezcla es recirculada utilizando una bomba centrífuga, succionando la mezcla en la parte inferior y descargando en la parte superior del

tanque, golpeando la pared. La agitación finaliza hasta obtener una mezcla con 65º C. Durante la agitación se evita el calentamiento y la generación excesiva de espuma.

El proceso se realiza a temperatura ambiente. Posteriormente, a la mezcla se agrega 82% de agua tratada, 10.41% jugo de tomate, 2.90% jugo de limón 0.15% sal y 0.10% bicarbonato de sodio. La mezcla se recircula utilizando la bomba centrífuga, succionando la mezcla en la parte inferior y descargando en la parte superior del tanque, golpeando la pared. La agitación finaliza hasta obtener una mezcla con 5º Brix.

- **Filtrado.**

La mezcla caliente se hace pasar por un filtro de 20 y 30 micras, respectivamente. La etapa se da para eliminar los sólidos suspendidos que provocan turbidez en el producto final. Se tiene una pérdida de 0.01% en impurezas.

- **Pasteurización.**

La mezcla se hace pasar por un intercambiador de placas para ser calentada de 30°C a 95°C, durante 5 minutos. Posteriormente, la mezcla se enfría a 85°C para su envasado.

- **Envasado**

La mezcla a 85°C se traslada a la embotelladora automática que envasa botellas PET con capacidad de 500 ml, se tapan y se envían a la codificadora para su trazabilidad (fecha de vencimiento y número de lote).

- **Enfriamiento**

Las botellas se hacen pasar por un túnel enfriador. En el túnel las botellas son rociadas con agua a temperatura ambiente (28°C) hasta una temperatura de salida de 35°C. Con ello, en las botellas PET se crea un vacío para garantizar la vida anaquel.

- **Etiquetado.**

Las botellas se trasladan a la maquina etiquetadora automática para colocar las etiquetas, según la NTON 03021-11/RTCA 67.01.07:10 “Etiquetado general de los alimentos previamente envasados”.

- **Empacado y almacenado.**

Las botellas se empacan en paquetes de 24 unidades, se envuelven en magas de polietileno para su posterior almacenamiento a temperatura ambiente.

A continuación, se presenta el diagrama del proceso de producción:

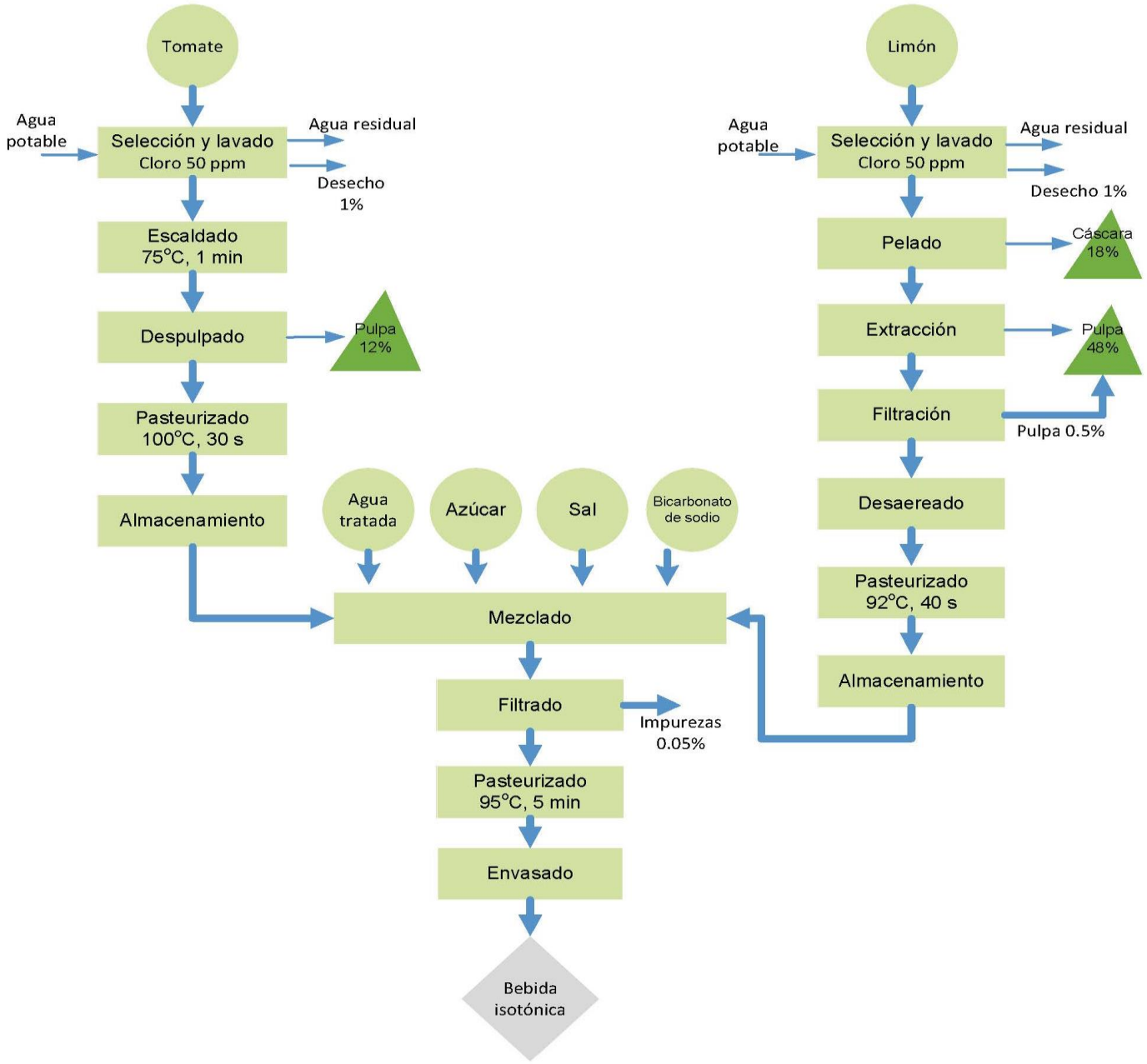


Ilustración 1 Diagrama del proceso de bebida isotónica.

4.4. Capacidad de producción.

Para realizar los cálculos de balance de materia y energía, así como, para realizar el dimensionamiento de equipos, entre otros; se definió una capacidad de producción de 28,000 botellas de 500 ml por día, equivalentes a 3,500 botellas por hora.

4.5. Cálculos de balance de materia y energía.

Definido el diagrama de proceso y la capacidad anual de producción, se procedió a realizar un balance de materia y energía. Con ello se logró estimar los requerimientos de materia prima, insumos y energía para el desarrollo del producto propuesto.

4.6. Selección y dimensionamiento de equipos.

Para efectuar la selección de los equipos industriales, se trabajó con el diagrama de flujo de proceso, esta herramienta permitió identificar el tipo de equipo y su capacidad (de acuerdo al balance de materia y energía), así como su distribución dentro del área de producción.

En el caso de las variables de diseño para la selección de equipos propuesto por Ulrich (1984) y el dimensionamiento se aplicaron los procedimientos descritos por Domingo (2006):
Frecuencia

4.6.1. Transportadora de bandas

Para facilitar el traslado de los tomates y limones, la banda transportadora contará con 12 y 10 empujadores, respectivamente. Cada empujador desplaza 5 tomates o limones.
Un clico de la banda transportadora es de 60 segundo para descargar 30 tomates en un minuto, que es el tiempo de residencia en agua clorada.

a) Dimensiones de la banda

Para determinar el volumen transportada por una banda, se necesita la superficie ocupada por el material y la velocidad de la banda. El ancho de la banda estándar de algunos fabricantes:

Tabla 7. Ancho estándar de fabricación (mm)

400	500	600	650	800	1,000	1,200	1,400

Fuente: (KAUMAN rubber technologies, 2019)

La capacidad de la banda dependerá de los resultados del balance de materia realizado al proceso, considerando el tiempo de residencia para la desinfección tanto del tomate como del limón. La longitud de la banda se determina de la siguiente ecuación:

Ecuación 2

$$A_b = \frac{L_b B_b}{2}$$

Donde:

A_b: Área de la banda

L_b: Longitud de la banda

B_b: Ancho de la banda

La longitud se corrige mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 3

$$L_c = L_b + 0.10$$

La velocidad de la banda, se determina de la siguiente manera:

Ecuación 4

$$V_b = {L_b}/{t}$$

Siendo:

t: *tiempo de residencia*

El peso máximo que soporta la banda cargada, será:

Ecuación 5

$$\text{Peso máximo} = \text{Cantidad de fruto} * \rho_{\text{fruto}}$$

La selección de los rodillos de la banda, dependen del ancho, a como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8. Recomendación de diámetro de rodillos por ancho de banda (mm)

Banda / Rodillo	400	500	650	800	1000	1200
63.5	x	x	x			
70		x	x	x		
76		x	x	x	x	
89		x	x	x	x	
102			x	x	x	x
108			x	x	x	x

Fuente: (ROTRANS, 2019)

b) Motor de la banda transportadora

La masa de carga por unidad de área se obtiene con la ecuación:

Ecuación 6

$$m/a = \frac{T}{3.6V_b}$$

$Donde:$

$m/a: Masa\ del\ producto\ por\ unidad\ de\ área$

$T: Capacidad\ máxima\ a\ transportar\ por\ hora$

$V_b: Velocidad\ de\ la\ banda$

Determinación de la tensión para mover la banda

La tensión para mover la banda considera el peso de partes móviles del equipo, el coeficiente de fricción en los rodillos de apoyo, la longitud y velocidad de la banda.

Ecuación 7

$$T_x = 9.8G * f_x * L_c$$

$Donde:$

T_x: $Tensión\ para\ mover\ la\ banda$

G: $Masa\ de\ las\ partes\ móviles$

f_x: $Coeficiente\ de\ fricción\ de\ la\ banda$

L_c : $Longitud\ de\ la\ banda\ corregida$

En el caso de la masa de las partes móviles, se toman de los catálogos de los fabricantes:

Tabla 9. Peso de las partes móviles

Belt Width (mm)	Mass Of Moving Parts (kg/m)			
	Light Duty 102 mm Idlers Light Belt	Medium Duty 127 mm Idlers Moderate Belt	Heavy Duty 152 mm Idlers Heavy Belt	Extra Heavy Duty 152 mm Idlers Steel Cord Belt
300	23	22	30	
450	25	25	33	
600	29	36	45	49
750	37	46	57	63
900	45	55	70	79
1050	52	64	82	94

Fuente: (Kauman, 2006)

En el caso del coeficiente de rozamiento, se tiene la siguiente información: Fuente: (Kauman, 2006)

Tabla 10. Coeficientes de fricción de los rodillos

TIPO DE COJINETE	ESTADO	VALOR DE f
	Favorable	0,018
Rodamiento	Normal	0,020
	Desfavorable	0,023 – 0,030
Fricción		0,050

c) Cálculo de la tensión

Para determinar la tensión necesaria para vencer las resistencias de rozamiento al movimiento de la carga, es necesario considerar el peso de la carga, la fuerza de los empujadores y el peso del producto:

Ecuación 8

$$T_y = 9.8 * m/a * f_y * L_c + F_{fruta} + F_T$$

Donde :

T_y *:Tensión necesaria para vencer las resistencias de rozamiento al movimiento de la carga.*

f_y *:Coeficiente de fricción de la banda con carga.*

L_c *:Longitud de la banca corregida.*

F_{fruta} *:Peso de los frutos canalizada.*

F_T *: Fuerza de los empujadores.*

La fuerza de los empujadores se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 9

F_T = (Cantidad de empujadores) * (Fuerza que ejerce un empujador para desplazar una tanda de frutos)

La fuerza que ejerce un empujador para desplazar una tanda de frutos, se determina:

$$F_{Te} = F_{fruto} * F_r$$

Donde F_r, es la fricción que ejerce el agua sobre los empujadores, se determina de la siguiente manera:

Ecuación 10

$$F_r = C_A * \frac{1}{2} * \rho_F * A_C * v_l^2$$

Donde :

F_r *:Coeficiente de fricción.*

C_A *:Coeficiente de arrastre.*

A_C *: Área de acción.*

v_l *:Velocidad lineal.*

ρ_F *:Densidad del agua.*

En dependencia del número de Reynolds, se determina el coeficiente de arrastre:

Ecuación 11

$$C_A = \frac{24}{R_e} + \frac{2.6*\left(\frac{R_e}{5}\right)}{1+\left(\frac{R_e}{5}\right)^{1.52}} + \frac{0.411*\left(\frac{R_e}{263000}\right)^{-7.94}}{1+\left(\frac{R_e}{263000}\right)^{-8}} + \frac{R_e^{0.8}}{461000}$$

d) Potencia

Se determina con la tensión total y la velocidad de la banda. El valor obtenido, es la potencia mínima necesaria para accionar la banda por medio del motor.

Ecuación 12

$$P = T_e * V_b$$

$$Donde:$$

$$P: Potencia\ mínima.$$

$$T_e: Tensión\ efectiva = T_x + T_y$$

La potencia corregida, es la multiplicación de la potencia mínima por un factor de seguridad, el cual considera: oscilaciones, choques y jalones que pueden ocurrir en el sistema.

Ecuación 13

$$P_{corregida} = 1.15 * P$$

4.6.2. Despulpadora

La alimentación de los frutos a la tolva será mediante una tolva. La tolva tendrá una forma polígono trapezoidal con un 60^0 de inclinación.

Ecuación 14

$$V_{tolva} = \frac{m_{Tomate}}{\rho_{tomate}}$$

$Donde:$

m_{Tomate}: $Capacidad\ de\ la\ tolva\ en\ una\ hora\ de\ operación$

V_{tolva}: $Volumen\ de\ la\ tolva.$

ρ_{tomate} : $Densidad\ del\ fruto.$

Así mismo;

Ecuación 15

$$V_{tolva} = \frac{h_{tolva}}{3} * \left(S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 * S_2} \right)$$

$Donde:$

h_{tolva}: $Altura\ de\ la\ tolva.$

S_1, S_2 : $Áreas\ de\ las\ bases\ de\ la\ tolva.$

Considerando un tanque cilíndrico para la cámara de despulpado, el cual estará en función del volumen de la tolva, se tiene la siguiente ecuación:

Ecuación 16

$$V = \pi * r_{\tan que}^2 * h_{\tan que}$$

$Donde:$

V : $Volumen\ que\ entra\ a\ la\ despulpadora.$

$h_{\tan que}$: $Valor\ asumido\ entre\ 0.5\ a\ 1.30\ m.$

$r_{\tan que}$: $Radio\ del\ \tan que.$

Mediante iteraciones, se calcula el radio del tanque asumiendo valores de la altura del tanque y comparando el valor del volumen que entra a la despulpadora. Los valores estándar de radios y alturas para despulpadores, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Valores estándar de radio y altura para despulpadoras

$H_d\ (m)$	$r_d\ (m)$
0,50	0,51
0,60	0,47
0,70	0,43
0,80	0,40
0,90	0,38
1	0,36
1,10	0,34
1,20	0,33
1.30	0,32

Fuente: (Ocaña, 2015)

La selección del diámetro de los agujeros del tamiz, dependerá de las dimensiones de las semillas del fruto. Las tolerancias máximas para luz de malla, son:

Tabla 12. Tolerancias máximas para luz de malla

LUZ*	TOLERANCIA
4,00 mm	± 0,20 mm
2,00 mm	± 0,10 mm
1,00 mm	± 0,05 mm
0,50 mm	± 0,025 mm
* Luz de malla es la distancia entre dos alambres contiguos de urdimbre o trama.	

Fuente: (Ocaña, 2015)

Los agujeros del tamiz tendrán diámetros de diferentes medidas, su manera de cálculo es la siguiente:

Ecuación 17

$$H_2 = h_{\tan que} - 3\% * h_{\tan que}$$

$$Donde:$$

$$H_2 : Altura\ del\ \tan\ que\ recolector.$$

Ecuación 18

$$D_2 = D_{\tan que} - 30\% * D_{\tan que}$$

$$Donde:$$

$$D_2 : Diámetro\ del\ \tan\ que\ recolector$$

El radio del eje del rodete gira a altas velocidades gracias a una polea que va al motor. Su manera de cálculo, es la siguiente:

Ecuación 19

$$r_{rotor} = \frac{3}{8} r_{\tan que}$$

$$Donde:$$

$$r_{\tan que} : Radio\ del\ \tan\ que\ tamiz.$$

La frecuencia de rotación se determina con la siguiente ecuación:

Ecuación 20

$$f = \sqrt{\frac{g}{4\pi^2 r_{\tan que}}}$$

En el caso de la velocidad angular, debe ser la mínima para que el fruto permanezca en la periferia interna del tamiz durante su recorrido, siendo esta:

Ecuación 21

$$\omega = \sqrt{\frac{(mg - F_e)}{-mr}}$$

$Donde:$

$m: Masa\ del\ fruto.$

$F_e: Fuerza\ de\ empuje.$

$r: Radio\ del\ rotor\ menos\ el\ \text{di}\ ámetro\ del\ fruto.$

a) Potencia

Con los datos calculados, se procede a calcular la potencia del sistema:

Ecuación 22

$$P = \frac{m_{tomate} * r_{rotor} * \omega}{63000}$$

$Donde:$

$P: Potencia.$

$m_{tomate}: Masa\ del\ fruto\ que\ entra\ al\ sistema.$

$r_{rotor}: Radio\ del\ rotor.$

$\omega: Velocidad\ angula.$

4.6.3. Tanques cerrados con agitación

Para el proceso de producción, se seleccionan tanques cilíndricos verticales de acero inoxidable, con fondo toriesférico a presión atmosférica. Los tanques serán rellenados cada 3 veces durante una hora de operación, con el fin de garantizar la operatividad del proceso. Así mismo, tendrán un sobredimensionamiento de 10 litros para evitar rebose.

Ecuación 23

$$V=Vd+10$$

La presión de diseño, será igual:

Ecuación 24

$$P_D = P_o + \rho_{jugo} * h_{líquido}$$

$Donde:$

$P_D: \text{Presión de deseño}.(lb/in^2).$

$P_o: \text{Presión de operación}(lb/in^2).$

$\rho_{jugo}: Densidad\ del\ jugo\ (lb/in^3).$

$h_{líquido}: Altura\ de\ la\ columna\ del\ jugo.(in).$

El diámetro del tanque se determina de la siguiente manera:

Ecuación 25

$$F = \frac{P}{CSE}$$

$Donde:$

$P: Presión\ de\ diseño\ \left(Lb/pulg^2\right)$

$C: Margen\ de\ corrosión\ (pulg)$

$S: Valor\ de\ esfuerzo\ del\ material\ \left(Lb/pulg^2\right)$

$E: Eficiencia\ de\ la\ junta$

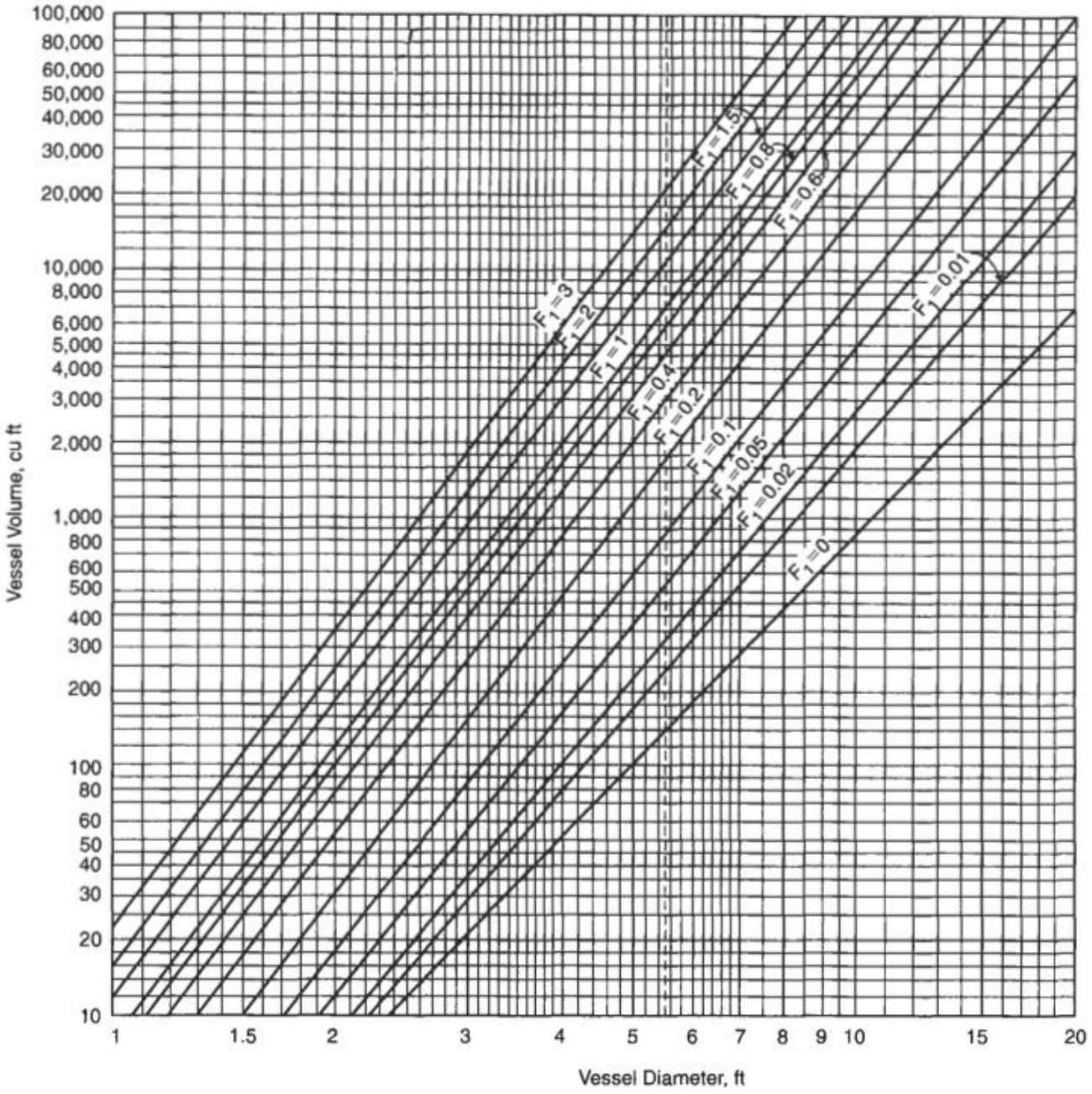
Los valores de CSE se obtienen de la siguiente tabla:

Tabla 13. Parámetros de diseño para tanques

Descripción	Parámetros de diseño	Observación
C	0.077 pulg	Para acero inoxidable
S	35000 lb/pulg^2	
E	0.85	Cuerpo cilíndrico
	1	Cabeza toriesférico
	1	Fondo toriesférico

Fuente: (Moss, 2004)

Los valores F y V se grafican en la siguiente ilustración para obtener el diámetro interno (pies) del tanque:



Fuente: (Moss, 2004)

Ilustración 2 Determinación del diámetro óptimo.

El volumen del fondo toriesférico se determina de la siguiente ecuación:

Ecuación 26

$$V_f = 0.1 * D_i^3$$

$$Donde:$$

$$V_f : Volumen\ del\ fondo\ toriesférico.$$

$$D_i : Diámetro\ interno\ del\ tanque.$$

La altura del fondo toriesférico se calcula de la siguiente manera;

Ecuación 27

$$V_{cc} = V_D - V_f$$

$$Lcc = \frac{4 * V_{cc}}{\pi * D_i^2}$$

$$Donde:$$

$$V_{cc} : Volumen\ del\ cilindro.$$

$$V_D : Volumen\ de\ diseño.$$

$$Lcc : Altura\ del\ fondo\ toriesférico.$$

El espesor del tanque cilíndrico se determina con la siguiente fórmula:

Ecuación 28

$$tc = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C$$

$$Donde:$$

$$tc : Espesor\ (pulg).$$

$$P : Presión\ de\ diseño\ (lb / in^2).$$

$$R : Radio\ del\ tanque\ (pulg).$$

$$S : Esfuerzo\ admisible\ (lb / in^2).$$

$$E : Eficiencia\ de\ la\ junta.$$

Para el caso del fondo toriesférico, el espesor por cilindro se calcula:

Ecuación 29

$$t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P} + C$$

$Donde$:

$P: \mathrm{Pr}\, esión\ de\ diseño\ (lb/in^2).$

$L: Diámetro\ \mathrm{int}\, erior\ (pu\ \mathrm{lg}).$

$M: Factor\ a\ \mathrm{dim}\, ensional,\ según\ L/r.$

$r: Radio\ de\ esquina,\ L/10\ (pu\ \mathrm{lg}).$

$S: Esfuerzo\ permisible\ (lb/in^2).$

$E: Eficiencia\ de\ la\ soldadura.$

$C\ : M\ \mathrm{arg}\, en\ de\ corrosión\ (pu\ \mathrm{lg}).$

El valor de M se lee de la siguiente tabla:

L/r	**1.00**	**1.25**	**1.50**	**1.75**	**2.00**	**2.25**	**2.50**	**2.75**
M	**1.00**	**1.03**	**1.06**	**1.08**	**1.10**	**1.13**	**1.15**	**1.17**

L/r	**3.00**	**3.25**	**3.50**	**4.00**	**4.50**	**5.00**	**5.50**	**6.00**
M	**1.18**	**1.20**	**1.22**	**1.25**	**1.28**	**1.31**	**1.34**	**1.36**

L/r	**6.50**	**7.00**	**7.50**	**8.00**	**8.50**	**9.00**	**9.50**	**10.0**
M	**1.39**	**1.41**	**1.44**	**1.46**	**1.48**	**1.50**	**1.52**	**1.54**

L/r	**10.5**	**11.0**	**11.5**	**12.0**	**13.0**	**14.0**	**15.00**	**16.0**
M	**1.56**	**1.58**	**1.60**	**1.62**	**1.65**	**1.69**	**1.72**	**1.75**

Fuente: (Moss, 2004)

Ilustración 3 Factor M

Para determinar las dimensiones del fondo toriesférico, se utilizan las siguientes ecuaciones:

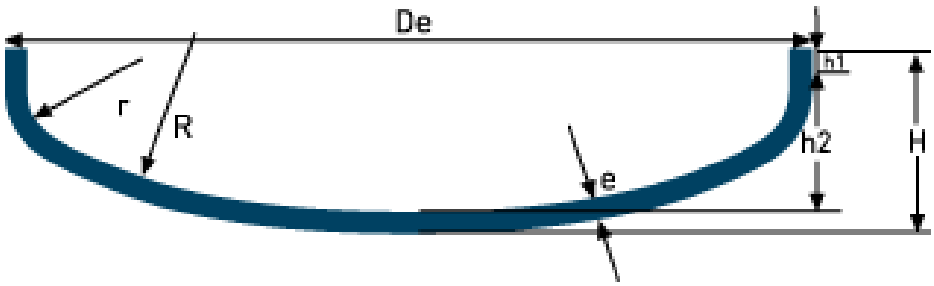


Ilustración 4 Fondo KLOPPER

Ecuación 30

$$R = D_e$$
$$r = R/10$$
$$h_1 \geq 3.5e$$
$$h_2 = 0.1935D_e - 0.455e$$
$$H = h_2 + h_1 + e$$
$$D_d = 1.11D_e + 1.85h_1$$
$$V(h_2) = 0.1D_i^3$$

Donde:

De: Diámetro exterior

e: Espesor inicial

R: Radio esférico interior

r: Radio rebordeo interior

h1: Pestaña (parte recta)

H: Altura total exterior

V: Volumen

Dd: Diámetro disco de partida

Di: Diámetro interior

h2: Flecha

Hc: Altura Central

La altura total del tanque cilíndrico será:

Ecuación 31

$$L_T = L_{cc} + H$$

Agitador

Las dimensiones estándar de los agitadores, se muestran en la siguiente ilustración:

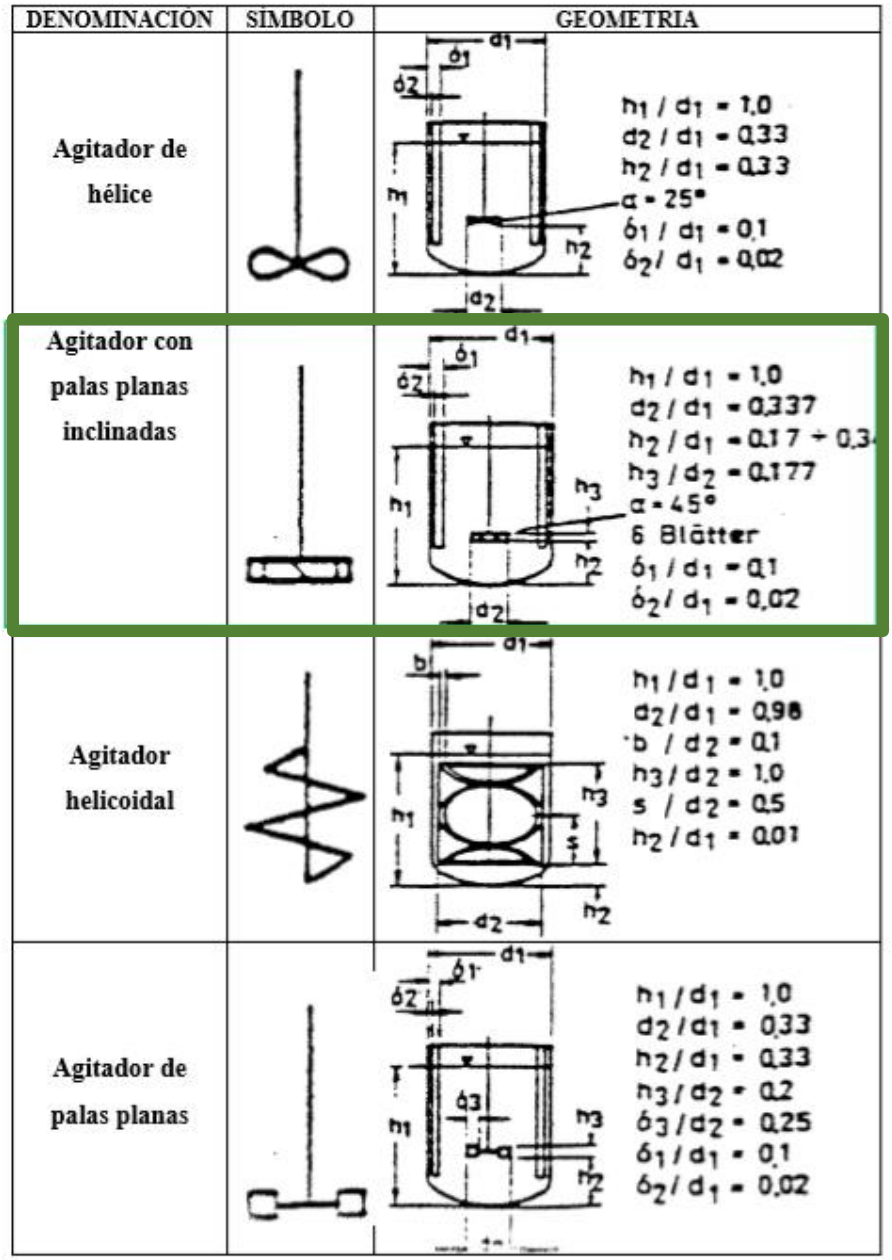


Ilustración 5. Dimensiones estándar de agitadores

Fuente: Norma DIN 28131-Agitadores y deflectores para recipientes agitadores.

Se seleccionó un rodete de palas planas inclinadas porque genera un flujo turbulento y es de bajo costo. El agitador estará centrado en el tanque y contará con placas deflectoras para mejorar el mezclado. Por lo que, se utilizan las siguientes ecuaciones:

Ecuación 32

$$\frac{h_1}{d_1} = 1 \qquad \frac{h_3}{d_2} = 0.177 \qquad \frac{\delta_1}{d_1} = 0.1$$

$$\frac{d_2}{d_1} = 0.337 \qquad \alpha = 45^0 \qquad \frac{\delta_2}{d_1} = 0.02$$

$$h_2 = 0.17 + 0.34 d_1 \qquad \delta = Deflectores \qquad L_e = L_T - h_2$$

Donde:

d1: Diámetro del cuerpo del tanque

h1: Altura del fluido

d2: Diámetro del impulsor

h2: Distancia de la parte inferior del tanque al centro de las paletas del rodete

h3: Ancho de las palas

α : Angulo de inclinación de las palas

δ : Ancho de los deflectores |

Le: Longitud del eje.

a) Potencia del agitador

La potencia del agitador se determina mediante el número Reynolds y el número de potencia, haciendo uso de la siguiente ilustración:

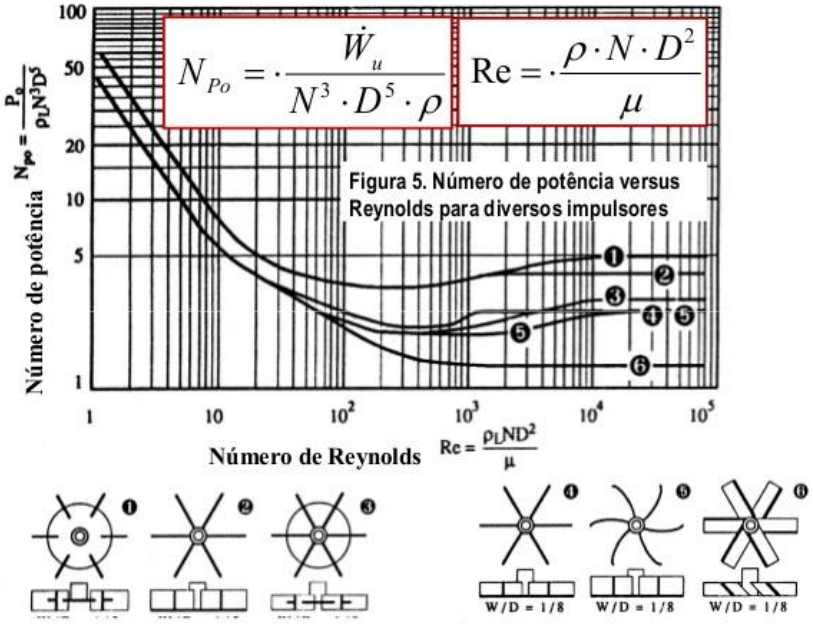


Ilustración 6. Potencia de agitadores
Fuente: (McCabe, Smith, & Harriorr, 2007).

El número de Reynolds se determina:

Ecuación 33

$$\mathrm{Re} = \frac{d_2^2 * n * \rho}{\mu}$$

Donde:

Re: Número de Reynolds

ρ: Densidad (Kg/m^3)

d2: Diámetro del impulsor (m)

μ: Viscosidad (kg/m-s)

n: RPS

Por lo que, la potencia del agitador se calcula:

Ecuación 34

$$Np = \frac{g_c P}{\rho n^3 d_2^5}$$

Donde:

N_P: Número de Potencia del grafico

ρ: Densidad (Kg/m^3)

d2: Diámetro del rodete (m)

P: Potencia (W)

n: RPS

g_c: Número adimensional =1

También, se debe tomar en cuenta la eficiencia de los reductores de velocidad que ronda el 80%:

Ecuación 35

$$P_m = \frac{P}{\eta}$$

Con ello, se consideró un factor de operación igual a 1.25:

Ecuación 36

$$P = 1.25 * P_m$$

4.6.4. Recipientes enchaquetados

En el caso de recipientes enchaquetados, el espesor de la chaqueta se calcula utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 37

$$E_{ch} = 10\% D$$

a) Tiempo de calentamiento dentro de un tanque enchaquetado

El procedimiento para estimar el tiempo de calentamiento en un recipiente con chaqueta y agitación mecánica, se presenta a continuación (Green & Southard, 2018):

Se calcula cuando se considera la superficie de intercambio limpia de deposiciones o incrustaciones:

Ecuación 38

$$U_c = \frac{h_t h_{te}}{h_t + h_{te}}$$

$Dónde:$

h_{te}: $Coeficiente\ individual\ de\ transferencia\ de\ calor\ para\ chaqueta,$

Siendo $igual\ a\ 8{,}000\ W/m^2\ {}^oC.$

h_t : $Coeficiente\ individual\ de\ transferencia\ de\ calor\ (W\ /\ m^2\ {}^oC)$

h_t, se determina:

Ecuación 39

$$Nu = \frac{h_t D}{\kappa} = a\,\mathrm{Re}^b\,\mathrm{Pr}^c\,\frac{\mu^m}{\mu_w}$$

Dónde :

Nu: *Número de Nusselt*

Re: *Número de* Re *ynolds*

Pr: *Número de* Pr *andtl*

h_t: *Coeficiente individual de transferencia de calor* $(W/m^{2o}C)$

D: Diámetro int *erno del* tan *que*

κ: *Conductividad térmica del fluido* $(kcal/m*h*^{o}c)$

μ: Viscocidad del fluido (kg/ms)

μ_w : *Viscocidad del fluido a la temperatura de la pared* (kg/ ms)

En el caso de paletas planas del agitador, se tienen los siguientes valores:

a= 0.36, b= 0.67, M= 0.31; para 300<Re<3x10^5

Para Pr, el valor común de c= 0.33

Es cuando se consideran las resistencias debido a las incrustaciones, Rd, se obtiene de la suma de los factores de obstrucción de los fluidos que toman parte en el proceso de transferencia de calor:

Ecuación 40

$$U_d = \frac{1}{\frac{1}{U_c} + R_d}$$

Dónde;

,se desprecian las resistencias

R_d : *Factor de incrustación* : $0.0009\,m^{2\,o}C\,/\,W$

El para medio de calentamiento isotérmico (vapor de agua)

Ecuación 41

$$\frac{U_d A\theta}{mc_p} = \ln\left[\frac{T_1 - t_1}{T_1 - t_2}\right]$$

$Dónde:$

T_1: $Temperatura\ del\ vapor\ (^{o}C)$

t_1: $Temperatura\ inicial\ del\ líquido\ frío\ (^{o}\mathrm{C})$

t_2: $Temperatura\ del\ líquido\ frío\ a\ un\ tiempo\ dado\ (^{o}\mathrm{C})$

A: $Área\ de\ transferencia\ de\ calor\ (m^2)$

θ: $Tiempo\ (s)$

M: $Masa\ de\ líquido\ contenida\ (kg)$

C_p: Calor específico del líquido contenido $(J/\mathrm{kg}^{o}\mathrm{C})$

U_d : $Coeficiente\ global\ de\ transferencia\ de\ calor\ (W\ /\ m^{2o}C)$

4.6.5. Intercambiadores de placas

Tanto los jugos como la bebida isotónica serán calentadas por un determinado tiempo y posteriormente enfriadas, para realizar dicho intercambio de calor se utilizarán intercambiadores de calor de placas. Esto debido a su tamaño compacto y su elevado coeficiente de transmisión superficial, fácil acceso a las placas para su inspección, limpieza y ampliación.

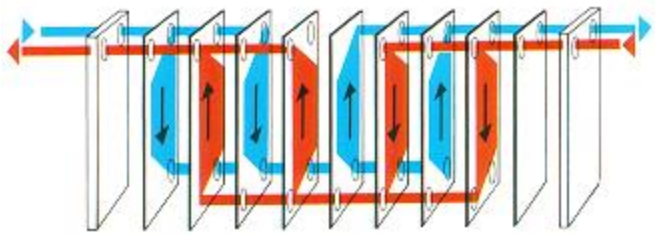


Ilustración 7. Conexión multipaso de un intercambiador de placas

Los principales métodos de cálculo para el dimensionamiento de estos tipos de intercambiadores, son: diferencia de temperatura logarítmica (DTML) y de efectividad- Número de unidades de transferencia (NUT).

Para el presente trabajo se utilizó el método de efectividad – NTU planteado por Incropera, Bergman, Lavine, & Dewitt (2011), por su facilidad de cálculo y exactitud. NTU es un número adimensional que se utiliza para el análisis de intercambiadores de calor:

Ecuación 42

$$NTU = \frac{UA_T}{C_{\min}}$$

Donde :

U: Coeficiente global de transferencia de calor (Kw/m^2).

A_T : *Área de transferencia de calor* (m^2) $= nA_i$.

A_i : *Superficie de calor . Dato obtenido de la ficha técnia del equipo –*

n: *Número de placas*.

$C_{\min}$: *Capacidad calorifíca mínima* (kW / ^{o} K).

Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor (U), se consideró que las resistencias térmicas de las láminas son despreciables, ya que presentan un espesor es muy delgado:

Ecuación 43

$$U = \frac{1}{1/h_c + 1/h_H}$$

Donde :

h_c : *Coeficiente de conveción del fluido frío* ($KW / m^o K$).

h_H : *Coeficiente de conveción del fluido caliente* (KW / m^o K).

El coeficiente de convección del fluido frio (h_c) se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 44

$$Nu = \frac{hcDh}{\kappa}$$

$Donde:$

$Nu: Número\ adimensional\ Nusselt.$

$hc: \text{Coeficiente de convección}\ (kW/m^{o}K).$

$Dh: Diámetro\ hidráulico\ (m).$

$\kappa: Coeficiente\ de\ conducción\ (kW/m^{o}K).$

El número de Nussel dependerá si el flujo es laminar o turbulento, considerando el número de Reynolds (Re):

Ecuación 45

$$\mathrm{Re} = \frac{Vc * Dh}{\nu}$$

$Donde:$

$\mathrm{Re}: Número\ adimensional\ \mathrm{Re}ynolds.$

$Vc: \text{Velocidad crítica del fluido, según Vc}=\forall / A.$

$A: Área\ transversal\ entre\ las\ placas\ del\ intercambiador\ de\ calor.$

$\forall: Caudal\ del\ fluido.$

$Dh: Diámetro\ hidráulico = \frac{4A}{P}.$

$P: Perímetro\ húmedo.$

$\nu: Viscosidad\ cinemática\ a\ la\ preión\ y\ temperatura\ promedio\ del\ fluido.$

En la siguiente tabla se presenta el cálculo para el número de Nussel:

Tabla 14. Cálculo del valor de Un

Fluido	Nuq	Observación
Laminar	7.54	Para intercambiadores de placa
Turbulento	$Nu = 0.23\mathrm{Re}^{4/5}\,\mathrm{Pr}^{0.4}$	Pr: Número de Prandtl $\mathrm{Pr} = \frac{C_p \mu}{\kappa}$

Fuente: (Incropera, Bergman, Lavine, & Dewitt, 2011)

Para el cálculo del coeficiente de convección del fluido caliente (h_H), se utiliza el mismo procedimiento del h_C, sin embargo, el fluido caliente presenta un cambio de fase. La condensación (cambio de fase) se da cuando el fluido caliente (siendo este vapor saturado) toca la superficie de las placas del intercambiador (formando una película de condensado). Con ello, se tienen las siguientes consideraciones:

a. Flujo laminar y propiedades constantes para la película liquida.
b. El fluido caliente es un vapor puro y a temperatura uniforme igual a la temperatura de saturación.
c. No se consideran las capas límite de velocidad o térmicas.
d. La transferencia de calor a través de la película ocurre solo por conducción, es decir, la distribución de temperaturas del líquido es lineal.
e. Los cálculos se realizan a partir de una temperatura promedio

Ecuación 46

$$Tf = \frac{T_{sat} + T_s}{2}$$

$Donde:$

$Tf: Temperatura\ promedio\ del\ fluido\ (^0C).$

$T_{sat}: Temperatura\ de\ saturación\ (^0C).$

$T_{S:}: Temperatura\ de\ salida\ del\ fluido\ (^0C).$

Con ello, se determina el número promedio de Nusselt:

Ecuación 47

$$\overline{Nu} = \frac{h_H \left(v^2 / g \right)^{1/3}}{\kappa} = 0.943 P^{-1/4} \qquad P \leq 15.8$$

Ecuación 48

$$\overline{Nu} = \frac{h_H \left(v^2 / g \right)^{1/3}}{\kappa} = \frac{1}{P} \left(0.68P + 0.89 \right)^{0.82} \qquad 15.8 \leq P \leq 2530$$

Ecuación 49

$$\overline{Nu} = \frac{h_H \left(v^2 / g \right)^{1/3}}{\kappa} = \frac{1}{P} \left[\left(0.024P - 53 \right) \mathrm{Pr}^{1/2} + 89 \right]^{4/3} \qquad P \geq 2530 \qquad \mathrm{Pr} \geq 1$$

Donde:

$\overline{Nu}$: Número de Nusselt promedio.

h_H: Coeficiente de convección del fluido caliente (KW/m*K).

K: Coeficiente de conducción del fluido caliente (KW/m*K).

v: Viscosidad cinemática (m^2/s).

g: Gravedad

Pr: Número de Prandtl

El valor P, es una constante adimensional que se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 50

$$P = \frac{\kappa L \left(T_{sat} - T_s \right)}{\mu h' fg \left(v^2 / g \right)^{1/3}}$$

Donde:

L: Distancia entre los centros de las tuberías de entrada y salida de cada placa del intercambiador (m).

Tsat: Temperatura de saturación del fluido caliente (ºC).

Ts: Temperatura de superficie (ºC).

μ: Viscosidad dinámica (Kg/m*s).

h'fs: Calor latente modificado (KJ/Kg).

Para el cálculo del calor latente modificado, se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 51

$$h'_{fg} = h_{fg} + 0.68 C_p \left(T_{sat} - T_s \right)$$

Donde,

hfs: Calor latente para la temperatura de saturación (KJ/Kg).

Cp: Calor especifico (KJ/Kg*K).

Se procedió a calcular la capacidad calorífica de ambos C_C y C_H, y la capacidad calorífica máxima y mínima:

Ecuación 52

$$C_C = \dot{m}_c * C_{pc}$$

Ecuación 53

$$C_H = \dot{m}_H * C_{pH}$$

Ecuación 54

$$C_r = \frac{C_{\min}}{C_{máx}}$$

Donde,

Cp: Calor especifico (KJ/(Kg*K).

$\dot{m}$: Flujo masico (Kg/s).

En el caso de la efectividad y la relación Cr = Cmin/ Cmax , cuando se tienen calderas, condensadores e intercambiadores de calor, Cr es igual a cero, (Cr=0) y Cmax tiende a infinito:

Ecuación 55

$$\varepsilon\varepsilon = \frac{q}{q_{máx}} = \frac{C_c * \left(T_{c2} - T_{c1}\right)}{C_{\min} * \left(T_{H1} - T_{c1}\right)} = \frac{C_H * \left(T_{H1} - T_{H2}\right)}{C_{\min} * \left(T_{H1} - T_{c1}\right)}$$

Donde

q: Calor sensible adicionado al fluido frio o retirado del fluido caliente.

qmax: Transferencia de calor máxima que puede ocurrir durante el proceso.

Considerando el valor de Cr=0, se determina el valor de NTU (Incropera, Bergman, Lavine, & Dewitt, 2011):

Ecuación 56

$$NTU = -\ln\left(1 - \varepsilon\right)$$

La longitud de la tubería se determina a partir del caudal de operación, el diámetro de la tubería y el tiempo de retención:

Ecuación 57

$$Caudal = A*V = \frac{\pi D^2}{4}\frac{L}{t}$$

4.6.6. Molino de rodillos

Para la extracción del jugo de los limones, se planteó el uso de un molino de rodillos, separando la pulpa y semillas.

El molino cuenta con tres rodillos dentados (por su versatilidad) uno con respecto a otro formando un triángulo equilátero permitiendo triturar el limón, evitando una fricción excesiva.

El ángulo de separación entre los rodillos, se calcula en la siguiente ecuación:

Ecuación 58

$$A = 2\arctan\mu$$

Donde:

A= Ángulo de separación entre los rodillos (grados).

μ= Coeficiente de fricción entre materiales: 0.5.

Para determinar el diámetro mínimo de los rodillos, se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 59

$$D_r = \frac{D_t * \cos\left(\frac{A}{2}\right) - D_f}{1 - \cos\left(\frac{A}{2}\right)}$$

Dónde:

A= Ángulo de separación.

Dt= Diámetro medio del fruto (cm).

Df= Diámetro medio del fruto aplastado (cm).

Dr= Diámetro de los rodillos (cm).

La longitud de contacto entre los rodillos y el fruto se determina con la siguiente ecuación:

Ecuación 60

$$l = \frac{D_r * A}{4}$$

Donde:

l = longitud de arco de contacto entre los rodillos y el fruto (cm).

Dr = diámetro de rodillo (cm).

A = ángulo de contacto (radianes).

El trabajo realizado por el motor, se determina con la siguiente ecuación:

Ecuación 61

$$W = 10W_i\left(\frac{1}{\sqrt{D_{fe}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{te}}}\right)$$

Donde:

W : Trabajo realizado (kWh/ton).

W_i: Índice de trabajo de Bond (kWh/ton).

D_{fe} y D_{te}: Diámetro para x=0.8 del alimentado y el producto de la molienda, respectivamente (micrones).

En el caso del índice de trabajo de Bond, tiene la siguiente tabla:

Tabla 15. Valores promedios de los índices de trabajo de Bond

Material	Densidad (g/cm^3)	Índice de trabajo (kWh/ton)
Arcilla	2.23	7.83
Arcilla calcinada	2.32	1.58
Caliza	2.69	12.80
Caliza para cemento	2.68	11.22
Vidrio	2.58	3.40
Yeso, roca	2.69	9.00

Fuente: Adaptado de Rosabal & Valle (1989).

La potencia de molienda está definida por:

Ecuación 62

$$P_m = QW$$

Donde:

P_m: Potencia de molienda (kW).

Q: Caudal másico del material (ton/h).

W: Trabajo realizado (kWh/ton).

La potencia gastada por el motor, se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 63

$$P_M = \frac{P_m}{\xi}$$

Donde:

P_M: Potencia gastada por el motor (kW).

P_m: Potencia de molienda (kW).

ξ: Eficiencia compuesta de la máquina, el reductor y el motor.

Eficiencia compuesta de la máquina, el reductor y el motor se determina:

Ecuación 64

$$\xi = \xi_T * \xi_R * \xi_m$$

Donde:

ξ_m : Eficiencia del motor eléctrico = 0.9.

ξ_R : Eficiencia del reductor o trasmisión mecánica = 0.9.

ξ_T : Eficiencia de la molienda= 0.5

4.6.7. Filtración

Un filtro prensa es de fácil operación y con una elevada filtración.

Velocidad de filtrado:

Ecuación 65

$$V_f = \frac{m_f}{\rho_f}$$

Donde:

V_f : Velocidad de filtrado (m^3/h).

m_f : Flujo másico del filtrado (m^3/h).

ρ_f : Densidad del líquido (kg/m^3).

A la velocidad de filtrado calculada, se le multiplica por un factor de operación (Ulrich, 1984):

Ecuación 66

$$V_{ff} = 1.2 V_f$$

a) Área de la placa:

Los diseños de los filtros prensas de placas, son de placas cuadradas de 150 mm a 2 m de lado alternan con marcos abiertos. Las placas tienen un espesor de 6 a 50 mm y el espesor de los marcos

es de 6 a 200 mm. La presión de operación varia entre los 3 a 10 atm (McCabe, Smith, & Harriorr, 2007). Con ello, se tiene:

Ecuación 67

$$A = S^2$$

Donde:

S: Superficie de la placa: 150 mm.

Dimensiones del marco:

Espesor (T_f) 0.0254 m

Tamaño de la placa: 6x6 mm

Altura: H= tamaño de la placa + $2T_f$: 0.5588 m

Anchura: H: 0.5588 m

Dimensiones del filtro prensa propuesto: 0.5588x0.5588x0.0254 m

b) Volumen de la torta

Ecuación 68

$$V_c = \frac{m_c}{\rho_c}$$

Donde:

V_c: Volumen de la torta (m^3)

m_c: Masa de la torta (kg).

ρ_c: Densidad de la torta (kg/m^3).

c) Longitud del filtro

Ecuación 69

$$T_c = \frac{V_c}{A_{placa}}$$

Donde:

T_c: Longitud del filtro (m).

A_{placa}: Área de la placa (m^2).

d) Número de marcos

Ecuación 70

$$N = \frac{T_c}{T_f}$$

Donde:

N: Número de marcos del filtro.

e) Potencia del filtro

Ecuación 71

$$\frac{\Delta P}{\rho} + g\Delta z + \frac{\Delta v^2}{2g} = Q - W_s$$

$$g\Delta z = 0; horizontal. \qquad \frac{\Delta v^2}{2g} = 0;\ flujo\, cons\tan te.$$

$$Q = 0; despreciable$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = -W_s$$

4.6.8. Bombas

Mott (2006) plante el siguiente procedimiento para la selección y dimensionamiento de una bomba:

1. Obtener las especificaciones del sistema: Fluido a bombear, valor de diseño del flujo volumétrico, elevaciones y presiones prescitas, en particular en la fuente y el destino.
2. Determinar las propiedades del fluido, incluyendo: temperatura, peso específico, viscosidad cinemática y presión de vapor.
3. Generar una distribución propuesta para la tubería, considerando detalles de las líneas de succión y descarga con las válvulas, acoplamientos y accesorios.
4. Determinar las longitudes de la tubería en las líneas de succión y descarga.
5. Especificar los tamaños de tubería para las líneas de succión y descarga.
6. Analizar el rendimiento del sistema al flujo volumétrico de diseño para determinar la carga dinámica total (TDH).

Ecuación 72

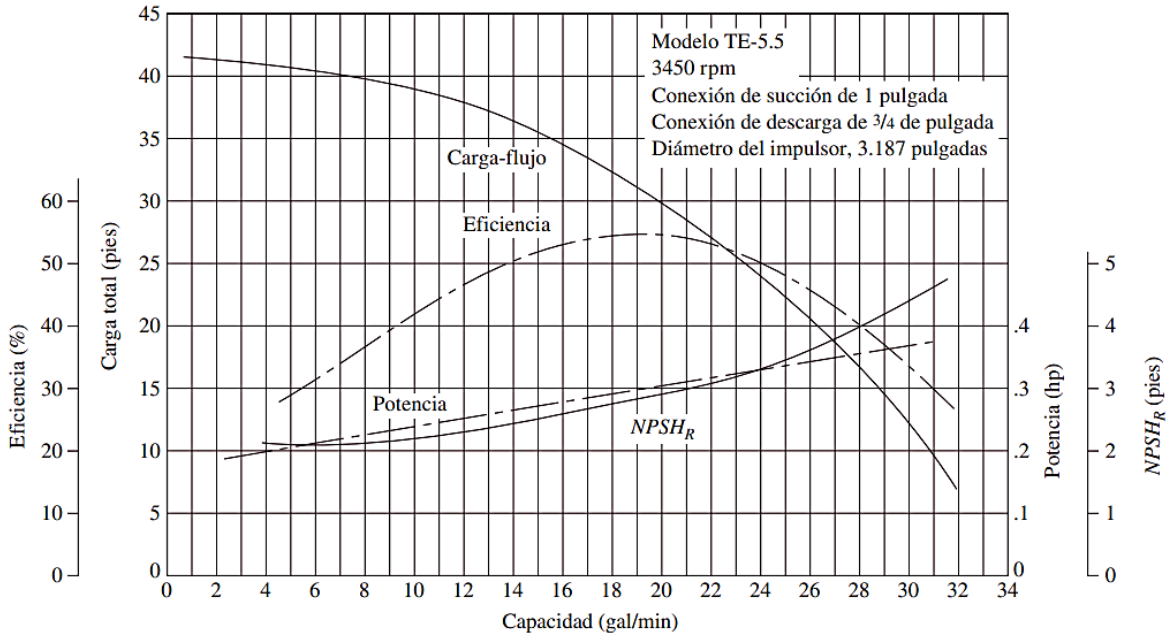
$$H = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \left(z_2 - z_1\right) + h_r$$

7. Evaluar la carga estática total

Ecuación 73

$$h_0 = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \left(z_2 - z_1\right)$$

8. El punto de operación de una bomba se define como el flujo volumétrico que enviará cuando se instale en un sistema dado. La curva de rendimiento de la bomba es la gráfica del flujo volumétrico que la bomba distribuye como función de la carga total, y a la que está sujeta por el sistema del que forma parte. Tales curvas son los elementos básicos Seleccionar una bomba que entregue, el flujo volumétrico de diseño contra la carga dinámica total a dicho flujo volumétrico. En el caso del tema, se utilizó:



Fuente: (Mott, Mecánica de fluidos, 2006)

Ilustración 8. Bomba centrífuga modelo TE 5.5

8.1 Elegir una bomba con eficiencia alta en el punto de diseño, para que el punto de operación se encuentre cerca del punto de eficiencia óptimo de la bomba.

8.2 Especificar el nombre del modelo, velocidad, tamaños del impulsor y los puntos de succión y descargar.

4.7. Estimación del costo total de producción

4.7.1. Capital fijo total

El cálculo del capital fijo total se realiza mediante los índices planteados por Ulrich (1984) y, Timmerhaus & Petters (2003). El capital fijo total es la suma de los costos directos e indirectos fijos de la planta industrial.

En los siguientes acápites, los porcentajes utilizados hacen referencia a una planta de procesamiento de fluidos (Timmerhaus & Petters, 2003).

4.7.1.1. Costos fijos directos

Los costos fijos directos, lo forman: costo total de los equipos y auxiliares en la planta, costo CIF, costos de instalación, costos de instrumentos y control, costos de tubería y accesorios, costo de instalación eléctrica, costo de edificios, costos de mejoras del terreno y costos de servicio.

Considerando la económica a escala, se puede estimar el costo de un equipo (Ereev & Patel, 2012):

Ecuación 74

$$(Costo\,del\,equipo)_x = (Costo\,del\,equipo)_{línea\,base} * \left(\frac{Capacidad\,del\,equipo\,X}{Capacidad\,del\,equipo_{línea\,base}} \right)^{Exp}$$

Dónde:

Exp: Exponente de escala. Si se desconoce, se puede considerar 0.6 o 0.7.

a) Costo total de los equipos y auxiliares en la planta

La estimación de los costos de los diferentes equipos y auxiliares que forman el proceso de producción, se realizó de la siguiente manera:

	OBSERVACIÓN
Industrias López **Dirección: Managua, hospital bautista 4c al oeste (abajo) 1/2c al Norte**	Se cotizaron los siguientes equipos: Tinas de lavado, despulpadora, tanques de almacenamiento, peladora de limones, desgasificador y bombas
Productos El Sol (De los semaforos del Hospital La Mascota 250 vrs. Arriba), Plastitank (De los	Se cotizaron los siguientes equipos: Desgasificador, máquina de llenado y

Semáforos del Nuevo Diario, 200m Sur), Aquatec (km 2.5 norte Carretera Panamericana) y ECONOMART (Managua, rotonda universitaria 300 metros al norte)	etiquetado, filtros, tanques polietileno, tanques de carbón activado.
Estimadores de costos (que realizan el cálculo aplicando la ecuación 74)	Para los demás equipos
http://www.matche.com//equipcost/Agglomerator.html	Proporciona servicios de ingeniería de procesos conceptuales, costos y optimización para la industria química y metalúrgica.
http://www.mhhe.com/engcs/chemical/peters/data/	Estimador de costos de Timmerhaus & Petters (2003)

b) Costo CIF

El costo CIF (también conocido como Incoterm) se refiere al costo, seguro y flete de la logística marítima o fluvial. Se considera (Timmerhaus & Petters, 2003) un 10% del costo estimado por los índices de costos.

c) Costos de instalación

La instalación de equipos considera: costos de mano de obra, fundaciones, soportes, plataformas, gastos de construcción y otros factores directamente relacionados con el montaje de equipo comprado. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 47% del costo total de los equipos puestos en planta.

d) Costos de instrumentos y control

Implican considerar: costos de instrumentos, costos de mano de obra de instalación y gastos de equipos auxiliares, y los materiales; constituyen la mayor parte de la inversión de capital necesaria para la instrumentación. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 36% del costo total de los equipos puestos en planta.

e) Costos de tubería y accesorios

El costo de la tubería cubre mano de obra, válvulas, accesorios, tuberías, soportes y otros artículos. involucrado en la construcción completa de todas las tuberías utilizadas directamente en el proceso. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 68% del costo total de los equipos puestos en planta.

f) Costo de instalación eléctrica

Se consideran los costos de las instalaciones eléctricas, principalmente la mano de obra de instalación y materiales para energía e iluminación. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 11% del costo total de los equipos puestos en planta.

g) Costo de edificios

Son los costos de los edificios, incluidos los servicios, gastos de mano de obra, materiales, y suministros involucrados en la construcción de todos los edificios conectados con la planta. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 18% del costo total de los equipos puestos en planta.

h) Costos de mejoras del terreno

Incluyen los costos para cercas, nivelación, carreteras, aceras, paisajismo y elementos similares. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 10% del costo total de los equipos puestos en planta.

i) Costos de servicio.

Considera los servicios, tales como: suministro de vapor, agua, energía, aire comprimido y combustible son parte de las instalaciones de servicio de una planta industrial. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 70% del costo total de los equipos puestos en planta.

4.7.1.2. Costos fijos indirectos

Los costos fijos indirectos, lo forman: costo de ingeniería y supervisión, costo de la construcción, costo de seguros e impuestos de construcción, costo de los honorarios de los contratistas, gastos imprevistos.

a) Costo de ingeniería y supervisión

Representan los costos de diseño de construcción e ingeniería, compras, contabilidad, construcción e ingeniería de costos, viajes, comunicaciones y gastos de oficina. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 33% del costo total de los equipos puestos en planta.

b) Costo de la construcción

Incluyen los gastos de construcción y operación temporal, herramientas de construcción y alquileres, nómina de construcción, impuestos y seguros, y otros gastos generales de construcción. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 41% del costo total de los equipos puestos en planta.

c) Costo de seguros e impuestos de construcción

Lo forman los costos legales, tales como: gastos para el proceso de identificación de las regulaciones, preparación y presentación de formularios requeridos por las agencias reguladoras, el proceso de adquisición de la aprobación regulatoria y costos de negociación de contratos. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 4% del costo total de los equipos puestos en planta.

d) Costo de los honorarios de los contratistas

Son los honorarios del contratista. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 22% del costo total de los equipos puestos en planta.

e) Gastos imprevistos

Son los gastos de contingencia para compensar eventos impredecibles, como tormentas, inundaciones, huelgas, cambios de precios, pequeños cambios de diseño, errores de estimación y otros imprevistos gastos. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 44% del costo total de los equipos puestos en planta.

4.7.2. Costo de producción

Los costos de producción incluyen: costo directo de producción, costos indirectos y costos fijos. Dicho costo se calcula para un año de producción (Ereev & Patel, 2012).

4.7.2.1. Costo directo de producción

Incluyen los costos directos: materia prima e insumos, mano de obra, supervisión e ingeniería, mantenimiento y reparación, auxiliares y servicios, suministros de operación.

- **Costo de materia prima e insumos**

Incluye la materia prima e insumos para la elaboración de la bebida isotónica, siendo estos: Tomates, limones, azúcar, cloruro de sodio, bicarbonato de sodio e hipoclorito de sodio. Dicho cálculo se basó en los resultados del balance de materia y energía, Para la cotización de dichos costos, se utilizaron las siguientes: reportes estadísticos de precios mayoritarios del Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC) y de la Asociación de Productores y Exportadores de Nicaragua (APEN), distribuidora El Caribe (para los productos químicos).

- **Costo de mano de obra**

Refleja los costos de los trabajadores que se encuentran directamente en el proceso de producción. Los salarios y beneficios de los trabajadores, están sujetos a la Ley 185 “Código del trabajo”, Ley 539 “Ley de seguridad social” y Ley 625 “Ley del salario mínimo”; así como los decretos relacionados a dichas leyes. Se estima que en la empresa trabajan menos de 50 persona, por lo que se estará aplicando el 21.5% INSS.

- **Costo de supervisión e ingeniería**

Es el costo de la supervisión directa a las operaciones del proceso de producción.

- **Costo de mantenimiento y reparación**

Son los costos asociados al mantenimiento preventivo y reparaciones. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 6% del costo total de los equipos puestos en planta.

- **Costo de auxiliares y servicios**

Considera los costos: materiales de limpieza, agua, energía eléctrica, combustible para la generación de vapor, etc. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 10% del costo de mantenimiento y reparación.

- **Costos de suministros de operación**

Abarcan los costos: lubricantes, prueba los productos químicos, materiales de mantenimiento y reparación, etc. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 15% del costo de mantenimiento y reparación.

4.7.2.2. Costos indirectos de producción

Los costos indirectos de producción consideran los gastos de laboratorio, cargas a planillas y gastos generales de la planta.

- **Gastos de laboratorio**

Son los costos: pruebas de laboratorio para el control de las operaciones y la calidad del producto. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 15% del costo de mano de obra.

- **Cargos a planillas**

Representa los beneficios sociales que contempla la Ley 539 “Ley de seguridad social” y Ley 625 “Ley del salario mínimo”; así como los decretos relacionados a dichas leyes.

- **Gastos generales de la planta.**

Son los costos asociados por: vigilancia, limpieza, atención médica, servicios de alimentación, etc. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 6% del costo de matenimiento y reparación.

4.7.2.3. Costos fijos de producción

Los costos fijos son independientes a la producción del proceso productivo, abarcan los costos: depreciación, impuestos y seguros.

- **Gasto por depreciación**

La depreciación, es el reconocimiento fiscal de la pérdida de valor que sufren los activos con el transcurso del tiempo, haciendo referencia a los activos fijos. El cálculo para la depreciación está normado en la Ley 453 “Ley de equidad fiscal”, para el caso de equipos industriales, se aplica 10%.

- **Gastos por impuestos y seguros.**

Se refiere a los costos por impuesto a la propiedad y seguros de la planta industrial. Timmerhaus & Petters (2003), estima un 3% del costo total de los equipos puestos en planta.

V. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Diseño del producto

De acuerdo a los resultados experimentales (Ver anexo A. Datos experimentales de la elaboración de la bebida isotónica), se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 16. Datos experimentales de la elaboración de la bebida

Concepto	Dosificación	Normativa aplicable
Tomate Manzano	10.40%	NTON 03 043- 03
Limón Tahití	3.00%	NTON 03 043- 03
Agua Potable	82% de volumen	NTC 3837
Azúcar de caña sin refinar	4.40% p/v	NTON 03-094-10/RTCA 67.04.54:10 NTC 3837
Sal Yodada	0.10% m/m máximo	NTON 03-094-10/RTCA 67.04.54:10 NTC 3837
Bicarbonato de Sodio	0.10% m/m máximo	NTON 03-094-10/RTCA 67.04.54:10 NTC 3837

Fuente: Elaboración propia.

Las características físico químicas de la bebida isotónica, se presentan en la siguiente tabla :

Tabla 17. Características físico químicas de la bebida

Parámetro	Límite
Brix a 20°C	5
pH	3.92
Densidad de la bebida (kg/m^{3})	1,022.3
Sólidos totales disueltos, TDS (mg/l)	1,450

Fuente: Elaboración propia

5.2. Balance de materia y energía del proceso de producción

La comercialización de la bebida será en botellas PET de 500ml. La capacidad de producción del proceso de elaboración de la bebida isotónica, se realizó de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 18. Capacidad de producción

Cantidad de botellas a producir	3,500.00	ud/h
Volumen de cada botella	500.00	ml
Horas de operación del proceso	8.00	h
Cantidad total de botellas producidas	28,000.00	ud/d
Volumen total de la bebida	14,000.00	l/d
Masa total de la bebida con 2.5 % exceso	14,350.00	kg/d
Volumen diario de la bebida con 2.5 % de exceso	1,793.75	l/h

De acuerdo a la tabla anterior, se procedió a realizar el balance de materia y energía (ver anexo A. Balance de materia y energía):

Tabla 19. Balance de materia del proceso productivo (kg/h)

Descripción	S1	S2=S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	L1=L2=L3	L4	L5=L6=L7=L8	L9=L10=L11=B
Tomate	213.7	211.5							186.2			1,789.9
Limón			133.9	132.6	108.7					56.5	53.7	
Agua tratada												
Sal							1.8					
Azúcar						78.8						
Bicarbonato de sodio								1.8				
Bebida (mezcla)												1,789.9

En el caso de los desechos, se tiene la siguiente tabla:

Tabla 20. Generación de desechos del proceso de producción (kg/h)

Descripción	P1	P2	P3	D1	D2	C1	I
Pulpa de tomate	25.4						
Pulpa de limón		52.2	2.8				
Desecho de tomate				2.1			
Desecho de limón					1.3		
Cáscaras de limón						23.9	
Impurezas							0.2

A continuación, se presenta el diagrama de proceso con la representación de las corrientes de cada entrada y salida:

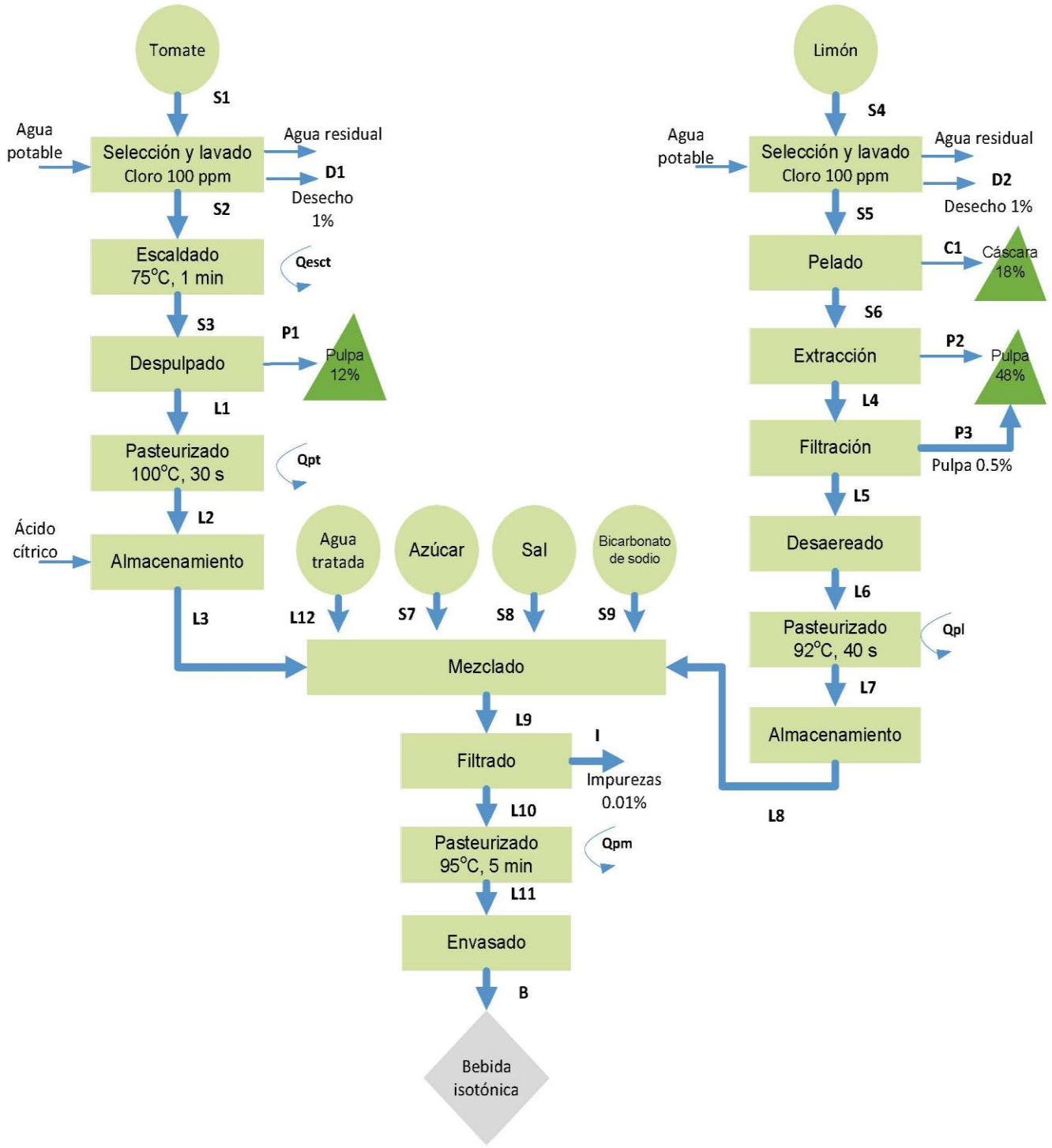


Ilustración 9. Entradas y salidas del proceso de producción

El balance de energía, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 21. Balance de energía del proceso de producción

Equipo	Corriente	Flujo (kg/h)	Calor (kj/h)	T Entrada ©	T salida ©
Escaldado	Vapor saturado	436.25	1,058,267.85	169.93	75.00
	Agua	5,058.64	--	25.00	75.00
Pasteurizado del jugo de tomate	Vapor saturado	14.13	33,088.46	169.93	100.00
Pasteurizado del jugo de limón	Vapor saturado	5.40	12,817.62	169.93	92.00
	Agua enfriamiento	476.53	9,968.96	29.00	34.00
Pasteurizado de la mezcla	Vapor saturado	197.60	466,815.50	169.93	95.00
	Agua enfriamiento	3,432.97	71,817.77	29.00	34.00

Conocidos los flujo másicos y energéticos del proceso de producción, se procedió a dimensionar los equipos de proceso.

5.3. Dimensionamiento de los equipos del proceso de producción

A continuación, se presenta el resultado del dimensionamiento de cada uno de los equipos del proceso de producción (En el anexo B. Cálculo del dimensionamiento de equipos, se presenta el detalle del cálculo).

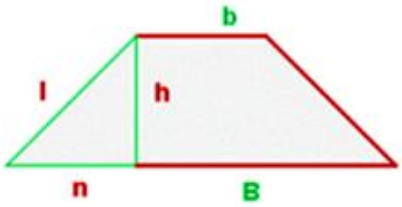
4.7.3. 1. Recepción de tomate

Los tomates se trasladan en cajillas plásticas con dimensiones 71 x 39.5 x 32 cm. La descarga de las cajillas se realiza en una mesa (3 lados) que garantiza la recepción de 6 cajillas, se tienen las siguientes dimensiones:

Largo	163.3	cm
Ancho	163.3	cm
Altura	43.76	cm
Alto	10	cm

En uno de los lados de la mesa tiene la forma de un trapecio isósceles con una inclinación de 30^0 para facilitar la descarga de los tomates a la banda transportadora:

b	50.00	cm
B	163.3	cm
n	56.65	cm
Ángulo	45	grados
h	56.65	cm
l	80.12	cm



La altura de la mesa será de 1.20 metros, para facilitar el trabajo de selección de los tomates.

1) Banda transportadora de tomate

La banda transportadora contará con empujadores para trasladar los tomates mientras se sumergen en agua clorada. Basado en los resultados del balance de materia, se tiene los siguientes datos:

Del balance de materia, se determinó que la cantidad de tomates por minuto es de 30 unidades, con ello se diseñó la banda transportadora:

Tabla 22. Dimensionamiento de la banda transportadora para lavado tomate

Ancho	50	cm	Anchos normalizados
Grosor	0.01	cm	
Largo corregido	439.6	cm	
Empujadores	12	ud	6 por vuelta
Altura del empujador	7	cm	
Grosor del empujador	0.05	cm	
Diámetro de los rodillos	6.35	cm	
Potencia del motor	187.6	kW	0.25 HP
Material	Uretano		

Mientras los tomates se transportan en la banda, estos se sumergen un agua clorada a 100 ppm durante un minuto. Las dimensiones de la bandeja de lavado, es la siguiente:

Tabla 23. Dimensiones bandeja de lavado

Longitud	448.4	cm
Anchura	51	cm
Grosor	0.1	cm
Altura	22	cm
Altura del agua de lavado	19	cm

El agua de lavado clorada será reemplazada cada 20 minutos para garantizar una adecuada desinfección.

4.7.4. 2. Escaldado del tomate

Posterior al lavado, los tomates caen a una banda transportadora para ser sumergido en agua caliente a una temperatura de 75°C durante dos minutos. Las dimensiones de la tina del escaldado, será idéntica a la utilizada del lavado:

Tabla 24. Dimensionamiento de la banda transportadora para escaldado tomate

Ancho	50	cm	Anchos normalizados
Grosor	0.01	cm	
Largo corregido	439.6	cm	
Empujadores	12	ud	6 por vuelta
Altura del empujador	7	cm	
Grosor del empujador	0.05	cm	
Diámetro de los rodillos	6.35	cm	
Potencia del motor	96.7	kW	0.13 HP
Material	Etileno propileno dieno (EPDM)		

Para el calentamiento del agua, mezclará una fracción de vapor saturado con agua fría, con el fin de mantener una temperatura de 75°C. El agua de escaldado será remplazada cada 5 minutos para evitar contaminación.

1. Despulpado del tomate

Luego del escalado, los tomates caen en una tolva para su despulpe. Las características del despulpador, es la siguiente:

Tabla 25. Características del despulpador de tomate

Tolva	0.56	m^3	
Longitud superior: L1	81	cm	
Longitud inferior: L2	50	cm	
Altura	45.7	cm	
Cámara del despulpador			
Radio	0.47	m	Valor estandarizado
Altura	0.6	m	
Potencia	0.15	HP	
Tamiz de luz de malla 1mm con tolerancia ± 0,05 mm			

La tolva se cargará cada 15 minutos para facilitar el proceso de despulpado.

2. Pasteurización del jugo de tomate

El jugo de tomate se deposita en un tanque antes de entrar al tanque enchaquetado con agitación, con el fin de garantizar la continuidad del proceso.

Tabla 26. Características del pasteurizador para el jugo de tomate

Volumen del tanque	193.23	L
Espesor de la chaqueta	62.44	mm
Área de transferencia de calor	1.08	M2
Diámetro interior	0.62	m
Agitador	Rodete de palas planas.	
Placas deflectoras	Cuatro placas deflectoras Ancho de 1/12 del diámetro del tanque	
Potencia del agitador	35.78	W
Temperatura vapor saturado	169.9	^{0}C
Temperatura de salida del líquido	100	^{0}C

Cada hora el tanque de recepción se llenará 2 veces, con el fin de garantizar la continuidad del proceso.

3. Tanque de almacenamiento del jugo de tomate

Posterior a la pasteurización, el jugo de tomate se almacena en un tanque mientras se espera agregarlo al tanque de mezclado. Las características del tanque es la siguiente:

Tabla 27. Características del tanque de almacenamiento temporal de jugo de tomate

Volumen tanque	286.46	L
Diámetro interior	0.69	m
Volumen del fondo toriesférico	33.34	L

El tanque tendrá la capacidad de almacenar temporalmente el flujo volumétrico de jugo de tomate por hora, para satisfacer las necesidades del tanque de mezclado.

4. Recepción de los limones

Para la recepción de los limones, se contará con el mismo diseño y características del utilizado en la recepción de los tomates.

5. Transportadora de los limones

La banda transportadora contará con empujadores para trasladar los limones mientras se sumergen en agua clorada. Basado en los resultados del balance de materia, se tiene los siguientes datos:
Del balance de materia, se determinó que la cantidad de limones por minuto es de 26 unidades, con ello se diseñó la banda transportadora:

Tabla 28. Dimensionamiento de la banda transportadora para lavado limones

Ancho	50	cm	Anchos normalizados
Grosor	0.01	cm	
Largo corregido	178.9	cm	
Empujadores	10	ud	5 por vuelta
Altura del empujador	7	cm	
Grosor del empujador	0.05	cm	
Diámetro de los rodillos	6.35	cm	
Potencia del motor	48.60	kW	0.07 HP
Material	Uretano		

Mientras los limones se transportan en la banda, estos se sumergen un agua clorada a 100 ppm durante un minuto. Las dimensiones de la bandeja de lavado, es la siguiente:

Tabla 29. Dimensiones bandeja de lavado

Longitud	182.43	cm
Anchura	51	cm
Grosor	0.1	cm
Altura	22	cm
Altura del agua de lavado	19	cm

l agua de lavado clorada será reemplazada cada 20 minutos para garantizar una adecuada desinfección.

6. Pelado de los limones

Los limones caen en una tolva para entrar a un cilindro rotatorio con paredes rigurosas y mediante fricción realizar el pelado. Las características del pelador, es la siguiente:

Tabla 30. Características del pelador de limones

Tolva	0.20	m^3	
Longitud superior: L1	81	cm	
Longitud inferior: L2	50	cm	
Altura	16.40	cm	
Cámara del pelador: Superficie de carborundo			
Radio	0.47	m	Valor estandarizado
Altura	0.6	m	
Potencia	96.78	W	0.13 HP
Tamiz de luz de malla 1mm con tolerancia ± 0,05 mm			

La tolva se cargará cada 15 minutos para facilitar el proceso de pelado.

7. Extracción del jugo de limón

Los limones caen en un molino de rodillos para extraerles el jugo, separando las semillas y pulpa. Las características del equipo, son las siguientes:

Tabla 31. Características del molino de rodillos

Número de rodillos	3		
Tipos de rodillos	Dentados		Uno con respecto a otro formando un triángulo equilátero
Ángulo de separación de los rodillos	53.13	Grados	
Diámetro del rodillo	400.00	mm	Valores estandarizados

Longitud del rodillo	500.00	mm	
Longitud de contacto	9.23	cm	
Potencia	0.31	kW	
rpm	96.00		

8. Filtración del jugo de limón

Para eliminar partículas de pulpa presentes en el jugo de limón, este se hace pasar por un filtro de prensa con las siguientes características:

Tabla 32. Características del filtro prensa

Dimensiones de la placa	6x6	mm	
Altura	0.56	m	
Anchura	0.56	m	
Espesor	0.0254	m	
Área de la placa	0.023	m^2	
Número de placas	5		
Potencia	42	W	3/52 HP

9. Desaereado

El jugo de limón filtrado se hace pasar por un desaereador. Dicho equipo cuenta con un tanque que se carga tres veces cada 20 minutos con el fin de garantizar un adecuado desaereado del jugo de limón. Las características del equipo, son:

Tabla 33. Características del desaereador

Volumen del tanque	117.79	L	
Volumen del fondo toriesférico	22.67	L	
Diámetro interior	0.70	m	
Altura del tanque	16.7	cm	

10. Pasteurización del jugo de limón

El jugo de limón se deposita en un tanque antes de entrar al pasteurizador de placas, con el fin de garantizar la continuidad del proceso. Las características del equipo, son:

Tabla 34. Características del pasteurizador de placas para el jugo de limón

Volumen del tanque de recepción	117.63	L
Diámetro del tanque de recepción	0.57	m
Volumen fondo toriesférico	18.94	L
Modelo	SB2	
Tipo	Placas	
Área de transferencia de calor	0.13	m2
Temperatura vapor saturado	169.9	^{0}C
Temperatura de entrada del líquido	30	^{0}C
Temperatura del agua de enfriamiento	29	^{0}C
Número total de placas	9	

Fuente: https://www.thermalproducts.com

Cada hora el tanque de recepción se llenará 3 veces, con el fin de garantizar la continuidad del proceso.

11. Tanque de almacenamiento del jugo de limón

Posterior a la pasteurización, el jugo de tomate se almacena en un tanque mientras se espera agregarlo al tanque de mezclado. Las características del tanque es la siguiente:

Tabla 35. Características del tanque de almacenamiento temporal de jugo de tomate

Volumen tanque	152.88	L
Diámetro interior	0.60	m
Volumen del fondo toriesférico	21.53	L

El tanque tendrá la capacidad de almacenar temporalmente el flujo volumétrico de jugo de limón por hora, para satisfacer las necesidades del tanque de mezclado.

12. Tanque de mezclado

De acuerdo al balance de materia, el flujo másico de la mezcla es igual a 1789.92 kg/h, por lo cual, el tanque se llenará tres veces durante una hora, con fin de facilitar el mezclado. Las características del tanque de mezclado, es la siguiente:

Tabla 36. Características del tanque de mezclado

Volumen del tanque	696.64	L
Fondo toriesférico	70.03	L
Diámetro del tanque	0.89	m
Agitador	Rodete de palas planas.	
Placas deflectoras	Cuatro placas deflectoras Ancho de 1/12 del diámetro del tanque	
Potencia	213.00	W

Finalizado el mezclado, el líquido puede contener partículas sólidas de azúcar y materiales extraños, por lo que se hace necesario filtrarla.

13. Filtrado

El filtrado de la mezcla se realiza en filtros de cartucho de 20 micras y 30 micras, con el fin de retener toda partícula extraña presente en el líquido.

Tabla 37. Características de filtros de cartucho

Modelo filtro 20 micras	Hydronix SDC-45-2020	
Modelo filtro 20 micras	Hydronix SDC-45-2030	
Material	Polipropileno	
Dimensiones	11.43 D x 50.8 L	cm
Rango de temperatura	7 a 63	^{o}C
Flujo	75	l/min

Fuente: https://www.allfilters.com

14. Pasteurización de la mezcla

La mezcla se deposita en un tanque antes de entrar al pasteurizador de placas, con el fin de garantizar la continuidad del proceso.

Tabla 38. Características del pasteurizador de placas para la mezcla

Volumen del tanque de recepción	593.33	L
Volumen del fondo toriesférico	64.45	L
Diámetro del tanque de recepción	0.86	m
Modelo	SB2	
Tipo	Placas	
Temperatura vapor saturado	169.9	^{0}C
Temperatura de entrada del líquido	30	^{0}C
Temperatura del agua de enfriamiento	29	^{0}C
Área de transferencia de calor	0.94	m2
Número total de placas	68	

Fuente: https://www.thermalproducts.com

Posteriormente, la mezcla se traslada a la máquina envasadora y etiquetado de las botellas de 500 ml.

15. Tanque de almacenamiento de la bebida

Posterior a la pasteurización, la bebida se almacena en un tanque mientras se espera su envasado. Las características del tanque es la siguiente:

Tabla 39. Características del tanque de almacenamiento de bebida

Volumen tanque	1,850.00	L
Diámetro interior	1.24	m
Volumen del fondo toriesférico	190.13	L

16. Bombas centrífugas

A continuación, se mencionan las diferentes bombas centrífugas presentes en el proceso de productivo:

Tabla 40. Características de bombas

Ubicación	Cantidad	Características
Pasteurizador a tanque de almacenamiento del jugo de tomate	1	Modelo TE 5.5 Potencia 0.4 hp Eficiencia 42% NPSHr 2.1 m n 3450 rpm Conexión de succión 25.40 mm Conexión de descargar 19.05 mm Diámetro del impulsor 80.95 mm
Pasteurizador a tanque de almacenamiento del jugo de limón	1	Modelo TE 5.5 Potencia 0.4 hp Eficiencia 42% NPSHr 2.1 m n 3450 rpm Conexión de succión 25.40 mm Conexión de descargar 19.05 mm Diámetro del impulsor 80.95 mm
Tanque de almacenamiento a tanque de mezcla (jugo de limón, jugo de tomate y agua potable)	3	Modelo TE 5.5 Potencia 0.6 hp Eficiencia 60% NPSHr 6 m n 3450 rpm Conexión de succión 25.40 mm Conexión de descargar 19.05 mm Diámetro del impulsor 80.95 mm
Tanque de mezcla al filtrado	1	Modelo TE 5.5 Potencia 0.45 hp Eficiencia 46% NPSHr 4 m n 3450 rpm Conexión de succión 25.40 mm

		Conexión de descargar	19.05	mm
		Diámetro del impulsor	80.95	mm
Pasteurizador de la mezcla al tanque de almacenamiento	1	Modelo TE 5.5		
		Potencia 0.3 hp		
		Eficiencia 30%		
		NPSHr 3 m		
		n 3450 rpm		
		Conexión de succión	25.40	mm
		Conexión de descargar	19.05	mm
		Diámetro del impulsor	80.95	mm
Bombeo del agua de pozo	1	Modelo TE 5.5		
		Potencia 0.54 hp		
		Eficiencia 55%		
		NPSHr 5.1 m		
		n 3450 rpm		
		Conexión de succión	25.40	mm
		Conexión de descargar	19.05	mm
		Diámetro del impulsor	80.95	mm

Fuente: (Mott, Mecánica de fluidos, 2006)

17. Equipos auxiliares

Para la generación de vapor saturado a 120 PSI, se seleccionó la siguiente caldera pirotubular:

Tabla 41. Características de la caldera pirotubular

CARACTERÍSTICAS	30 BHP A GAS
Tipo	Pirotubular
POTENCIA MÁXIMA	0.4716 hp
TIPO DE COMBUSTIBLE	GAS NATURAL - GLP
PRESIÓN DE TRABAJO MÁXIMO	120 PSI
PRODUCCIÓN DE VAPOR/HORA	1035 LB/H

Pasos	3
CONEXIÓN AGUA	TANQUE DE CONDENSADOS Y BOMBA
CONEXIÓN ACPM	1/4” NPT
CONEXIÓN VAPOR	1” NPT
DIÁMETRO DEL DUCTO DE SALIDA DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN	10” PULGADAS
CONTROL DE AGUA	ELECTRÓNICO POR ELECTRODOS

Fuente: https://www.gasygasmed.com

Para el agua de enfriamiento utilizado en los intercambiadores de placa, se selección la siguiente torre de enfriamiento:

Tabla 42. Características de la torre de enfriamiento

Modelo	PMS 6/130	
Volumen de agua	0.57	m3
Altura	2860	mm
Ancho	1400	mm

Fuente: https:// www.torraval.com

Para el tratamiento de agua del pozo y almacenamiento del agua potable, se tiene un tanque para ambos casos:

Tabla 43. Características del tanque de agua

Volumen de agua	5,000	L
Altura	189	cm
Diámetro	203	cm
Material	Polietileno	

El dosificador de cloro, tiene las siguientes características:

Tabla 44. Características del dosificador de cloro

Flujo de agua	1,500	L/min
Frecuencia de operación	50 a 100	Hz
Presión de trabajo	4	Bar
Modelo	DMH 25X	

Fuente: https://mx.grundfos.com

El filtro de carbón activado, tienen las siguientes características:

Tabla 45. Características del carbón activado

Flujo de agua	66.90	L/min
Volumen del tanque	0.23	M3
Dimensiones	45.72 x 165.1	DxH
Modelo	18″ x 65″	
Material	Carbón activado de concha de coco	

Fuente: https://www.carbotecnia.info

La máquina llenadora y tapadora, es la siguiente:

Tabla 46. Características de la maquina llenadora y tapadora

Modelo	ODM-VS/8	
Capacidad	1,000 a 5,000	Botellas
Sistema de trabajo	Volumétrica	
Botella	Vidrio, plástico, PET, PE	
Dimensiones	1,200 x 1,500 x 2,800	Ancho x largo x altura

Para colocar la etiqueta, se tienen la siguiente máquina:

Tabla 47. Características de la máquina etiquetadora

Modelo	8/480 H	
Capacidad	3,000 a 10,000	Botellas
	Etiquetadora de cola caliente	
Botella	100, 330, 500 y 1000	ml

Fuente: www.machinepoint.com

a. Requerimientos de personal

El talento humano que requiere la planta industrial es tanto calificada como no calificada, de acuerdo a la responsabilidad asignada. En el caso del personal ubicado en la producción, será necesario realizar capacitaciones sobre el uso y cuido de los equipos. En las siguientes tablas se detalla el personal involucrado:

Tabla 48. Mano de obra del proceso de producción

MO directa	Cantidad	Observación
Calificada		
Operadores de producción	6	Equipos y maquinarias
Responsable de mantenimiento	1	Reparación preventiva y correctiva (si aplica)
No Calificada		
Operaciones de embalaje	1	Bodega
Operarios	18	Descarga de cajillas y selección de tomates y limones
MO indirecta		
Jefe de producción	1	
Supervisor de calidad	1	
Total	**28**	

b. Estimación del capital fijo total

5.5.1. Costo total de los equipos y auxiliares en la planta

La inversión en equipos y auxiliares para el proceso productivo, es la siguiente:

Tabla 49. Estimación de la inversión en equipos y auxiliares

Equipo	Característica principal	Unidad	Costo (USD)	Observación
Mesa de recepción con extremo trapecio isósceles inclinación 30 grados	L: 163.3 cm A: 163.3 cm H: 1.2 acero inoxidable	2	540.00	Equipo nacional No requiere instalación
Banda transportadora para los tomates (lavado y escaldado)	A banda: 50 cm L: 1000 cm	1	16,465.00	Equipo internacional Requiere instalación
Tina para lavado de tomates	L: 448.4 cm A: 51 cm	2	360.00	Equipo nacional Requiere instalación
Despulpador	Tolva: 0.56 m3 R: 0.47 m H: 0.6 m P: 0.15 HP	1	420.00	
Tanque enchaquetado con agitador	V: 193.23 L e: 62.44 mm D: 0.62 m P: 35.78 W	1	3,500.00	
Tanque almacenamiento del jugo de tomate	V: 286.46 L	1	650.00	
Banda transportadora para los limones (lavado)	A banda: 50 cm L: 178.9 cm	1	8,255.00	Equipo internacional Requiere instalación

Mesa de recepción con extremo trapecio isósceles inclinación 30 grados	L: 182.43 cm A: 51 cm H: 1.2 Stop: acero inoxidable	1	540.00	Equipo nacional No requiere instalación
Pelador para limones	Tolva: 0.20 m3 R: 0.47 m H: 0.60 m P: 96.78 W	1	750.00	
Molino de rodillos	D rodillos: 400 mm P: 0.31 kW	1	1,650.00	
Filtro prensa	Dimensiones de las placas: 6x6 mm Número de placas: 5 P: 42 W	1	3,221.00	Equipo internacional Requiere instalación
Desgasificador	V: 117.79 L D: 0.70 m	1	1,500.00	Equipo nacional Requiere instalación
Intercambiador de placas con tanque de almacenamiento	A TdQ: 0.13 m2	1	2,274.00	Equipo internacional Requiere instalación
Tanque almacenamiento del jugo de limón	V: 152.88 L	1	650.00	Equipo nacional Requiere instalación
Tanque con agitador	V: 696.64 L D: 0.89 m P: 213 W	1	3,000.00	
Filtros 20 micras	SDC-45-2020	1	5,500.00	Equipo internacional Requiere instalación
Filtros 30 micras	SDC-45-2030	1	5,500.00	
Intercambiador de placas con tanque de almacenamiento	A TdQ: 0.94 m2	1	2,274.00	

Tanque de almacenamiento de bebida	V: 1,850 L D: 1.24 m	1	2,400.00	Equipo nacional Requiere instalación
Bombas centrífugas	P: 298.28 W r: 3450 rpm	3	230.00	Compra nacional Requiere instalación
	P: 447.42 W r: 3450 rpm	3	230.00	
	P: 335.56 W r: 3450 rpm	2	230.00	
Caldera pirotubular	30 BHP a GLP P: 120 PSI	1	95,000.00	Equipo internacional Requiere instalación
Torre de enfriamiento	V: 0.57 m3 PMS 6/130	1	65,000.00	
Tanque almacenamiento de agua	V: 5,000 L	2	250.00	Equipo nacional Requiere instalación
Dosificador de cloro	V: 1,500 l/min DMH 25X	1	1,250.00	
Tanque de carbón activado	Flujo: 66.9 l/min V: 0.23 m3	1	3,560.00	
Máquina llenadora y tapadora	Capacidad: 1,000 a 5,000 botellas ODM-VS/8	1	78,000.00	Equipo internacional Requiere instalación
Máquina etiquetadora	Capacidad: 3,000 a 10,000 botellas 8/480 H	1	21,000.00	
Total (USD)		**37**	**324,199.00**	

De acuerdo a la tabla anterior, el proceso de producción requiere un total de 37 equipos y auxiliares para su adecuada operación, esto equivale a USD 324,199.00.

5.5.2. Inversión fija total

En la siguiente tabla se presenta la inversión fija total:

Tabla 50. Estimación de la inversión de capital fijo

CONCEPTO	PORCENTAJE APLICADO AL C.E.P.P	COSTO ESTIMADO (USD)
Costos directos		
C. de equipos y auxiliares	100%	302,489.00
C. CIF (10% * C.E.A.)	10%	30,248.90
Subtotal costo de equipos puesto en planta (C.E.P.P)		**353,367.90**
C. de instalación	47%	166,082.91
C. Instrumentos y control	36%	127,212.44
C. tubería y accesorios	68%	240,290.17
C. instalación eléctrica	11%	38,870.47
C. edificios	18%	63,606.22
C. mejoras del terreno	10%	35,336.79
C. servicio	70%	247,357.53
Costos total directos		**1,272,124.44**
Costos indirectos		
C. ingeniería y supervisión	33%	116,611.41
C. construcción	41%	144,880.84
C. seguros e impuestos de construcción	4%	14,134.72
C. honorarios de los contratistas	22%	77,740.94
Gastos imprevistos	44%	155,481.88

Costos total indirectos	**508,849.78**
Inversión de capital fijo (USD)	**1,780,974.22**

De la tabla anterior, el costo de equipos y auxiliares son los aquellos que no se pueden adquirir a nivel nacional (ver tabla 45). El costo de equipos puesto en planta, contempla el costo de equipos auxiliares, costo CIF y costo de los equipos que requieren o no instalación (ver tabla 45). *Se estima una inversión de capital fijo de* ***USD 1, 780, 974.22***

c. Estimación del costo de producción

5.6.1. Costo de materia prima e insumos

Los costos de materia prima e insumos, se presentan a continuación:

Tabla 51. Costos unitarios de materia prima e insumos

Precios	Valor	Unidad	Observación
Tomate	0.68	USD/kg	Reporte estadística precios MIFIC
Limón	1.09	USD/kg	Reporte estadística precios APEN
Hipoclorito de sodio	0.1	USD/kg	Distribuidora El Caribe
Azúcar	0.26	USD/kg	Reporte estadística precios MIFIC
Cloruro de sodio	0.07	USD/kg	Distribuidora El Caribe
Bicarbonato de sodio	0.48	USD/kg	Distribuidora El Caribe
Botellas 500 ml	0.12	USD/ud	https://spanish.alibaba.com
Rollo embalaje (5,800 m)	65.7	USD/ud	
Tapas	0.05	USD/ud	

Los días laborales en Nicaragua se estiman en 270 días (Calero, 2018). Realizando una estimación de tiempo y movimiento, se determinó que el tiempo de para envasar 3,500 botellas/h, es de 4 horas, por lo que, en 8 horas laborales se realizan 6 procesos.

De los resultados del balance de materia y energía, se realizaron las siguientes estimaciones. El costo de materia prima e insumo, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 52. Costo de materia prima e insumos

Concepto	Consumo anual (lkg/h)	Anual (kg/año)	Costo anual (USD)
Tomate	213.59	346,011.34	235,419.72
Limón	133.85	216,830.37	236,043.80
Hipoclorito de sodio	0.14	219.55	21.96
Azúcar	78.72	127,534.46	33,739.27
Sal	1.79	2,898.51	197.21
Bicarbonato de sodio	1.79	2,898.51	1,380.46
Envasado y embalaje		**Anual (unidades)**	
Botellas PET 500 ml	3,500.00	5,670,000	680,400.00
Tapas roscas	3,500.00	5,670,000	283,500.00
Paquetes 12 ud (embalados)		472500	
Rollo embalaje		81	5,321.70
Costo total (USD/año)			**1,476,024.12**

De la tabla anterior, se estima un costo total anual en materia prima e insumos de USD 1,476,024.12.

5.6.2. Costo de mano de obra y beneficios sociales

En la siguiente tabla se presentan los costos relacionados a la mano de obra y beneficios sociales de ley:

Tabla 53. Costo de mano de obra y beneficios sociales

Concepto	Cantidad	Salario unitario mensual (U$D)	Salario mensual total (U$D)	salario anual (U$D)	Inss 21.5% (U$D)	Inatec 2% (U$D)	Vacaciones (U$D)	Terceavo mes (U$D)	Beneficios sociales (U$D)
Jefe de producción	1	550	550.00	6,600.00	118.25	11.00	550.00	550.00	2,651.00
Supervisor de calidad	1	400	400.00	4,800.00	86.00	8.00	400.00	400.00	1,928.00
Subtotal MO indirecta	**2**		**950.00**	**11,400.00**	**204.25**	**19.00**	**950.00**	**950.00**	**4,579.00**
Operadores de producción	6	210	1,260.00	15,120.00	270.90	25.20	1,260.00	1,260.00	6,073.20
Responsable de Mantenimiento	1	300	300.00	3,600.00	64.50	6.00	300.00	300.00	1,446.00
Operario de embalaje	1	200	200.00	2,400.00	43.00	4.00	200.00	200.00	964.00
Operarios	18	120	2,160.00	25,920.00	464.40	43.20	2,160.00	2,160.00	10,411.20
Subtotal MO directa	**26**		**3,920.00**	**47,040.00**	**842.80**	**78.40**	**3,920.00**	**3,920.00**	**18,894.40**

5.6.3. Costo de producción

A continuación, se presenta la estimación de los costos de producción para un año de operación de la planta de bebidas isotónicas:

Tabla 54. Estimación del costo de producción

x	Porcentaje aplicado	Costo anual (USD)	Costo total anual (USD)
C. materia prima e insumos	100%	1,476,024.12	1,476,024.12
C. mano de obra	100%	47,040.00	47,040.00
C. supervisión e ingeniería	100%	11,400.00	11,400.00
C. mantenimiento y reparación	6%	C. equipos en planta	21,202.07
C. auxiliares y servicios	15%	C. MTTO	3,180.31
C. suministros de operación	15%	C. MTTO	3,180.31
Costo directos de producción (USD/año)			**1,562,026.82**
Gasto de laboratorio	15%	C. MO	7,056.00
Cargos a panillas	100%	23,473.40	23,473.40
Gastos generales de la planta	6%	C. MTTO	1,272.12
Costos indirectos de producción (USD/año)			**31,801.52**
Gasto de depreciación	10%	324,199.00	32,419.90
Gastos impuestos y seguros	3%	C. equipos en planta	10,601.04
Costos fijos de producción (USD/año)			**43,020.94**
Costo de producción (USD/año)			**1,636,849.28**

De acuerdo a la tabla anterior, los costos de producción para la elaboración de bebidas isotónicas de 500 ml para un año de operación, es de USD 1, 636, 849.28.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo número 1.

1) La tonicidad en las bebidas rehidratantes mantiene el equilibrio osmótico en los LIC y LEC, su objetivo es semejar la concentración de iones en el plasma sanguíneo con pH acido (Na+, Cl- y HCO3 determinan el volumen de los LEC, El K+ determina en gran parte el volumen de LIC,). una solucion conocida como suero fisiologico es la solucion salin al 0.9%

   Se obtuvo como resultado una bebida rehidratante con las siguientes características, acides pH = 3.92 Densidad de la bebida 1022.3 kg/m3, porcentaje de solidos solubles (azúcar) presentes en la sustancia es de 5 Brix a 20 grados C, Solidos Totales diseltos TDS 1450 (mg/l) De acuerdo a las normas técnicas aplicadas se dosifico de la siguiente maneraTomate 10.40%, Limon 3.% Agua Potable 82% del volumen, azúcar sin refinar 4.40% Sal Yodada 0.10% bicarbonato de sodio 0.10.

2) El proceso tecnológico propuesto para esta bebida rehidratante implica operaciones mecánicas tales como transporte, prensado, filtración, mezclado y transferencia de calor (operación unitaria), con el objetivo de conservar las propiedades nutritivas de la materia prima se plantearon las condiciones de operación de acuerdo a la resistencia térmica del tomate y limón.

De acuerdo al objetivo número 2.

Los equipos fueron dimensionados partiendo de una capacidad de producción de 28,000 botellas de 500 ml por día, equivalentes a 3,500 botellas por hora.

Con los datos obtenidos en el laboratorio se obtuvo un balance de masa inicial de 213.67 k/h de tomate eso equivale a 1810.79 tomates = 30.18 cajillas, se precesaran 30 tomates por minuto.
Limon 133.90 kg/h eso equivale 1539.07 limones, 25.65 cajillas, 26 limones por minuto

Volumen final de la bebida = 1789.03 kg/h (1750l/h), 14000 l/d
3500 unidades/h, 28000 unidades /d (8 horas de proceso)

De acuerdo al objetivo número 3

Se identificaron los costos anuales de producción tales como materia prima, mano de obra, equipos, costos administrativos, de la cual se obtuvo un estimado para el primer año de operación con una inversión inicial de USD 1, 636, 849.28.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda:

1. Realizar análisis bromatológico y microbiológico para determinar la vida útil del producto terminado, donde se valore la composición enzimática de acuerdo a las condiciones de conservación, empaque y almacenamiento y proceso de fabricación.

2. Aplicar las normas sanitarias centroamericanas para obtener los registros sanitarios correspondientes en cuanto a la elaboración y procesos de alimentos.

3. Realizar estudio de impacto ambiental con el objetivo de prevenir, mitigar y restaurar los daños que se puedan genera en torno a la planta procesadora de la bebida rehidratante.

4. Elaborar un estudio económico más completo, revisar los costos directos e Indirectos que no fueron tomados en cuenta, ajustar valores del salario mínimo nacional y de acuerdo a las especialidades proponer los salarios, explicar el punto de equilibrio, los estados resultados, balance general por rubro, aplicar técnicas financieras que comúnmente se utilizan para analizar la prefactibilidad y factibilidad del proyecto de inversión.

5. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, L. &. (2015). Diseño de una plata compacta industrial para la elaboración de refrescos y/o bebidas a base de azúcar y/o pulpa de frutas con capacidad productiva de 500 a 1000 Lts/hora. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas* , 15-150.

Aguilar, L. (2015). Diseño de una plata compacta industrial para la elaboración de refrescos y/o bebidas a base de azúcar y/o pulpa de frutas con capacidad productiva de 500 a 1000 Lts/hora. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*.

Asociación Española de Fabricantes de Zumos. (2011). *El libro del zumo.* España: Editorial Agrícola Española, S.A.

Baca Urbina, G. (2010). *Evaluacion de Proyectos* (Sexta Edicion ed.). México: The McGraw Hill.

Burke, L., Hawley, J., Wong, S., & Jeukendrup, A. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences, 29*, pp S17-S27.

Calero, M. (20 de junio de 2018). ¿Por qué los nicas son los que menos días trabajan en Centroamérica y cómo afecta esto al PIB? *La Prensa*. Obtenido de https://www.laprensa.com.ni/2018/04/13/economia/2402990-nicas-los-que-menos-dias-trabajan-en-centroamerica

Carro & Gonzalez. (2005). Diseño y Selección de Procesos. En R. C. Gómez, *Administración de las operaciones* (págs. 9-23). Mar de Plata.

Carro & Gonzalez. (2005). Diseño y Selección de Procesos. En R. C. Gómez, *Administración de las operaciones* (págs. pp 9-23). Mar de Plata.

Centro de Producción más Limpia de Nicaragua. (2009). Reporte de Priorización de Sectores de cara al CAFTA-DR - Frutas y Vegetales.

CIQUIME Argentina. (15 de noviembre de 2017). *Centro de Información Química para Emergencias*. Recuperado el Propiedades físicas y químicas, de http://www.ciquime.org/files/at004.pdf

Ciquime. (15 de noviembre de 2017). *Propiedades físicas y químicas.* Obtenido de ciquime.org.ar: http://www.ciquime.org.ar/files/at004.pdf

CODEX STAN 212-1999 . (01 de enero de 2001). Norma del codex para los azúcares.

CPML - Nicaragua. (2009). Reporte de Priorización de Sectores de cara al CAFTA-DR - Frutas y Vegetales.

Decreto 20-2017. (29 de noviembre de 2017). Sistema de Evaluación Ambiental de Permisos y Autorizaciones para el Uso Sostenible de los Recursos Naturales. *Diario Oficial La Gaceta N. 228*.

Direccion General de Publicaciones y Bibliotecas de la Secretaria de Educacion Publica y Editorial Trillas. (s.f.). Manual para educacion Agropecuaria, Frutas y Hortalizas. Trillas.

Domingo, A. (2006). Curso diseño de equipos e instalaciones. *(Curso*.

Ereev, S., & Patel, M. (2012). Standardized cost estimation for new technologies (SCENT) - methodology and tool. *Journal of Business Chemistry*, pp. 31 - 48.

Fenner Dunlop. (2009). *Conveyor handbook.*

Green, D., & Southard, M. (2018). *Perry´s Chemical Engineers´Handbook* (Ninth Edition ed.). EE.UU.: MCGraw-Hill Education.

Humphreys, K. (2005). *Prohect and cost engineer´s handbook* (Cuarta ed.). Estados Unidos de América: Marcel Dekker.

Incropera, F., Bergman, T., Lavine, A., & Dewitt, D. (2011). *Fundamentals of heat and mass transfer* (7ma edición ed.). USA: John Wiley & Sons.

Jeukendrup, A. (2011). Nutrition for endurance sports: marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of Sports Sciences, 29*(1), pp S91-S99.

Jiménez - Gutiérrez, A. (2003). *Diseño de procesos en ingeniería química.* Barcelona, España: Editorial REVENTÉ S.A.

Jiménez Gutiérrez, A. (2003). *Diseño de procesos en ingeniería química.* Barcelona, España: Editorial REVENTÉ S.A.

Kauman. (2006). *Conveyor Belt Design Manual.* España.

KAUMAN rubber technologies. (10 de 03 de 2019). *KAUMAN.* Obtenido de https://kauman.com

Martínez, J., & Rosado, C. (2006). *El libro blanco de la hidratación* (Primera ed.). España: Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación.

McCabe, W., Smith, J., & Harriorr, P. (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química* (Séptima edición ed.). México: McGraw-Hill interamericana.

MedlinePlus. (2011). *MedlinePlus*. Obtenido de Biblioteca Nacional de Medicina de EE.UU. [Online] : http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002350.htm

Medlineplus. (15 de noviembre de 2017). *MedlinePlus*. Obtenido de Biblioteca Nacional de Medicina de EE.UU.: http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002350.htm

Moss, D. (2004). *Pressure vessel design manual* (3ra edición ed.). USA: Elsevier.

Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas.* México: Pearson educación.

Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos* (Sexta edición ed.). México: Pearson Educación.

Murray, B. (2007). Hydration and Physical Performance. *Journal of the American College of Nutrition, 5*, pp 542S-548S.

NMX-k-329-1971 . (s.f.). Calidad para bicarbonato de sodio. México D.F., México .

NTC 1616. (05 de Junio de 1985). Bicarbonato de sodio. Colombia.

NTON 03 031-00. (11 de Julio de 2000). Norma sanitaria para la sal fortificada con yodo.

NTON 03 040 - 03. (09 de abril de 2003). Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense Sanitaria de Agua Envasada. Especificaciones de Calidad. Managua, Nicaragua.

NTON 03 076-08/RTCA 67.04.48:08. (24 de Mayo de 2010). Alimentos y bebidas procesados. Néctar de frutas. *La Gaceta No 96*.

Nutritional intake and gastrointestinal problems during competitive endurance events. (2012). *Medicine & Science in Sports & Exercise, 44*(2), pp 344–351.

Ocaña, E. Diseño de una planta despulpadora de frutas para proalimentos riobamba. *(Tesis de pregrado).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

Organizacion Mudial de la Salud. (2012). *http://www.who.int/es/.* Recuperado el 23 de Octubre de 2016, de http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2004/pr93/es/

Organizacion Mundial de la Salud OMS. (2006). *Guias para la calidad del agua potable* (Vol. 1).

Ori Y, Zingerman B, Bergman M, Bessler H, Salman H. (2015). *https://www.ncbi.nlm.nih.gov/.* Recuperado el 23 de 10 de 2016, de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25960222

Palacios, N., Franco, L., Manonelles, P., Manuz, B., & Villegas, J. (2008). Consenso sobre bebidas para el deportista. Composición y pautas de reposición de liquidos. *Archivos de medicina del deporte, 25*(126), pp 245-258.

Reglamento 543-2011. (3 de junio de 2018). NORMAS DE COMERCIALIZACIÓN A LAS QUE SE HACE REFERENCIA EN EL ARTÍCULO 3. *Diario Oficial de la Unión Europea*.

Rehrer, N. J. (2001). Fluid and Electrolyte Balance in Ultra-Endurance Sport. *Sports Medicine, 31*(10), pp 701–715.

Robey IF, Baggett BK, Kirkpatrick ND, Roe DJ, Dosescu J, Sloane BF, Hashim AI, Morse DL. (2009). *https://www.ncbi.nlm.nih.gov/.* Recuperado el 23 de 10 de 2016, de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19276390

Rosabal, J., & Valle, M. (1989). *Hidrodinámica y separaciones mecánicas.* Cuba: ISPJAM.

ROTRANS. (10 de 03 de 2019). Catálogo de rodillos. España.

Timmerhaus, K., & Petters, M. (2003). *Plant design and economics for chemical engineers* (Fifth Edition ed.). Estados Unidos de América: McGraw-Hill Inc.

Towler, G., & Sinnott, R. (2013). *Chemical engineering design* (Segunda ed.). Estados Unidos de América: Elsevier Ltd.

Ulrich, G. (1984). *A guide to chemical engineering process design and economics* (Primera ed.). Estados Unidos de América: John Wiley & Sons.

www.alimentos.org.es. (s.f.). Recuperado el Jueves de Octubre de 2016, de http://alimentos.org.es/nutrientes-tomate

Yesenia Villareal, D. F. (Julio-Diciembre de 2013). Efectos de pasteurización sobre características sensoriales y contenido de vitamina C en jugos de frutas. *Biotecnologia en el sector agropecuario y agroindustrial, 11 (2)*.

6. ANEXO

A. Datos experimentales de la elaboración de la bebida isotónica
B. Balance de materia y energía
C. Cálculo del dimensionamiento de equipos

A. Datos experimentales de la elaboración de la bebida isotónica

Tabla 55. Elaboración de 1000 g bebida isotónica

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Peso en g	Porcentaje
Limón	Unidad	1	87	
Cáscara de limón	Unidad	2	16	18%
jugo de limón	Unidad	1	29	33%
Pulpa limón	Unidad	2	42	48%
Tomate	Unidad	1	118	
Pulpa tomate	Unidad	1	14	12%
jugo de tomate	Unidad	1	104	88%

Tabla 56. Dimensiones tomates y limones

Limón	6.3	cm	Largo
	5.4	cm	Ancho
Tomate	8.4	cm	Largo
	7.4	cm	Ancho

Tabla 57. Propiedades térmicas

Jugo	Agua	T (C)	k (W/mC)	v (m2/s)	p (kg/m3)	Cp (kJ/kgC)	u (kg/ms)
Jugo de tomate	95.2	60.02	0.63		1006.3	4.079	
		90.02	0.653		987.2	4.1	
		77.50	0.643	2.24E-05	995.171	4.091	2.23E-02
		72.50	0.630	2.24E-05	998.354	4.091	2.23E-02
Jugo de limón		30	0.2954	1.07E-06	1032	3.85	1.10E-03

		45			1028		0.75
		80			1003		0.41
		62.50			1,015.50		0.58
Bebida isotónica experimental	82	30	0.602052	1.96E-05	1022.3	3.968956	2.01E-02

Tabla 58. Formulación de la bebida

Insumo	Peso g	Porcentaje
Azúcar	44	4.40%
Sal	1	0.10%
Bicarbonato	1	0.10%
jugo de tomate	104	10.40%
jugo de limón	30	3.00%
Agua	820	82.00%
Total	**1000**	100.00%

Densidad limón	664.51	kg/m3
Densidad tomate	380.23	kg/m3
D semilla tomate	3.2	mm

B. Balance de materia y energía

L11 (kg/h)	1,789.03	**Envasado**	1,789.03	B (kg/h)
L10 (kg/h)	1,789.03	**Pasteurizado**	1,789.03	L11 (kg/h)
				$L_9 = L_{10} + I$
L9 (kg/h)	1,789.92	**Filtrado**	1,789.03	L10 (kg/h)
			0.89	I (kg/h)
L3 (kg/h)	186.15			
L8 (kg/h)	53.70			$L_3 + L_8 + L_{12} + S_7 + S_8 + S_9 = L_9$
L12 (l/h)	1,467.73	**Mezclado**	1,789.92	L9 (kg/h)
S7 (kg/h)	78.76			
S8 (kg/h)	1.79			
S9 (kg/h)	1.79			
L2 (kg/h)	186.15	**Almacenamiento**	186.15	L3 (kg/h)
L1 (kg/h)	186.15	**Pasteurizado**	186.15	L2 (kg/h)
				$S_3 = L_1 + P_1$
S3 (kg/h)	211.54	**Despulpado**	186.15	L1 (kg/h)
			25.38	P1 (kg/h)

S2 (kg/h)	211.54	**Escaldado**	211.54	S3 (kg/h)
				$S_1 = S_2 + D_1$
S1 (kg/h)	213.67	**Selección y lavado**	211.54	S2 (kg/h)
			2.14	D1 (kg/h)
L7 (kg/h)	53.70	**Almacenamiento**	53.70	L8 (kg/h)
L6 (kg/h)	53.70	**Pasteurizado**	53.70	L7 (kg/h)
L5 (kg/h)	53.70	**Desaereado**	53.70	L6 (kg/h)
				$L_4 = L_5 + P_2$
L4 (kg/h)	56.52	**Filtración**	53.70	L5 (kg/h)
			2.83	P3 (kg/h)
				$S_6 = L_4 + P_2$
S6 (kg/h)	108.70	**Extracción**	56.52	L4 (kg/h)
			52.18	P2 (kg/h)
				$S_5 = S_6 + C_1$
S5 (kg/h)	132.56	**Pelado**	108.70	S6 (kg/h)
			23.86	C1 (kg/h)
				$S_4 = S_5 + D_2$
S4 (kg/h)	133.90	**Selección y lavado**	132.56	S5 (kg/h)
			1.34	D2 (kg/h)

1,539.07	**Cantidad limón**	**25.65**	Cajillas limón
1,810.79	**Cantidad tomate**	**30.18**	Cajillas tomate

26	**Cantidad limón/min**
30	**Cantidad tomate/min**

Consumo de agua tomate

S1 (kg/h)	213.67	**Selección y lavado**	211.54	S2 (kg/h)

Cambio de agua	20.00	**min**	Ca
Cambios totales agua	3.00	**Ciclos/h**	Cta=60/Ca
Consumo agua lavado	1,264.66	**l/h**	Cal=Cta*Vatomlav
Concentración cloro	100.00	mg/l	Cl
Consumo cloro	126.47	**g/h**	Ccl=Cl*Cal

S2 (kg/h)	211.54	**Escaldado**	211.54	S3 (kg/h)

Cambio de agua	5.00	**min**	Ca
Cambios totales agua	12.00	**Ciclos/h**	Cta=60/Ca
Entrada agua (l/h)	5,058.64		Cal=Cta*Vatomescal
Vapor saturado (kg/h)	436.25		

L1 (kg/h)	186.15	**Pasteurizado**	186.15	L2 (kg/h)
Vapor saturado (kg/h)	14.13		14.13	Condensado (kg/h)
Agua enfriamiento (l/h)	1,933.15		1,933.15	l/h

Consumo de agua limón

S4 (kg/h)	133.90	**Selección y lavado**	132.56	S5 (kg/h)
Cambio de agua	20.00	**min**	Ca	
Cambios totales agua	3.00	**Ciclos/h**	Cta=60/Ca	
Consumo agua lavado	90.59	**l/h**	Cal=Cta*Valimlav	
Concentración cloro	100.00	**mg/l**	Cl	
Consumo cloro	9.06	**g/h**	Ccl=Cl*Cal	

Presión de vapor (psig)	100.00			
	689.48	kPa		
S2 (kg/h)	211.45	Escaldado	211.45	S3 (kg/h)

Qv =	calor cedido (aportado o perdido) por el vapor		
mv =	masa del vapor		
□tv =	variación de temperatura del vapor		
□v =	calor latente del vapor (a 114.69 psia)	2,048.91	kJ/kg
Qa =	calor ganado (o requerido) por el agua		
Ca =	caudal de agua	5,058.64	l/h
□a =	densidad del agua	1,000.00	kg/m^3
Cpa =	calor específico del agua	4.18	kJ/Kg C
tai=	temperatura inicial del agua	25.00	C
taf=	temperatura final del agua	75.00	C
□t =	variación de temperatura del agua	50.00	C
tvi=	temperatura del vapor saturado	169.93	C
tvf=	temperatura del condensado	75.00	C
□tv =	variación de temperatura del vapor condensado	94.93	C
Qv = mv □v + mv Cpa □tv	Calor que cede el vapor durante la condensación más el calor cedido por el vapor condensado		

Qa = ma Cpa □t	Calor que absorve el agua	1,058,267.85	kj/h		
Qv = Qa+QT					

mv = (ma Cpa □t+mCp□t) / (□v + Cpa □tv)

ma =	caudal de agua x densidad del agua				
ma [kg/h] =	Ca [l/min] x 1 m^3/1000 L x 1000 kg/ 1 m^3 =	5,058.64	kg/h		
mv [kg/h] =		436.24	kg/h	7.27	l/min
Qv=		1,067,095.95	kJ/h		
mt=ma + mv =		5,494.89	kg/h		
		91.58	l/min		

Calor necesario para elevar la temperatura del tomate

QT=mCp □t

QT=	Calor necesario para elevar la temperatura del tomate		kJ/h
m=	Flujo másico de tomate	211.45	S2 (kg/h)
Cp	Capacidad calorífica del tomate	1.67	kj/kgC
ti	Temperatura inicial del tomate	30.00	C
tf	Temperatura media final estimada del tomate	55.00	C

QT		8,828.09	kJ/h	
L1 (kg/h)	186.08	Pasteurizado	186.08	L2 (kg/h)
Qv =	calor cedido (aportado o perdido) por el vapor			
mv =	masa del vapor			
□tv =	variación de temperatura del vapor			
□v =	calor latente del vapor (a 114.69 psia)	2,048.91	kJ/kg	
Qa =	calor ganado (o requerido) por el jugo de tomate			
Ct =	caudal de jugo de tomate	186.08	kg/h	
□a =	densidad del jugo de tomate	980.00	kg/m^3	
Cpt =	calor específico del jugo de tomate	3.95	kJ/Kg C	Orrego, Carlos. Procesamiento de alimentos. 2003. Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia. Colombia
Cpa =	calor específico del agua	4.18	kJ/Kg C	
tai=	temperatura inicial del jugo de tomate	55.00	C	
taf=	temperatura final del jugo de tomate	100.00	C	

□t =	variación de temperatura del jugo de tomate	45.00	C		
tvi=	temperatura del vapor saturado	169.93	C		
tvf=	temperatura del condensado	100.00	C		
□tv =	variación de temperatura del vapor condensado	69.93	C		
Qv = mv □v + mv Cpa □tv	Calor que cede el vapor durante la condensación más el calor cedido por el vapor condensado				
Qa = mt Cpt □t	Calor que absorve el jugo de tomate	33,075.22	kJ/h	9.19	kJ/s
Qv = Qa					
mv = ma Cpa □t / (□v + Cpa □tv)					
mv [kg/h] =		14.13	kg/h		

Enfriamiento

Qa =	calor ganado (o requerido) por el agua		
ma =	masa de agua		
tai=	temperatura inicial del agua	29.00	C
taf=	temperatura final del agua	34.00	C

□t =	variación de temperatura del agua	5.00	C
QT=	calor cedido por el jugo de tomate		
Ct =	caudal de jugo de tomate	186.08	kg/h
□a =	densidad del jugo de tomate	980.00	kg/m^3
Cpt =	calor específico del jugo de tomate	3.95	kJ/Kg C
Cpa =	calor específico del agua	4.18	kJ/Kg C
tai=	temperatura inicial del jugo de tomate	100.00	C
taf=	temperatura final del jugo de tomate	45.00	C
□t =	variación de temperatura del jugo de tomate	55.00	C

Qa = ma Cpa □tv	Calor que absorve el agua				
QT = mt Cpt □t	Calor que cede el jugo de tomate	40,425.27			
QT = Qa					
ma = mt Cpt □t / (Cpa □tv)					
ma [kg/h] =		1,932.37	kg/h	1.97	m3/h

Limón				
L6 (kg/h)	53.68	Pasteurizado	53.68	L7 (kg/h)
Qv =	calor cedido (aportado o perdido) por el vapor			
mv =	masa del vapor			
□tv =	variación de temperatura del vapor			
□v =	calor latente del vapor (a 114.69 psia)	2,048.91	kJ/kg	
Qa =	calor ganado (o requerido) por el jugo de limón			
Ct =	caudal de jugo de limón	53.68	kg/h	
□a =	densidad del jugo de limón	1,003.00	kg/m^3	
Cpt =	calor específico del jugo de limón	3.85	kJ/Kg C	Alvarado, Juan. Principios de Ingeniería Aplicados en Alimentos. 2013. Ecuador
Cpa =	calor específico del agua	4.18	kJ/Kg C	
tai=	temperatura inicial del jugo de limón	30.00	C	
taf=	temperatura final del jugo de limón	92.00	C	
□t =	variación de temperatura del jugo de limón	62.00	C	

tvi=	temperatura del vapor saturado	169.93	C
tvf=	temperatura del condensado	92.00	C
□tv =	variación de temperatura del vapor condensado	77.93	C

Qv = mv □v + mv Cpa □tv	Calor que cede el vapor durante la condensación más el calor cedido por el vapor condensado	
Qa = mt Cpt □t	Calor que absorve el jugo de limón	12,812.49
Qv = Qa		

mv = ma Cpa □t / (□v + Cpa □tv)

mv [kg/h] =	5.39	kg/h

Enfriamiento

Qa =	calor ganado (o requerido) por el agua		
ma =	masa de agua		
tai=	temperatura inicial del agua	29.00	C
taf=	temperatura final del agua	34.00	C
□t =	variación de temperatura del agua	5.00	C

QT=	calor cedido por el jugo de limón		
Ct =	caudal de jugo de limón	53.68	kg/h
□a =	densidad del jugo de limón	1,028.00	kg/m^3
Cpt =	calor específico del jugo de limón	3.95	kJ/Kg C
Cpa =	calor específico del agua	4.18	kJ/Kg C
tai=	temperatura inicial del jugo de limón	92.00	C
taf=	temperatura final del jugo de limón	45.00	C
□t =	variación de temperatura del jugo de limón	47.00	C

Qa = ma Cpa □tv Calor que absorve el agua

QT = mt Cpt □t Calor que cede el jugo de limón 9,964.97

QT = Qa

ma = mt Cpt □t / (Cpa □tv)

ma [kg/h] =		476.34	kg/h	0.46	m3/h
L10 (kg/h)	1,789.03	Pasteurizado	1,789.03	L11 (kg/h)	

Qv =	calor cedido (aportado o perdido) por el vapor			
mv =	masa del vapor			
□tv =	variación de temperatura del vapor			
□v =	calor latente del vapor (a 114.69 psia)	2,048.91	kJ/kg	
Qa =	calor ganado (o requerido) por la mezcla			
Ct =	caudal de la mezcla	1,789.03	kg/h	
□a =	densidad de la mezcla	1,022.30	kg/m^3	
Cpt =	calor específico de la mezcla	4.01	kJ/Kg C	Alvarado, Juan. Principios de Ingeniería Aplicados en Alimentos. 2013. Ecuador
Cpa =	calor específico del agua	4.18	kJ/Kg C	
tai=	temperatura inicial de la mezcla	30.00	C	
taf=	temperatura final de la mezcla	95.00	C	
□t =	variación de temperatura de la mezcla	65.00	C	
tvi=	temperatura del vapor saturado	169.93	C	
tvf=	temperatura del condensado	95.00	C	
□tv =	variación de temperatura del vapor condensado	74.93	C	

Qv = mv □v + mv Cpa □tv	Calor que cede el vapor durante la condensación más el calor cedido por el vapor condensado		
Qa = mt Cpt □t	Calor que absorve el jugo de limón	466,815.50	
Qv = Qa			
mv = ma Cpa □t / (□v + Cpa □tv)			
mv [kg/h] =		197.60	kg/h
Enfriamiento			
Qa =	calor ganado (o requerido) por el agua		
ma =	masa de agua		
tai=	temperatura inicial del agua	29.00	C
taf=	temperatura final del agua	34.00	C
□t =	variación de temperatura del agua	5.00	C
QT=	calor cedido por la mezcla		
Ct =	caudal de la mezcla	1,789.03	kg/h
□a =	densidad de la mezcla	1,022.30	kg/m^3
Cpt =	calor específico de la mezcla	4.01	kJ/Kg C
Cpa =	calor específico del agua	4.18	kJ/Kg C

tai=	temperatura inicial de la mezcla	95.00	C		
taf=	temperatura final de la mezcla	85.00	C		
□t =	variación de temperatura de la mezcla	10.00	C		
Qa = ma Cpa □tv	Calor que absorve el agua				
QT = mt Cpt □t	Calor que cede el jugo de limón	71,817.77	kj/h		
QT = Qa					
ma = mt Cpt □t / (Cpa □tv)					
ma [kg/h] =		3,432.97	kg/h	3.36	m3/h
Consumo total de vapor					
mvT		653.37	kg/h		
Consumo agua enfriamiento					
mat		5,841.68	kg/h		