

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PASTA DE CHILE
HABANERO, MEDIANTE FERMENTACIÓN ÁCIDO LÁCTICA

Tema monográfico presentado por:

Br. Allison Molina Galeano
Br. Anayka Reyes García

Para optar al título de:

Ingeniero Químico

Tutor:

MGPD. Ing. Silvano Cruz Sánchez

Managua, enero 2021

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo monográfico nuestras madres y a nuestras abuelas (q.e.p.d), puesto que nos brindaron apoyo y fortaleza en el desarrollo y transcurso de nuestras vidas, velando por nuestro bienestar y formación como profesionales, ayudándonos a concluir satisfactoriamente nuestra carrera.

Allison Molina & Anayka Reyes

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a Dios por habernos regalado la vida y la sabiduría para concluir nuestros estudios. A nuestras madres y nuestras abuelas por su apoyo incondicional alentándonos a continuar con nuestra formación.

A nuestro tutor MGPD. Ing. Silvano Cruz Sánchez por su total apoyo y orientación en la elaboración de nuestra monografía.

Agradecemos también a todos los maestros de la Facultad de Ingeniería Química, por su ardua labor de enseñanza, en especial al profesor Alejandro Hernández responsable del laboratorio de alimentos de la facultad de ingeniería química.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| I. Resumen | 5 |
| II. Introducción | 6 |
| III. Objetivos | 7 |
| 3.1. Objetivo General | 7 |
| 3.2. Objetivos Específicos | 7 |
| IV. Marco teórico | 8 |
| 4.1. Generalidades del fruto de chile..... | 8 |
| 4.2. Escala de Scoville..... | 8 |
| 4.3. Chile Habanero..... | 10 |
| 4.4. Secuencia de la fermentación natural..... | 10 |
| 4.5. Concentrados o Pastas..... | 13 |
| 4.6. Capacidad de producción..... | 14 |
| 4.7. Etapas del diseño de una planta de alimentos | 14 |
| 4.8. Hortalizas fermentadas | 16 |
| 4.9. Costos de producción..... | 16 |
| 4.10. Plan de manejo ambiental | 19 |
| V. METODOLOGÍA | 21 |
| 5.1. Control de calidad de la materia prima, insumos y producto terminado . | 21 |
| 5.2. Descripción del proceso de producción..... | 22 |
| 5.3. Capacidad de producción..... | 25 |
| 5.4. Balance de materia | 25 |
| 5.5. Dimensionamiento de equipos | 26 |
| 5.6. Distribución de la planta..... | 42 |
| 5.7. Estimación de costo del producción y talento humano. | 42 |
| 5.8. Plan de medidas ambientales | 44 |
| VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 46 |
| 6.1. Parámetros de calidad de la materia prima..... | 46 |
| 6.2. Parámetros de calidad de los insumos..... | 46 |
| 6.3. Parámetros de calidad del producto terminado | 47 |
| 6.4. Selección y dimensionamiento de equipos..... | 48 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 6.5. | Esquema tecnológico..... | 53 |
| 6.6. | Vista de planta..... | 54 |
| 6.7. | Talento humano del proceso de producción | 55 |
| 6.8. | Estimación del capital fijo total..... | 56 |
| 6.9. | Costo de producción..... | 57 |
| 6.10. | Plan de medidas ambientales | 59 |
| VII. | CONCLUSIONES | 63 |
| VIII. | RECOMENDACIONES..... | 64 |
| IX. | BIBLIOGRAFÍA | 65 |
| X. | ANEXOS..... | 69 |

LISTA DE TABLA

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1 Escala Scoville.</i> | 9 |
| <i>Tabla 2. Concentración en términos cuantitativos</i> | 13 |
| <i>Tabla 3. Prevención y Mitigación.</i> | 20 |
| <i>Tabla 4 Compensación</i> | 20 |
| <i>Tabla 5. Datos para el diseño de equipos de proceso</i> | 27 |
| <i>Tabla 6. Valores de velocidad recomendados</i> | 28 |
| <i>Tabla 7. Valores estándar de ancho de banda</i> | 28 |
| <i>Tabla 8. Diámetro de los rodillos según arreglo del transportador</i> | 29 |
| <i>Tabla 9. Estimación del área de sección transversal del flujo de carga</i> | 30 |
| <i>Tabla 10. Parámetros de diseño para tanques</i> | 33 |
| <i>Tabla 11. Procedimiento de estimación de costos</i> | 42 |
| <i>Tabla 12. . Valores de los atributos de impactos para realizar la evaluación cualitativa</i> | 44 |
| <i>Tabla 13. Características físicas y químicas de la sal fina.</i> | 46 |
| <i>Tabla 14. Parámetros del agua potable</i> | 47 |
| <i>Tabla 15. Parámetros de calidad de la pasta de chile habanero</i> | 47 |
| <i>Tabla 16. Talento humano del proceso de producción</i> | 55 |
| <i>Tabla 17. Estimación de la inversión en equipos y auxiliares</i> | 56 |
| <i>Tabla 18. Estimación de la inversión de capital fijo</i> | 57 |
| <i>Tabla 19. Estimación del costo de producción</i> | 58 |
| <i>Tabla 20. Identificación de impactos ambientales negativos</i> | 60 |
| <i>Tabla 21. Matriz de importancia de impactos ambientales negativos</i> | 61 |
| <i>Tabla 22. Medidas ambientales para el proceso de producción</i> | 62 |
| <i>Tabla 23. Costos unitarios de materia prima e insumos</i> | 80 |
| <i>Tabla 24. Costo de materia prima e insumos</i> | 80 |
| <i>Tabla 25. Costo de mano de obra y beneficios sociales</i> | 81 |
| <i>Tabla 26. Matriz causa-efecto de los impactos negativos</i> | 82 |
| <i>Tabla 27. Matriz de valores de los atributos de los impactos ambientales negativos</i> | 83 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>Figura 1</i> Compuestos bioactivos de los vegetales fermentados _____ | 11 |
| <i>Figura 2.</i> Fermentación ácido láctica _____ | 12 |
| <i>Figura 3.</i> Información del diagrama del diseño del proceso _____ | 15 |
| <i>Figura 4.</i> Costos totales de producción _____ | 18 |
| <i>Figura 5.</i> Medición de pH durante la fermentación _____ | 23 |
| <i>Figura 6.</i> Diagrama de flujo de la pasta de chile habanero fermentado _____ | 24 |
| <i>Figura 7.</i> área de sección transversal del flujo de carga _____ | 29 |
| <i>Figura 8.</i> Determinación del diámetro óptimo. _____ | 34 |
| <i>Figura 9.</i> Factor M _____ | 36 |
| <i>Figura 10.</i> Fondo KLOPPER _____ | 36 |
| <i>Figura 11.</i> Dimensiones estándar de agitadores _____ | 37 |
| <i>Figura 12.</i> Potencia de agitadores _____ | 38 |
| <i>Figura 13.</i> Bomba centrífuga modelo TE 5.5 _____ | 41 |
| <i>Figura 14.</i> Chile habanero maduro. _____ | 46 |
| <i>Figura 15.</i> Banda transportadora _____ | 48 |
| <i>Figura 16.</i> Lavadora _____ | 49 |
| <i>Figura 17.</i> Tanque cerrado con agitador _____ | 49 |
| <i>Figura 18.</i> Tanque de fermentación _____ | 50 |
| <i>Figura 19.</i> Transportador sin fin _____ | 50 |
| <i>Figura 20.</i> Molino de martillos _____ | 51 |
| <i>Figura 21.</i> Bomba de diafragma Doble _____ | 51 |
| <i>Figura 22.</i> Tanque de almacenamiento _____ | 52 |
| <i>Figura 23.</i> Vista de planta _____ | 54 |
| <i>Figura 24.</i> Identificación de principales actividades del proceso con impactos ambientales negativos ____ | 59 |
| <i>Figura 25.</i> lavado chiles rojos _____ | 71 |
| <i>Figura 26.</i> Lavado chiles anaranjados _____ | 71 |
| <i>Figura 27.</i> Licuado chiles rojos _____ | 72 |
| <i>Figura 28.</i> Licuado chiles anaranjados _____ | 72 |
| <i>Figura 29.</i> Productos terminados _____ | 72 |

I. Resumen

Los productos alimenticios fermentados son aquellos que han sido elaborados mediante crecimiento de microorganismos. En los últimos años se ha visto un auge en dichos productos, principalmente por los supuestos beneficios a la salud.

En Nicaragua, algunas hortalizas y verduras se utilizan en la elaboración de encurtidos y salsas a partir de procesos artesanales y sin adecuados controles de calidad, no obstante, no son sometidas a un proceso de fermentación para ocasionar cambios nutricionales y/o sensoriales en el producto final. Para el caso del chile habanero, cuando se utilizan procesos de biotransformación bacterianas u organismos vivos cambian la pungencia del producto acentuando sabores deseables, mejorando sus propiedades organolépticas.

En el presente estudio para realizar la fermentación ácido láctica se utilizó salmuera y las bacterias presentes en los chiles habaneros, con el fin de mejorar su contenido nutricional y sensorial, así mismo, se inhibe el crecimiento de patógenos preservando el producto terminado de manera natural. Se identificó que en el país no existe una normativa específica para pastas de chile habanero ni para salsas o productos a base de chile, por lo que, tanto la materia prima como el producto final fue caracterizado con la Norma Oficial Mexicana NOM-189-SCFI-2017 Chile habanero de la Península de Yucatán (*Capsicum Chinense* Jacq.) (2017).

En procesos separados, los chiles habaneros rojos y anaranjados se sumergieron en salmuera al 12% y se dejó durante siete días para completar el proceso de fermentación, finalizando hasta alcanzar un pH de 4.6.

Para el proceso productivo se predefinió una capacidad instalada de 660 kg/h de pasta de chile habanero fermentado, por lo que, después de realizar un balance de materia y energía, se seleccionaron y dimensionaron un total de 18 equipos y auxiliares, tales como: transportador de bandas, lavadora, molino de martillo, etc. Estimándose una inversión en equipos y auxiliares de USD 37,545.00 y un costo de producción para el primer año de operación de USD 1,965,916.86.

En la operación del proceso de producción se identificaron tres actividades relevantes con impacto ambiental negativo, siendo éstas: proceso de producción, consumo de agua y tratamiento de efluentes. Se aplicó el Decreto N° 20-2017 “Sistema de Evaluación Ambiental de Permisos y Autorizaciones para el Uso Sostenible de los Recursos Naturales” para realizar el plan de medidas ambientales. Se determinó que dos actividades del proceso generan impactos ambientales negativos moderado y una con impacto crítico; por lo cual, se elaboraron planes de medidas ambientales para cada una de ellas.

II. Introducción

Los alimentos fermentados son definidos como todos aquellos alimentos que han sido modificados, en una vía deseada por la actividad de microorganismos o enzimas. Esos alimentos son productos apetitosos que se preparan a partir de materia cruda o tratada térmicamente y que, mediante un proceso en el cual se le incluyen microorganismos específicos, adquieren propiedades sensoriales características en cuanto a sabor, aroma, apariencia visual, textura y consistencia, además de una vida de anaquel y seguridad higiénica mayor.

La fermentación ácido láctica es uno de los métodos más antiguos para preservar alimentos, ya que mejora sus propiedades sensoriales y nutricionales, en un proceso microbiano complejo en el cual una población de bacterias lácticas llega a ser la microflora predominante. Dicha fermentación es causada por algunos hongos y bacterias.

El ácido láctico más importante que producen las bacterias es el lactobacillus. La presencia del ácido láctico, producido durante la fermentación láctica es responsable del sabor amargo, mejorando la estabilidad y seguridad microbiológica del alimento (Revista Fuente, 2011).

En Nicaragua, las empresas que se dedican a la elaboración de productos, tales como, encurtidos y salsa; utilizan ácido acético sintético con un elevado contenido de sal. Sumado a ello, carecen de tecnologías y equipos para satisfacer una creciente demanda de dichos productos.

El presente trabajo pretende brindar un valor a las cosechas de chile habanero, aplicando una fermentación ácido láctico. Así mismo, ayuda a reducir la incertidumbre de la inversión del proceso productivo, ya que cuenta con la selección y dimensionamiento de equipos, personal e impactos ambientales negativos generados.

III. Objetivos

3.1. Objetivo General

Diseñar el proceso de producción de pasta de chile habanero, mediante fermentación ácido láctico.

3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar materia prima, insumos y la pasta de chile habanero.
- Seleccionar los equipos de proceso para la elaboración de pasta de chile habanero, de acuerdo con una capacidad instalada.
- Estimar los recursos humanos y costos de producción del proceso propuesto.
- Realizar plan de medidas ambientales para los impactos ambientales identificados en el proceso propuesto.

IV. Marco teórico

4.1. Generalidades del fruto de chile

La planta de chile es un semi arbusto de forma variable y alcanza entre 0.60 m a 1.50 m de altura, dependiendo principalmente de la variedad, de las condiciones climáticas y del manejo. Es una planta monoica, tiene los dos sexos incorporados en una misma planta y es autógena, es decir que se auto fecunda; aunque puede experimentar hasta un 45% de polinización cruzada, es decir, ser fecundada con el polen de una planta vecina.

El fruto es una baya, con dos a cuatro lóbulos, con una cavidad entre la placenta y la pared del fruto, siendo la parte aprovechable de la planta. Tiene forma globosa, rectangular, cónica o redonda. Existe una diversidad de formas y tamaños en los frutos, pero generalmente se agrupan en alargados y redondeados y tamaño variable, su color es verde al principio y luego cambia con la madurez a amarillo o rojo púrpura en algunas variedades. La constitución anatómica del fruto está representada básicamente por el pericarpio y la semilla. En casos de polinización insuficiente se obtienen frutos deformes (Maderas P&C, 2013).

El chile es el fruto de la planta del mismo nombre. Pertenece a la clase embriofita Siphonagema, su género *Capsicum*, con cinco especies: *pubescens* (rocoto), *annum* (serrano, jalapeño, piquín), *frutescens* (tabasco), *baccatum* (ají) y *chinense* (habanero). El chile contiene: agua, carbohidratos, proteínas, grasas, fibra, vitaminas A, B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B6, B12, vitamina C, azufre, calcio, cloro, cobre, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, niacina, potasio, sodio y yodo. Los pimientos son demandados por su sabor acre y pungente, y por la asociación de este sabor y sus propiedades colorantes.

En el presente trabajo monográfico, se estará utilizando la variedad de chile habanero para la propuesta del proceso de producción de pasta de chile mediante fermentación ácido láctica.

4.2. Escala de Scoville

La capsaicina es el compuesto presente en todas las especies de *Capsicum*, es la responsable de estimular los receptores de calor y dolor de la epidermis. En la boca produce una sensación de quemazón que la mayoría de los mamíferos encuentran desagradable. La capsaicina pura es una sustancia tóxica, y si se toma directamente provoca la muerte por paro respiratorio, sin embargo, la cantidad requerida para causar la muerte de una persona de setenta kilogramos es de trece gramos, lo que equivale a un par de cucharadas. Wilbur Scoville desarrolló, en 1912, el famoso método de clasificación de los chiles según el grado relativo del picante (Botta & Tort, 2015).

En aquella época y sin la tecnología actual, Scoville basó su investigación en pruebas subjetivas del gusto. “He utilizado el siguiente método: se pone un grano de picante a macerar toda la noche en 100 cc de alcohol. Se agita bien y se filtra. Esta solución alcohólica se mezcla, en determinadas proporciones, con agua endulzada, hasta que se perciba en la lengua un picor débil pero inconfundible”. Diluyó diferentes pimientos hasta que la lengua dejaba de notarlos. Cuanto más fuerte era el picor, más disolución requería. Esas pruebas originaron la famosa Unidad Scoville, por la que se clasifican los diversos picantes según su intensidad (Botta & Tort, 2015).

En la siguiente tabla se presenta la escala de Scoville:

Tabla 1 Escala Scoville.

| Unidades Scoville | Tipo de chile |
|-----------------------|---|
| 15.000.000–16.000.000 | Capsaicina pura |
| 8.600.000–9.100.000 | Varios capsaicinoides |
| 2.000.000–5.300.000 | Aerosol de pimienta en EE.UU |
| 2.200.000 | Carolina Reaper |
| 1.300.000–2.000.000 | Naga Viper, Trinidad Scorpion Butch T |
| 855.000–1.041.427 | Naga Jolokia |
| 350.000–580.000 | Habanero Savinas Roja |
| 100.000–350.000 | Chile habanero, Scotch Bonnet, Chile datil, Capsicum chinense |
| 100.000–200.000 | Rocoto, chile jamaicano picante, piri piri |
| 50.000–100.000 | Chile thai, chile malagueta, chile chiltepin, chile piquín |
| 30.000–50.000 | Cayena, ají escabeche, chile tabasco, algunos chipotle |
| 10.000–23.000 | Chile serrano, algunos tipos de chile chipotle |
| 5.000–8.000 | Variedad de Nuevo México del chile anaheim, chile húngaro de cera |
| 2.500–5.000 | Chile jalapeño, Pimiento de Padrón, Salsa Tabasco |
| 1.500–2.500 | Chile rocotillo |
| 1.000–1.500 | Chile poblano |
| 500–1.000 | Chile anaheim |
| 100–500 | Pimiento, pepperoncini |
| 0 | No picante, pimiento verde |

Fuente: La escala de Scoville (Botta & Tort, 2015)

4.3. Chile Habanero

La planta de chile habanero posee una raíz principal de tipo pivotante, el cual profundiza de 0.20 a 0.60 m, con raíces secundarias extendidas que varían en longitud dependiendo del tipo del suelo, las hojas son de color verde oscuro brillante, de forma oval, dependiendo del manejo pueden alcanzar hasta 15 cm de largo por 10 de ancho; el margen normalmente ondulado es una característica distintiva de *Capsicum chinense* (Dzul, 2014). Las flores son hermafroditas, regulares y están constituidas por 5 sépalos, 5 pétalos y 5 estambres. Su ovario es súpero y su fruto es una baya de tipo carnoso hueca y en forma de cápsula, en donde se encuentran las semillas (Dzul, 2014).

Los frutos del *Capsicum chinense* Jacq. Tienden a tener diferentes variedades, las plantas de la especie *C. chinense* producen de 2 a 6 frutos por nudo. Los frutos de esta especie varían mucho en forma y tamaño, pudiendo ser del tamaño de los chiltepines hasta rugosos y alongados de aproximadamente 12.5 cm, los frutos son verdes en el estado inmaduro, pero usualmente maduran en color rojo, anaranjado, amarillo o inclusive blanco. Esporádicamente se han encontrado algunos frutos de color café. Todos los frutos de *C. chinense* tienen el mismo olor característico, independientemente del color de maduración (Dzul, 2014).

Existen variaciones en el color de chile habanero: verde, amarillo y rojo. Los más cotizados y demandados son los amarillos, por ser un color comercial, sin embargo, no afecta mucho su valor en el mercado (SIFUPRO, 2013).

En Nicaragua, el cultivo del chile habanero lo realizan pequeños productores en los departamentos Ocotal, Estelí, Boaco, Rivas y Managua, registrando un rendimiento promedio de 110 quintales por manzana (Martínez, 2010).

4.4. Secuencia de la fermentación natural

Las etapas o secuencia de la fermentación natural y almacenamiento de vegetales se pueden dividir en cuatro (Salminen, von Wright, & Ouwehand, 2004), siendo éstas:

- | | |
|-------------------------------|---|
| Iniciación de la fermentación | La cantidad de bacterias ácido-lácticas (BAL) en la población bacteriana original es a lo máximo 1%. Los organismos aeróbicos y las enterobacterias anaeróbicas facultativas que inician la fermentación. |
| Fermentación Primaria | Es dominada por las BAL y levaduras. Su tasa de crecimiento depende de factores, tales como: población inicial, propiedades físicas y químicas de los vegetales y el ambiente. |

Debido a la producción de ácido y la baja capacidad de amortiguación típica de la mayoría de los vegetales, el pH del material de fermentación cae rápidamente.

Fermentación secundaria
Post-fermentación

Son causadas por bacterias que se descomponen, levaduras o moldes, que utilizan azúcares residuales o ácidos de fermentación como sustratos.

Las principales BAL que dominan las fermentaciones vegetales pertenecen a los géneros *Lactobacillus*, *Leuconostoc* y *Pediococcus* (Salminen, von Wright, & Ouwehand, 2004).

En caso de intoxicación alimentaria por el consumo de productos vegetales fermentados naturalmente, no se han reportado casos, ya que una acidificación adecuada controla eficazmente los patógenos microbianos (ICMSF, s.f.).

En la siguiente figura, se presentan los compuestos bioactivos sintetizados por microorganismos en fermentadas verduras y frutas

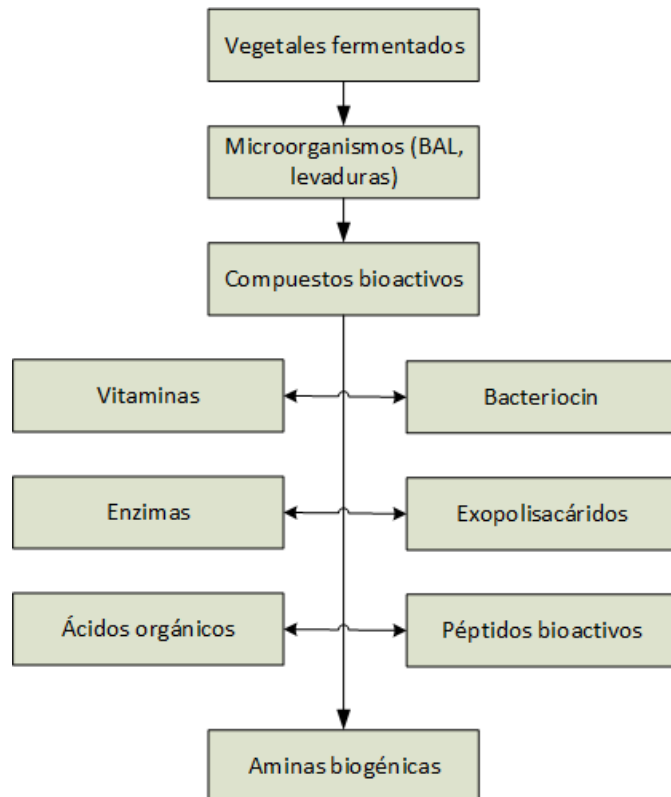


Figura 1 Compuestos bioactivos de los vegetales fermentados

Fuente: (Paramithiotis, 2016)

4.4.1. Fermentación Ácido Láctica

La fermentación es un proceso catabólico de oxidación incompleta que produce compuestos orgánicos, como se puede apreciar en la figura siguiente, cuando la célula se encuentra en condiciones anaerobias (ausencia de oxígeno), la fermentación responde a la necesidad de generar moléculas NAD⁺, pirúvico y de esta manera continuar la reacción de producción de energía, por lo que al Reducir al NADH, cede sus electrones al ácido pirúvico y lo reduce a las fracciones siguiente:

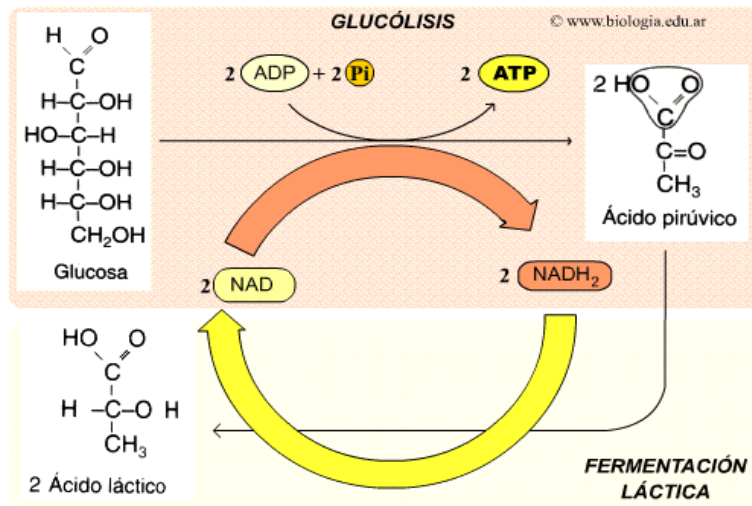
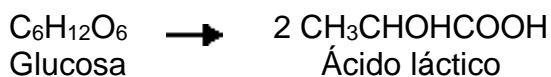


Figura 2. Fermentación ácido láctica

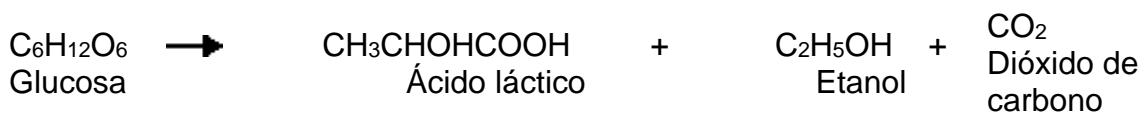
Fuente: Ácido Láctico, Ácido Acético o Etanol (Gerard J. Torta, Berdell R. Funke, Christine L. Casee, 2007)

De acuerdo con Battcock & Azam-Ali (1998), la generación de ácido láctico durante la fermentación se da según el tipo de grupo involucrado (Homofermentadores y Heterofermentadores):

Homofermentadores:



Heterofermentadores:



Lactococcus

Son cocos no esporulados, inmóviles crecen a 10°C, pero no a 45°C, se encuentran en parejas o en cadenas cortas, anaerobios facultativos homofermentativos y con necesidades nutricionales complejas. La longitud de la cadena depende de la cepa y el medio de crecimiento, usualmente crecen en soluciones de NaCl al 4% (p/v), con excepción de la *Lactis cremoris* que solo tolera el 2% NaCl (p/v), se encuentran en las floras del rumen al orden de 10⁴ células por gramo. Estos lactococcus van a ser nuestra fuente motriz dotadora de las características organolépticas y reológicas para la elaboración de nuestra pasta de Chile (Garcia & Mora, 2007).

El carbono es la fuente más importante para el crecimiento de las bacterias Lactocas seguido del Nitrógeno el cual es requerido para la síntesis de los aminoácidos, también son indispensables el fosforo, magnesio y elementos trazas como los minerales, generalmente nuestra materia prima a utilizar la cual es el chile ya cuenta con los ingredientes descritos anteriormente por lo cual no se hace necesario el agregar, ningún tipo de starter para llevar a cabo la fermentación, pero de caso contrario deben ser evaluadas y compensadas las necesidades nutricionales para que se lleve a cabo una reacción completa.

4.5. Concentrados o Pastas

En la industria alimenticia la concentración de una solución es la proporción o relación que hay entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolución o, a veces, de disolvente, donde el soluto es la sustancia que se disuelve, el solvente es la sustancia que disuelve al soluto, y la disolución es el resultado de la mezcla homogénea de las dos anteriores. A menor proporción de soluto disuelto en el solvente, menos concentrada está la solución, y a mayor proporción más concentrada está. Una disolución (solución) es una mezcla homogénea, a nivel molecular, de dos o más sustancias (Zavala, Tellez, Gutierrez, Rodriguez, 2011):

Tabla 2. Concentración en términos cuantitativos

| Nombre | Definición | Definición | Propiedad de una disolución medida cuando se suministra |
|-----------------------|---|--|---|
| Peso por ciento | Unidades en peso de soluto contenidas en 100 unidades de peso de disolución | Gramos de soluto /100 gramos de disolución | Peso de disolución |
| Concentración en Peso | Peso de soluto contenido en una unidad de volumen de disolución | Gramos de soluto / Litros de disolución | Volumen de disolución |
| Molaridad (M) | Numero de moles de soluto contenidos en 1 lt de disolución | Moles de soluto /Litros de disolución | Volumen de disolución |

| | | | |
|----------------|---|---|-----------------------|
| Normalidad (N) | Numero de equivalentes de soluto contenidos en 1 lt de disolución | Equivalencia de soluto / Litros de disolución | Volumen de disolución |
| Molalidad | Numero de soluto por kg de disolvente | Moles de soluto / Kilogramos de disolvente | Peso de disolución |

Fuente: (Zavala, Tellez, Gutierrez, Rodriguez, 2011)

4.6. Capacidad de producción

La capacidad de una planta puede ser predicho por un estudio de mercadeo para determinar la cantidad de producto a ser vendido (Baasel, s.f.). Entre los factores que deben de considerar para el tamaño de la planta, se tienen:

- El costo de las materias primas es inversamente proporcional con la cantidad comprada.
- El costo por unidad de volumen es menor cuando se utiliza un equipo más grande.
- Sea una planta de gran tamaño o no, los costos de tubería, cableado, etc., son relativamente iguales.
- El aumento de la capacidad puede permitir algunos cambios en el equipo y/o pasos de procesamiento que pueden producir ahorros sustanciales.
- Aspectos tecnológicos de los equipos limitan el tamaño de la planta.

De acuerdo con Silla (2003) y Sapag Chain & Sapag Chain (2008), el tamaño de una planta tiene una estrecha vinculación con la cuantía de las inversiones, los costos de operación y los niveles de venta.

4.7. Etapas del diseño de una planta de alimentos

El diseño de un proceso de producción determina los requerimientos de equipos y condiciones de operación, para satisfacer las necesidades de una planta industrial para producción económica de uno o más productos (Maroulis & Saravacos, 2003).

Las etapas del diseño de un proceso productivo se pueden resumir en (Maroulis & Saravacos, 2003):

- 1) Selección del diagrama de flujo adecuado para realizar la producción requerida.
- 2) Balance de materia y energía, especificando los requisitos del proceso.
- 3) Dimensionamiento y calificación del equipo de proceso industrial requerido
- 4) Estimación del costo.
- 5) Análisis financiero y de rentabilidad.
- 6) Optimización paramétrica.

7) Optimización estructural del proceso.

Así mismo, el diseño del proceso deberá de cumplir las leyes y normativas donde se construirá la planta industrial, por lo que, también se deben de considerar los aspectos ambientales negativos generados por la actividad productiva. A continuación, se presenta el esquema de las etapas del diseño:

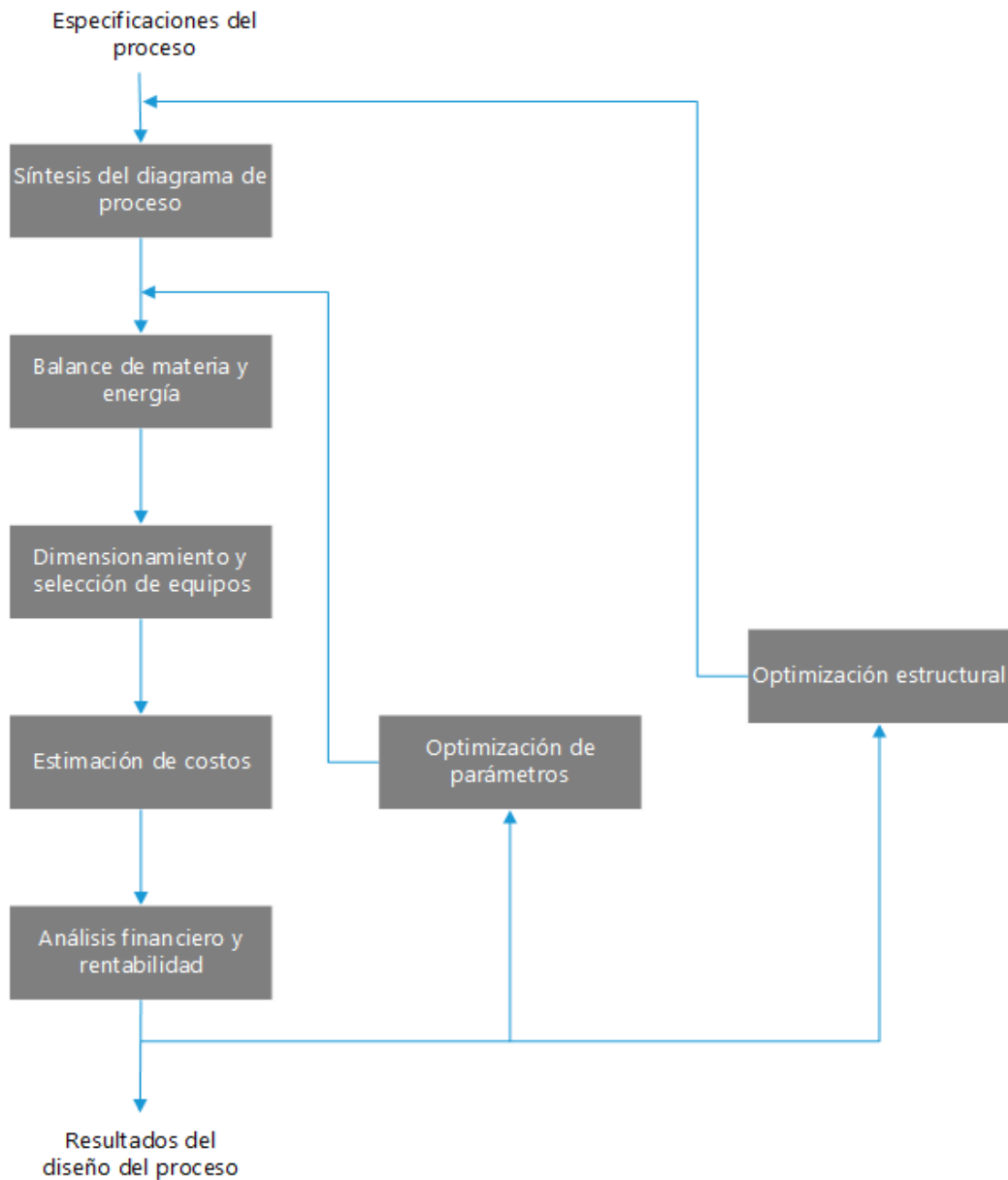


Figura 3. Información del diagrama del diseño del proceso

Fuente: (Maroulis & Saravacos, 2003)

4.8. Hortalizas fermentadas

En la fermentación de las hortalizas, la multiplicación de las bacterias lácticas da como resultado (Frazier & Westhoff, 1993):

- Disminución de la multiplicación de microorganismos perjudiciales y el retraso o la inhibición de la alteración normal.
- Producción de sabores típicos debido a la acumulación de ácidos orgánicos o productos secundarios, que originan un producto final característico y definido.

El producto terminado, presenta un sabor ácido obtenido de la fermentación mediante bacterias lácticas. La fermentación puede ser natural (a partir de los microorganismos presentes en las hortalizas) o inducida (aplicando bacterias inoculadas).

Otras ventajas de la fermentación de productos vegetales (S (Salminen, von Wright, & Ouwehand, 2004), se encuentran:

- 1) El alto grado de seguridad higiénica causado por la represión del crecimiento de patógenos.
- 2) Los productos se pueden comercializar como "naturales" o "biológicos".
- 3) Acumulación de compuestos de sabor y destrucción de compuestos de sabor negativos como glucosinolatos.
- 4) Menor consumo de energía en comparación de otros métodos de conservación.
- 5) Fácil manejo de la materia prima antes del procesamiento.

En el caso de una fermentación natural, se prepara una salmuera entre el 6% al 15% (según la hortaliza y producto terminado) donde se sumerge la hortaliza, manteniéndose durante algunos días, controlando el pH y se finaliza cuando se obtiene el porcentaje de acidez deseado (Frazier & Westhoff, 1993).

De acuerdo con Pérez & Trujillo (2011), una concentración del 10% de cloruro de sodio permite obtener vegetales fermentados con un pH de 3.5 y un porcentaje de acidez del 0.8%, con un periodo de fermentación de 7 días.

4.9. Costos de producción

Otros sinónimos a los costos de producción son el costo operacional y el costo de fabricación. Para valorar la factibilidad económica de un proceso, es necesario conocer los requisitos de capital total y el costo de producción del producto (o productos).

El costo total de producción se puede dividir en las siguientes categorías:

- Costos directos o costos variables: Tienden ser proporcional a la tasa de producción.

- Costo indirecto: Tienden a permanecer constante independientemente de la producción. Se encuentra compuesto por el costo fijo y el costo general de la planta
- Costos generales: Lo forman los costos de gestión de la empresa, la comercialización de la producción, investigación y desarrollo de productos nuevos y viejos, y la financiación de operación.

Aunque la categorización de cada costo es ubicada por la contabilidad de cada empresa, es importante no omitir ningún costo que influya en los siguientes costos de producción (Silla, 2003):

ESQUEMA REPRESENTATIVOS DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN EN LAS INDUSTRIAS

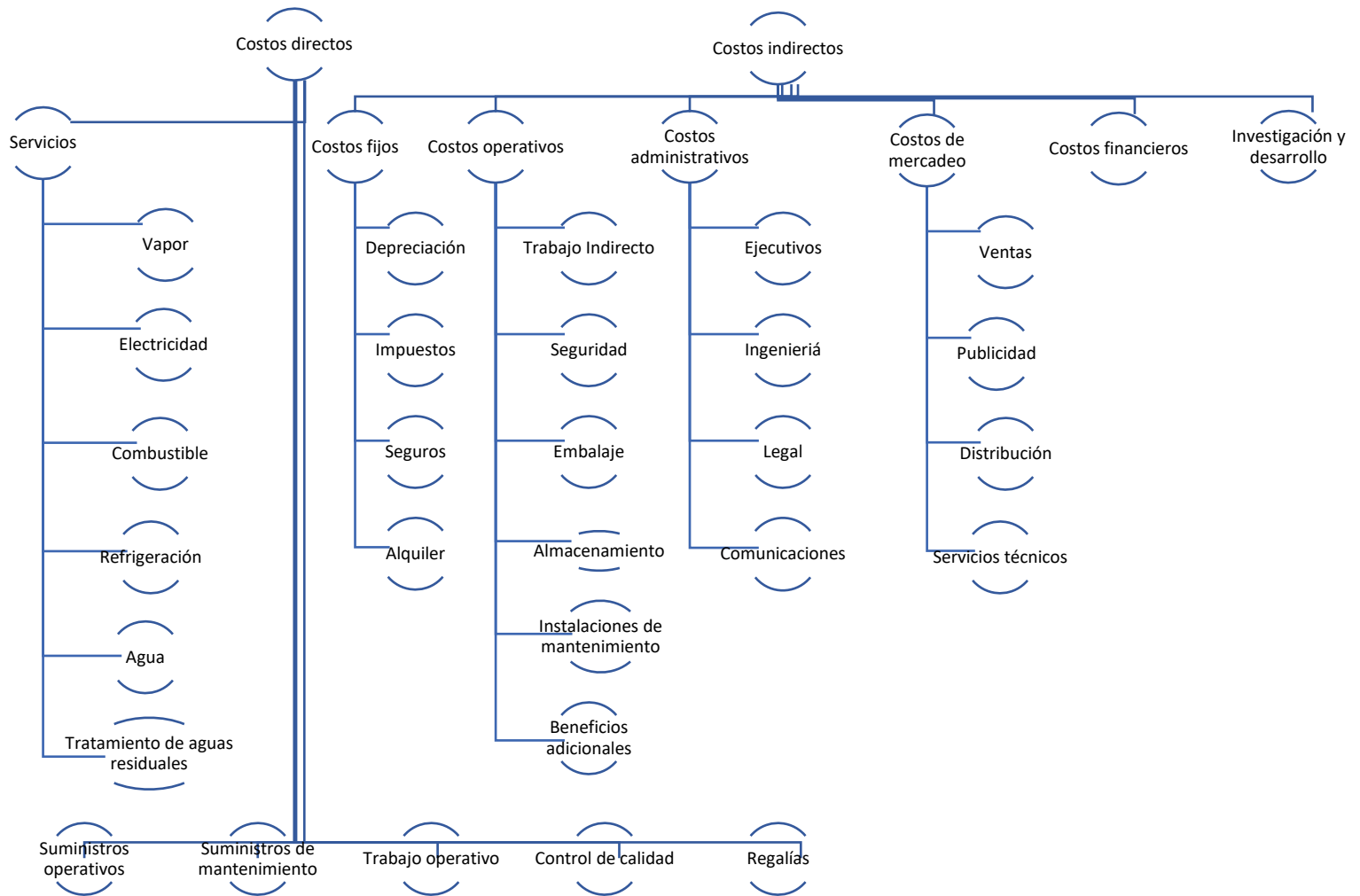


Figura 4. Costos totales de producción

Fuente: Adaptado (Silla, 2003)

4.10. Plan de manejo ambiental

Nicaragua cuenta con una Política Ambiental de Nicaragua (Gobierno de la República de Nicaragua , 2000), donde se declaran *los principios rectores y lineamientos de carácter ambiental que rigen las acciones del Estado y la sociedad civil en todo proceso de desarrollo del país con visión de sustentabilidad.*

De acuerdo a la Ley No. 217, Ley General del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales (Ley N. 217, 2014) y al Decreto 20-2017 (2017) (ver anexo A. Segmento del decreto 20-2017), Sistema de Evaluación Ambiental de Permisos y Autorizaciones para el Uso Sostenible de los Recursos Naturales, establecen que los proyectos, obras, industrias o cualquier otra actividad que, por sus características, puede producir deterioro al ambiente o a los recursos naturales, deberán obtener, previo a su ejecución, el Permiso Ambiental otorgado por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA).

El MARENA, entre otras asignaciones, es el encargado de brindar las directrices de los programas de gestión ambiental, según el Decreto No. 20-2017, Sistema de Evaluación Ambiental de Permisos y Autorizaciones para el Uso Sostenible de los Recursos Naturales. En dicho decreto se declaran las siguientes categorías ambientales:

- *Categoría Ambiental I: Proyectos que son considerados como especiales de índole nacional o fronteriza.*
- *Categoría Ambiental II: Proyectos que, en función de la naturaleza del proceso y los potenciales efectos ambientales, se consideran como de alto impacto ambiental potencial.*
- *Categoría Ambiental III: Proyectos que, en función de la naturaleza del proceso y los potenciales efectos ambientales, se consideran como de moderado impacto ambiental potencial.*
- *Categoría Ambiental IV: Proyectos que, en función de la naturaleza del proceso y los potenciales efectos ambientales, se consideran como de bajo impacto ambiental potencial.*
- *Categoría Ambiental V: Proyectos experimentales o novedosos que están sujetos a investigación por desconocerse los potenciales impactos al medio ambiental y estarán sujetos a una valoración ambiental.*

El proceso productivo del presente trabajo se ubicará en la categoría III, por lo que se debe elaborar un programa de gestión ambiental, siguiendo el anexo 6 “guía para la elaboración del programa de gestión ambiental para los proyectos categoría III” del decreto 20-2017. El programa de gestión ambiental (PGA), *tiene por objeto mejorar el desempeño ambiental con acciones que permitan enfrentar eficientemente los impactos que se permiten durante todas las etapas del proyecto* (Decreto 20-2017, 2017).

En la guía se presentan el tipo de medidas ambientales que debe presentar un plan de medidas ambientales:

Medida de prevención y mitigación: Acción o conjunto de acciones destinadas a prevenir, reducir los impactos negativos ocasionados por la ejecución de un proyecto, que no puedan ser evitados.

Medidas de compensación: Acciones destinadas a subsanar, todo lo que fuere dañado en forma irreversible, por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad.

Por cada medida ambiental, se presenta la siguiente información:

- Impactos que mitigar, remediar y compensar: Describir el efecto que causa un impacto a determinado factor ambiental.
- Efecto por corregir sobre un factor ambiental: Describir el efecto que se pretende corregir sobre un factor ambiental a través de la medida.
- Descripción de las medidas: Se deben desarrollar las medidas de mitigación, remediación y compensación que se proponen implementar.
- Etapa del proyecto: Especificar el momento dentro del ciclo del proyecto en el cual debe realizarse la medida.
- Frecuencia de ejecución: Especificar el tiempo en que se ejecutara la medida propuesta. (diario, semanal, mensual, trimestral y anual).
- Costo de la Medida: Monto destinado para la implementación de la medida.
- Responsable del cumplimiento de la medida: Quién recae la responsabilidad directa por el cumplimiento de la medida.

A continuación, se presentan los formatos a utilizar para cada medida (Decreto 20-2017, 2017):

Tabla 3. Prevención y Mitigación.

| Impactos que se pretende mitigar | Efecto a mitigar sobre un factor ambiental | Descripción de las medidas | Etapa del proyecto | Frecuencia de ejecución | Costo de la medida | Responsable del cumplimiento de la medida |
|----------------------------------|--|----------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---|
|----------------------------------|--|----------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---|

Fuente: (Decreto 20-2017, 2017)

Tabla 4 Compensación

| Impactos que se pretende compensar | Efecto a compensar sobre un factor ambiental | Descripción de las medidas | Etapa del proyecto | Frecuencia de ejecución | Costo de la medida | Responsable del cumplimiento de la medida |
|------------------------------------|--|----------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---|
|------------------------------------|--|----------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---|

Fuente: (Decreto 20-2017, 2017)

V. METODOLOGÍA

El procedimiento que se realizó, el enfoque y las técnicas utilizados para el cumplimiento de los objetivos planteados, se mencionan a continuación.

5.1. Control de calidad de la materia prima, insumos y producto terminado

a) Materia prima:

En el país no existe una Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON) referida a chiles habaneros, sin embargo, el chile habanero que se cultiva en Nicaragua posee similitudes al chile mexicano de la península de Yucatán, por lo que, para caracterizar la materia prima se utilizó la Norma Oficial Mexicana (Norma Oficial Mexicana, 2017), Chile habanero de la Península de Yucatán (*Capsicum Chinense Jacq.*)

b) Insumos:

Sal: Se entiende por sal el producto cristalino que químicamente se identifica como cloruro de sodio y que consiste predominantemente de este compuesto, es extraído del mar, de depósitos subterráneos de sal mineral o de salmuera natural. Se presenta en forma de cristales incoloros, soluble en agua y de sabor salado franco. La preparación de la salmuera requiere de sal común (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2010).

Agua: Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o subproducto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él. Se utiliza agua para el lavado, así también para la preparación de la salmuera (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2000).

c) Producto terminado

La formulación del producto terminado estableció mediante las siguientes normativas:

- Norma del Codex para el chile (*Codex Alimentarius*, 2011).
- Chile habanero de la Península de Yucatán (*Capsicum Chinense Jacq.*)– Especificaciones y métodos de prueba (Norma Oficial Mexicana, 2017)

5.2. Descripción del proceso de producción

Con el fin de identificar la tecnología (equipos, maquinaria, etc.) del proceso de producción, así como los parámetros de operación, se definieron cada etapa del sistema de producción haciendo la práctica a escala de laboratorio. Se elaboró la pasta de chile habanero de forma experimental para tener conocimiento del procesamiento, las etapas y las pérdidas en cada una de ellas.

Recepción de Materia Prima

La materia prima se analiza tomando en cuenta los parámetros de aspectos visuales y organolépticos, tales como: estado de madurez, daño, etc. Los chiles se transportan en cajillas plásticas (495x370x290 mm) con un volumen de carga 43 kg.

Selección y lavado

Los chiles se descargan en una banda transportadora (se realiza una inspección para eliminar toda materia extraña y fruto dañado) para ser vertidos en una lavadora hidrodinámica apta para frutos flotantes de cortezas delicadas. Se utiliza una solución de agua con hidróxido de sodio (NaOH) 5% V/V durante 5 minutos a temperatura ambiente. Esto con el fin de desinfectar los chiles y reducir la carga microbiana. Con las burbujas de agua en constante movimiento los chiles son golpeados eliminando posible suciedad. Se tiene una pérdida del 0.5% de chiles no aptos para el procesamiento.

Los chiles lavados se escurren mientras suben en una banda transportadora de rodillos para caer al tanque de fermentación.

Preparación de Salmuera:

En un tanque cerrado con agitación mecánica, se prepara la salmuera. Se adiciona agua potable y se mezcla cloruro de sodio (NaCl) para obtener una salmuera al 12%.

Fermentación:

Esta operación se realiza por lote, siendo el tiempo de fermentación de una semana hasta alcanzar pH de 3.5. En tanque se agrega el chile y salmuera al 12% en una relación de 1:2.

En la siguiente figura se presenta las mediciones de pH durante la fermentación (Ver anexo A: Datos del laboratorio):

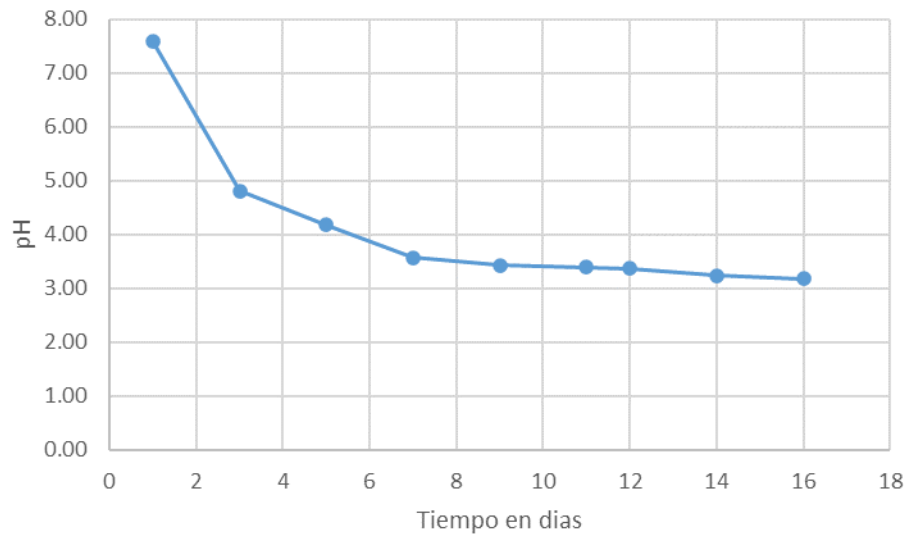


Figura 5. Medición de pH durante la fermentación

De acuerdo con la figura anterior, se observa que el pH permanece constante (3.57) después de 7 días, en correspondencia a Battcock & Azam-Ali (1998).

Finalizada la fermentación, se abre una válvula damper situada en la parte inferior de tanque y los chiles caen sobre una canaleta de rejillas adaptada a un tornillo sin fin para ser transportado al molino.

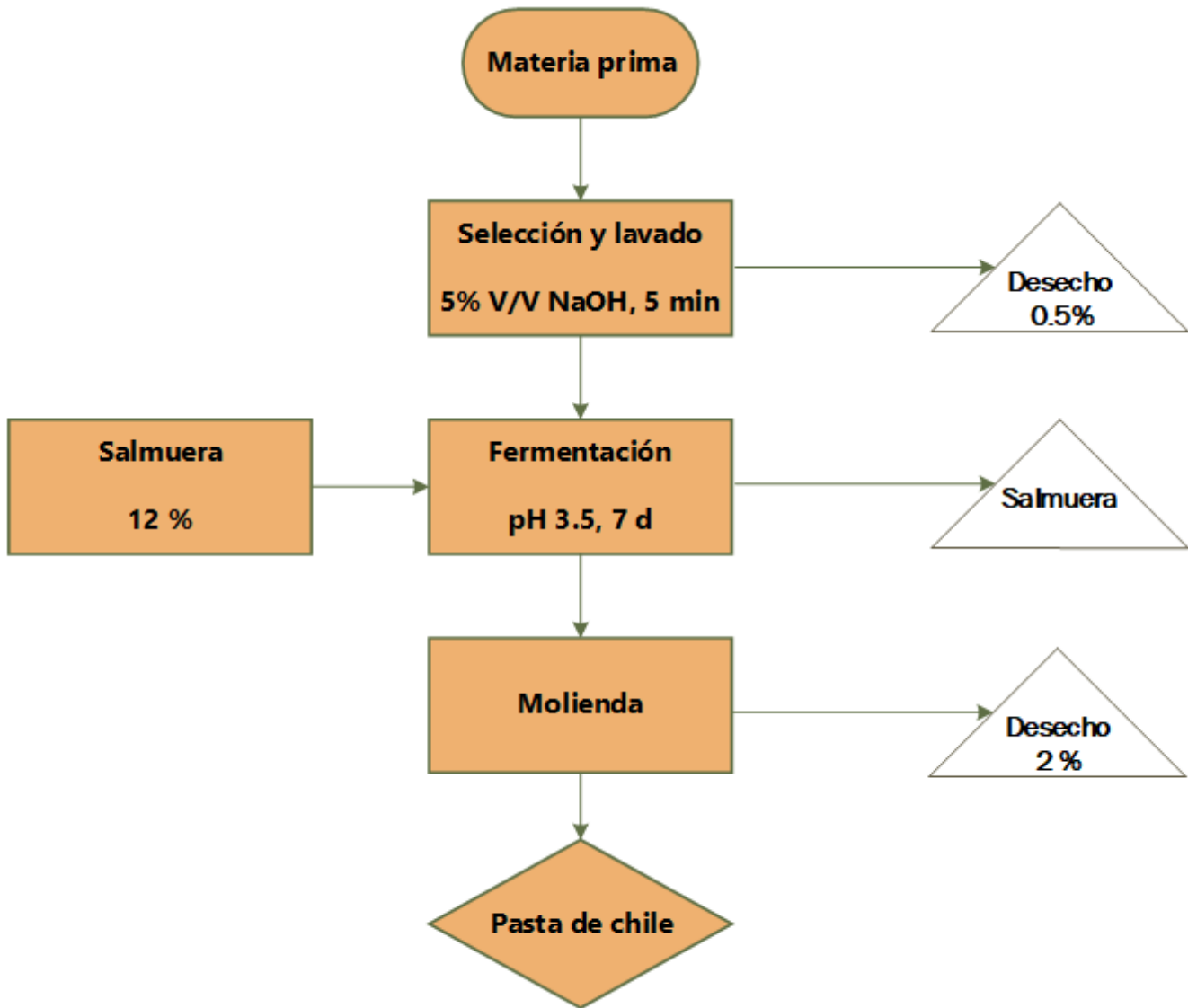
Molienda:

Los chiles fermentados caen en la tolva de un molino de martillos, para obtener una pasta fluida. A la salida del molino se obtiene una masa fluida de consistencia pastosa. El porcentaje de merma es del 2%.

Envasado:

Con ayuda de una bomba de diafragma para fluidos viscosos, la pasta es bombeada a los tanques de almacenamiento. Dichos tanques están provistos de una tubería para realizar el llenado de los baldes plásticos con capacidad de 22 kg. Finalmente, se almacenan en la bodega de producto terminado para su posterior distribución.

En la siguiente figura se presenta el diagrama del proceso:



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Diagrama de flujo de la pasta de chile habanero fermentado

5.3. Capacidad de producción

Para realizar los cálculos de balance de materiales, y selección de equipo, se determinó la capacidad de producción de pasta de chile habanero para el primer año de operación:

| | |
|----------------------------------|--------|
| Duración del proceso (horas) | 8.00 |
| Producción pasta por hora (kg/h) | 660.00 |

La planta de proceso trabajará 5 días a la semana, para un total de 1,920 horas anuales. La pasta de chile se comercializará en baldes plásticos con capacidad de 22 kg.

5.4. Balance de materia

Realizado la descripción del proceso, capacidad de producción y parámetros de control, se procedió a realizar el balance de materia (ver anexo B. Resultados del balance de materia):

Pasta de chile

| | | | | |
|--------------------------|----------------|--------|--------------------------|----------|
| | Masa L3 (kg/h) | 660.00 | | |
| | | | Molienda | |
| | | | L2 = L3 + D2 | |
| Chile molido L2 (kg/h) | 673.47 | | Ec. 01 | |
| | | | Desecho D2 (kg/h) | 13.47 |
| | | | Pasta L3 (kg/h) | 660.00 |
| | | | Fermentación | |
| | | | S2 + L2 = SD + L2 | |
| Chile S2 (kg/h) | 673.47 | | Salmuera SD (kg/h) | 1,346.94 |
| Salmuera L1 = 2S2 (kg/h) | 1,346.94 | | Chile molido L2 (kg/h) | 673.47 |

Salmuera

| | | | |
|-----------------------|----------|--------------------|----------|
| Agua potable A (kg/h) | 1,346.94 | Salmuera L1 (kg/h) | 1,346.94 |
| NaCl (kg/h) | 161.63 | 12% salmuera | |

Selección y lavado

$$S1 = S2 + D1$$

| | | | |
|--------------|--------|-------------------|--------|
| Chile (kg/h) | 708.92 | Ec. 03 | |
| | | Desecho D1 (kg/h) | 35.45 |
| | | Chile S2 (kg/h) | 673.47 |

Agua de lavado

| | | |
|------------------------|----------|-----------------------------|
| Agua potable AP (kg/h) | 1,417.83 | 5% V/V NaOH |
| NaOH (l/h) | 74.62 | Relación 1:2 chile: agua |

En el caso del balance de energía, los equipos de proceso no requieren de vapor o algún tipo de combustible para su operación.

5.5. Dimensionamiento de equipos

Para realizar la selección de equipos, se utilizó el diagrama de flujo del proceso y los resultados del balance de materia, así como considerando los siguientes factores (Sinnott & Towler, 2013):

- Proceso de fabricación que se utilizó.
- Calidad de los productos finales.
- Resultados del balance de materia y energía.
- Escalamiento de la producción.
- Costos de los equipos.
- Requerimientos de espacios y de servicios.

Ulrich (1992), propone la siguiente tabla para la selección de equipos:

Tabla 5. Datos para el diseño de equipos de proceso

| Tipo genérico del equipo | Temperatura | | Presión | | Concentración | | Carga de calor | Consumo de energía (electricidad, vapor, etc.) | Flujo o capacidad | Otros tipos de datos útiles |
|--------------------------|-------------|--------|---------|--------|---------------|--------|----------------|--|-------------------|--------------------------------|
| | Entrada | Salida | Entrada | Salida | Entrada | Salida | | | | |
| Transportadores | | | | | | | | C | X | Tamaño de partícula y densidad |
| Molinos | | | | | | | | C | X | Tamaño de partícula |
| Recipientes de proceso | X | C | X | C | X | X | C | C | X | Equilibrios y relación |
| Bombas | X | | X | X | | | C | X | | |

Nota: Los equipos marcados con X son los que normalmente se requieren. Los marcados con C, generalmente se calculan en el diseño. La S denota la información que a veces se necesita. Fuente: Adaptado de (Ulrich, 1992).

a) Banda transportadora

Los criterios de selección de una banda transportadora son los siguientes (Dunlop-Enerka Belting, 1994):

- Velocidad de la banda (m/s)
- Ancho de la banda (mm)
- Área de sección transversal del flujo de carga (m²)
- Capacidad del transportador (Ton/h)

En la siguiente tabla se presentan los valores estándar de velocidad recomendados:

Tabla 6. Valores de velocidad recomendados

| Duty | v (m/s) |
|---|-------------|
| Unit Loads, Assembly Lines | ≤ 1.68 |
| Mobile Conveyors | 0.52 - 1.68 |
| Very dusty loads such as Flour, Cement | ≤ 1.31 |
| Ash and Refuse | ≤ 1.68 |
| Grain, Crushed Limestone Gravel, Sand Readymix | 1.05 - 2.09 |
| Ores, Bituminous Coal, Sinter Storage and transhipment, Power Stations | 1.31 - 3.35 |
| Long distance conveying, overburden Brown coal | 2.62 - 6.60 |
| Thrower belts | ≥ 8.40 |
| Steep gradient belts Type CHEVRON and HIGH CHEVRON | 0.84 - 2.62 |

Fuente: (Dunlop-Enerka Belting, 1994)

El chile habanero se considera como producto móvil: 0.52.

El cálculo del ancho de la banda se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 7. Valores estándar de ancho de banda

| Min. Width (mm) | Lump Size K | |
|--------------------|-------------|--------|
| | Sized | Unsize |
| 400 | 50 | 100 |
| 500 | 80 | 150 |
| 650 | 130 | 200 |
| 800 | 200 | 300 |
| 1000 | 250 | 400 |
| 1200 | 350 | 500 |
| 1400 | 400 | 600 |
| 1600 | 450 | 650 |
| 1800 | 550 | 700 |
| 2000 | 600 | 800 |

Fuente: (Dunlop-Enerka Belting, 1994)

En el laboratorio se determinó que los chiles tienen una longitud de 3 mm a 6 mm, con ello se selecciona un ancho de banda de 500 mm, con el fin de tener holgura.

El arreglo del transporte fue seleccionado plano para facilitar la inspección. Los diámetros estándar de los rodillos para la banda transportadora se tomaron de la siguiente tabla:

Tabla 8. Diámetro de los rodillos según arreglo del transportador

| Belt Width B (mm) | Troughing type | | | | |
|-------------------|----------------|--------|--------|------------|---------|
| | Flat | 2 roll | 3 roll | Deeptrough | Garland |
| 300 | 380 | 200 | - | - | - |
| 400 | 500 | 250 | 160 | - | - |
| 500 | 600 | 315 | 200 | - | - |
| 600 | 700 | 340 | 250 | - | - |
| 650 | 750 | 380 | 250 | - | - |
| 800 | 950 | 465 | 315 | 200 | 165 |
| 1000 | 1150 | 600 | 380 | 250 | 205 |
| 1200 | 1400 | 700 | 465 | 315 | 250 |
| 1400 | 1600 | 800 | 530 | 380 | 290 |
| 1600 | 1800 | 900 | 600 | 465 | 340 |
| 1800 | 2000 | 1000 | 670 | 530 | 380 |
| 2000 | 2200 | 1100 | 750 | 600 | 420 |
| 2200 | 2500 | 1250 | 800 | 640 | 460 |

Fuente: (Dunlop-Enerka Belting, 1994)

Como el ancho de las bandas es de 500 mm en un arreglo plano, se seleccionó un diámetro de rodillos de 600 mm.

El área de sección transversal del flujo de carga (A) para una banda transportadora fue tomada de la siguiente figura:

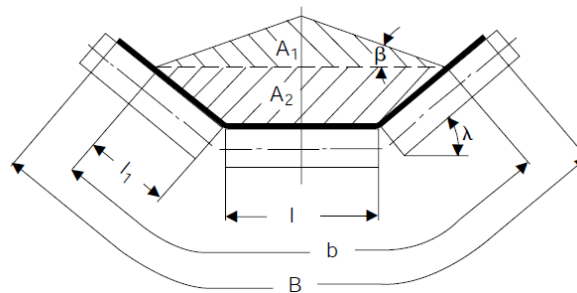




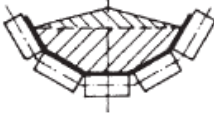


Figura 7. área de sección transversal del flujo de carga

Fuente: (Dunlop-Enerka Belting, 1994)

El área de sección transversal del flujo de carga se tienen las siguientes estimaciones:

Tabla 9. Estimación del área de sección transversal del flujo de carga

| Troughing Form | Troughing Angle | Load Cross Section Area A(M ²) | Comparison |
|--|-------------------|--|---------------------|
|  | Flat | 0.0483 | 44% |
|  | 20° 30° | 0.1007 0.1145 | 91% 104% |
|  | 20° 30° 45° | 0.0935 0.1100 0.1247 | 85% 100% 113% |
|  Deep Trough | 20° 30° 45° | 0.0989 0.1161 0.1284 | 90% 106% 117% |
|  Garland | 30°/60° | 0.1329 | 121% |

Fuente: (Dunlop-Enerka Belting, 1994)

Al tener un arreglo plano, el área de sección transversal del flujo de carga se estima en 0.0483 m².

La capacidad del transportador se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$Q(m^3 / h) = A * v * 3600 * \rho$$

Donde:

A : Área de sección transversal del flujo de carga (m²) ec. 04

v : Velocidad de la banda (m / s)

ρ : Grado efectivo de llenado (adimensional)

Para el caso del grado efectivo de llenado, se tienen valores iguales a 1 cuando se trabaja en condiciones no abrasivas e inclinación inferior a los 2° del área de sección transversal del flujo de carga.

El flujo de carga se determina de la siguiente manera:

$$Q_m = Q * \rho * \vartheta$$

Donde :

Q : Capacidad del transportador ec. 05

ρ : Densidad del chile : 351.6 kg / m³

ϑ : Grado efectivo de llenado : 1

Cálculo de la Potencia en la polea de transmisión:

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3$$

Donde :

P_1 : Potencia con el transportador vacío ec. 06

P_2 : Potencia de carga

P_3 : Potencia de fricción

La potencia con el transportador vacío:

$$P_1 = \frac{C_B * v * Q_m}{C_L * k_f}$$

Donde :

C_B : Factor del ancho : 133 ec. 07

C_L : Factor del argo : 454

k_f : Factor condiciones de trabajo : 1

La longitud del transportador se definió en 6 metros para garantizar una adecuada selección y flujo de carga.

La potencia de carga se calculó:

$$P_2 = \frac{H * Q_m}{367}$$

Donde : ec. 08

H : Elevación del transportador : 0

El ángulo de elevación del transportador es igual a 0°.

La potencia de fricción:

$$P_3 = 0.3 * B * v \quad \text{ec. 09}$$

La potencia del motor:

$$PM = Pt / \eta$$

Donde:

η : Eficiencia del motor : 0.9

PM : Potencia del motor, kW

ec .10

b) Lavado

El equipo de lavado se dimensionó de acuerdo con el flujo de entrada de Chile y el tiempo de retención (5 minutos) de desinfección:

Dimensiones del equipo de lavado: $A \cdot H \cdot L$ ec. 11

Cada quince minutos se debe remover el agua de lavado para garantizar una adecuada desinfección y limpieza de los chiles.

c) Tanques de salmuera

Para la preparación de la salmuera al 12%, se seleccionó un tanque cilíndrico vertical de acero inoxidable, con fondo torisférico.

El tanque contará con un sobredimensionamiento de 100 litros para evitar rebose.

$$V = V_d + 100$$

ec. 12

El cálculo de la presión de diseño:

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

Donde:

P_D : Presión de diseño. (lb/in²).

P_o : Presión de operación (lb/in²).

ρ_{jugos} : Densidad del agua (lb/in³).

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

ec. 13

El diámetro del tanque se utilizó la ecuación:

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

Donde :

P: Presión de diseño (Lb/pulg²)

C: Margen de corrosión (pulg)

S: Valor de esfuerzo del material (Lb/pulg²)

E : Eficiencia de la junta

ec. 14

Los valores de CSE se obtienen de la siguiente tabla:

Tabla 10. 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 figura para obtener el diámetro interno (pies) del tanque:

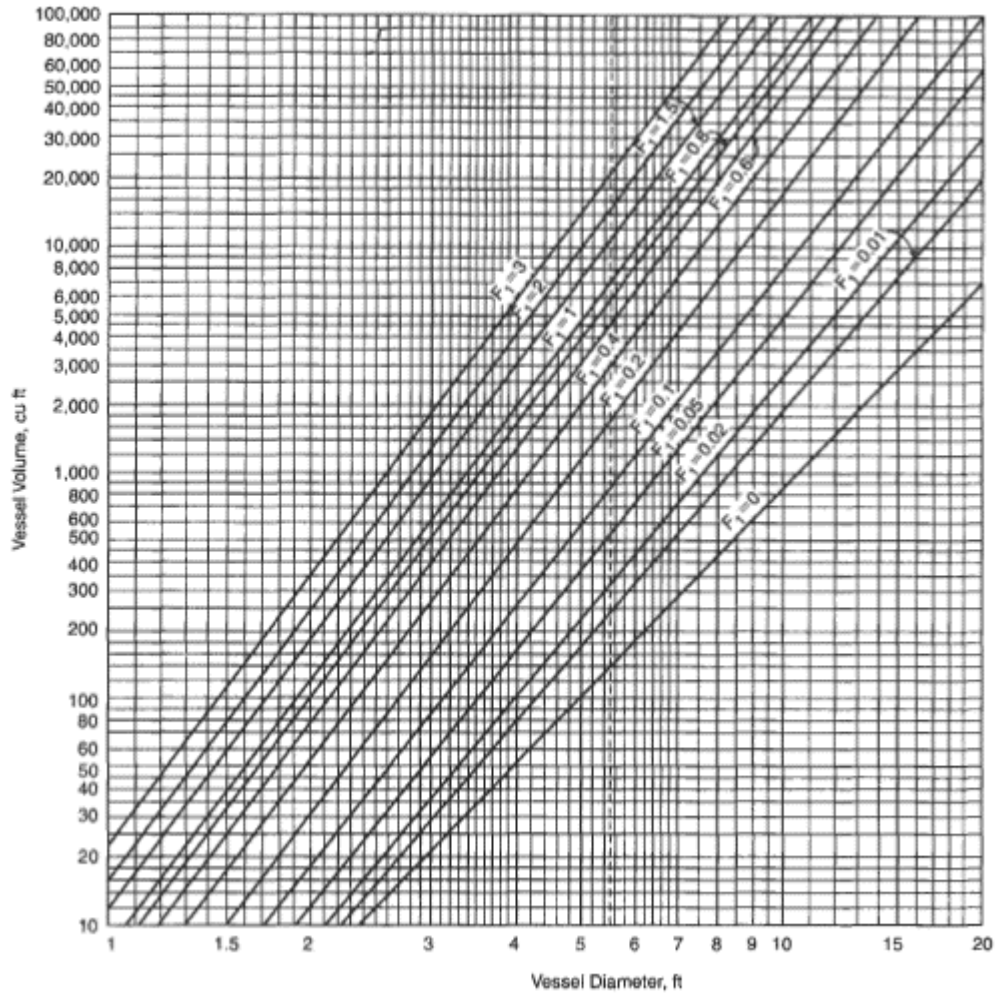


Figura 8. Determinación del diámetro óptimo.

Fuente: (Moss, 2004)

El volumen del fondo toriesférico se calcula de la siguiente manera:

$$V_f = 0.1 * D_i^3$$

Donde :

V_f :Volumen del fondotoriesférico.

D_i :Diámetro interno del tan que.

ec. 15

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

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

Donde :

V_{cc} :Volumen del cilindro.

V_D :Volumen de diseño.

L_{cc} :Altura del fondo toriesférico.

ec. 16

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

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

Donde :

tc :Espesor (pulg).

P :Presión de diseño (lb / in^2).

R :Radio del tan que (pulg).

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

E :Eficiencia de la junta.

ec. 17

El espesor del cilindro con fondo toriesférico, se calcula:

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

Donde :

P :Presión de diseño (lb/in^2).

L :Diámetro interior (pulg).

M :Factor a dimensional, según L/r .

r :Radio de esquina, $L/10$ (pulg).

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

E :Eficiencia de la soldadura.

C :M arg en de corrosión (pulg).

ec. 18

El valor de M se obtiene:

| | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| 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 |

Figura 9. Factor M

Fuente: (Moss, 2004)

Las dimensiones del fondo toriesférico se determina con:

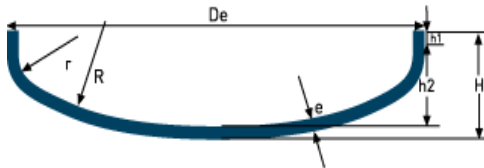


Figura 10. Fondo KLOPPER

$$R = D_e$$

$$r = R / 10$$

$$h_1 \geq 3.5e$$

$$h_2 = 0.1935D_e - 0.455e$$

$$H = h_2 + h_1 + e$$

$$D_d = 1.11D_e + 1.85h_1$$

$$V(h_2) = 0.1D_i^3$$

ec .19

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:

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

ec. 20

Agitador

En la siguiente figura se presentan las dimensiones estándar de los agitadores:


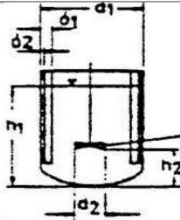

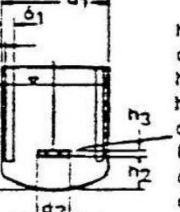

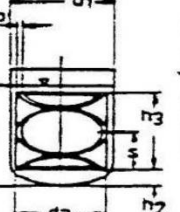

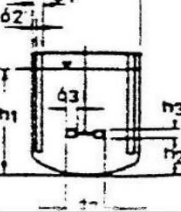
| N | | |
|---|---|--|
| Agitador de hélice |  |  <p>$h_1 / d_1 = 1.0$ $d_2 / d_1 = 0.33$ $h_2 / d_1 = 0.33$ $\alpha = 25^\circ$ $\delta_1 / d_1 = 0.1$ $\delta_2 / d_1 = 0.02$</p> |
| Agitador con palas planas inclinadas |  |  <p>$h_1 / d_1 = 1.0$ $d_2 / d_1 = 0.337$ $h_2 / d_1 = 0.17 \rightarrow 0.34$ $h_3 / d_2 = 0.177$ $\alpha = 45^\circ$ 6 Blätter $\delta_1 / d_1 = 0.1$ $\delta_2 / d_1 = 0.02$</p> |
| Agitador helicoidal |  |  <p>$h_1 / d_1 = 1.0$ $d_2 / d_1 = 0.98$ $b / d_2 = 0.1$ $h_3 / d_2 = 1.0$ $s / d_2 = 0.5$ $h_2 / d_1 = 0.01$</p> |
| Agitador de palas planas |  |  <p>$h_1 / d_1 = 1.0$ $d_2 / d_1 = 0.33$ $h_2 / d_1 = 0.33$ $h_3 / d_2 = 0.2$ $\delta_3 / d_2 = 0.25$ $\delta_1 / d_1 = 0.1$ $\delta_2 / d_1 = 0.02$</p> |

Figura 11. Dimensiones estándar de agitadores

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

Se selecciona un rodete de palas planas inclinadas, ya que genera un flujo turbulento y es de bajo costo. El agitador estará centrado en el tanque y contará con placas deflectoras. Se utilizan las siguientes ecuaciones:

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

$$\frac{d_2}{d_1} = 0.337 \qquad \alpha = 45^\circ \qquad \frac{\delta_2}{d_1} = 0.02 \qquad \text{ec. 21}$$

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

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.

Potencia del agitador

Haciendo uso del número Reynolds y el número de potencia, se determina potencia del agitador:

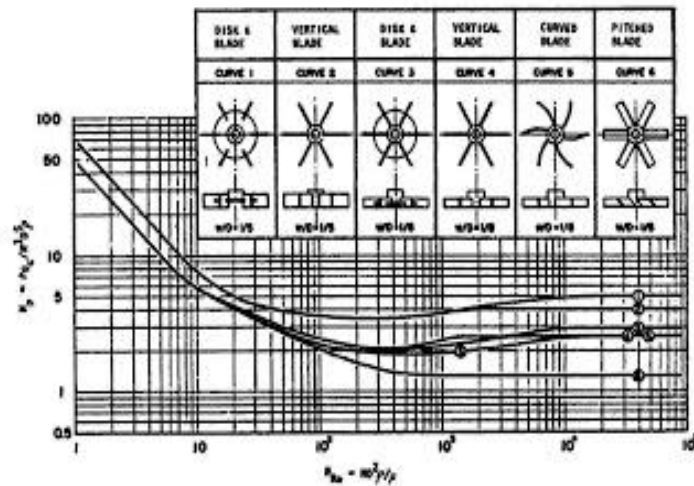


Figura 12. Potencia de agitadores

Fuente: (McCabe, Smith, & Harriorr, 2007).

El número de Reynolds se determina:

$$Re = \frac{d_2^2 * n * \rho}{\mu} \quad \text{ec. 22}$$

Donde:

Re: Número de Reynolds

ρ : Densidad (Kg/m³)

d₂: Diámetro del impulsor (m)

μ : Viscosidad (kg/m-s)

n: RPS

La potencia del agitador se calcula:

$$Np = \frac{g_c P}{\rho n^3 d_2^5} \quad \text{ec. 23}$$

Donde:

N_P: Número de Potencia del gráfico

ρ : Densidad (Kg/m³)

d₂: Diámetro del rodete (m)

P: Potencia (W)

n: RPS

g_c: Número adimensional =1

Se considera una eficiencia de los reductores de velocidad del 80%:

$$P_m = \frac{P}{\eta} \quad \text{ec. 24}$$

Con un factor de operación igual a 1.25, se tiene:

$$P = 1.25 * P_m \quad \text{ec. 25}$$

d) Tanque de fermentación

La fermentación se realiza en tanques de PELBD (polietileno lineal de baja densidad) con capacidad de 2,500 litros. Los cuales están provistos de un desagüe en la parte inferior, con el fin de garantizar la salida de los chiles y facilitar su limpieza.

e) Molino de martillo

Los chiles fermentados pasan por un molino de martillo, creando una pasta viscosa. Sinnott & Towler (2013) plantean principales factores a considerar al seleccionar el equipo para triturar:

- El tamaño de la alimentación: De acuerdo con el balance de masa.
- La relación de reducción de tamaño:

$$R = \frac{De}{Df}$$

Donde:

ec. 26

De: Tamaño promedio de entrada del sólido

Df: Tamaño promedio de salida producto de la reducción

- Las propiedades del material: dureza, abrasividad, adherencia, densidad, toxicidad, inflamabilidad.
- Si la molienda húmeda.

Ulrich (1992), plantea el cálculo del consumo de energía mediante la siguiente ecuación:

$$P = 1.0 * \dot{m}^{0.06} * R$$

Donde:

ec. 27

m: Flujo másico del sólido

R: Relación de reducción

f) Bombas

El siguiente procedimiento se realiza para la selección y dimensionamiento de una bomba (Mott, 2006):

1. Brindar 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).

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + h_r \quad \text{ec. 28}$$

7. Evaluar la carga estática total

$$h_0 = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + (z_2 - z_1) \quad \text{ec. 29}$$

8. Seleccionar una bomba que entregue (la menos) el flujo volumétrico de diseño contra la carga dinámica total a dicho flujo volumétrico.

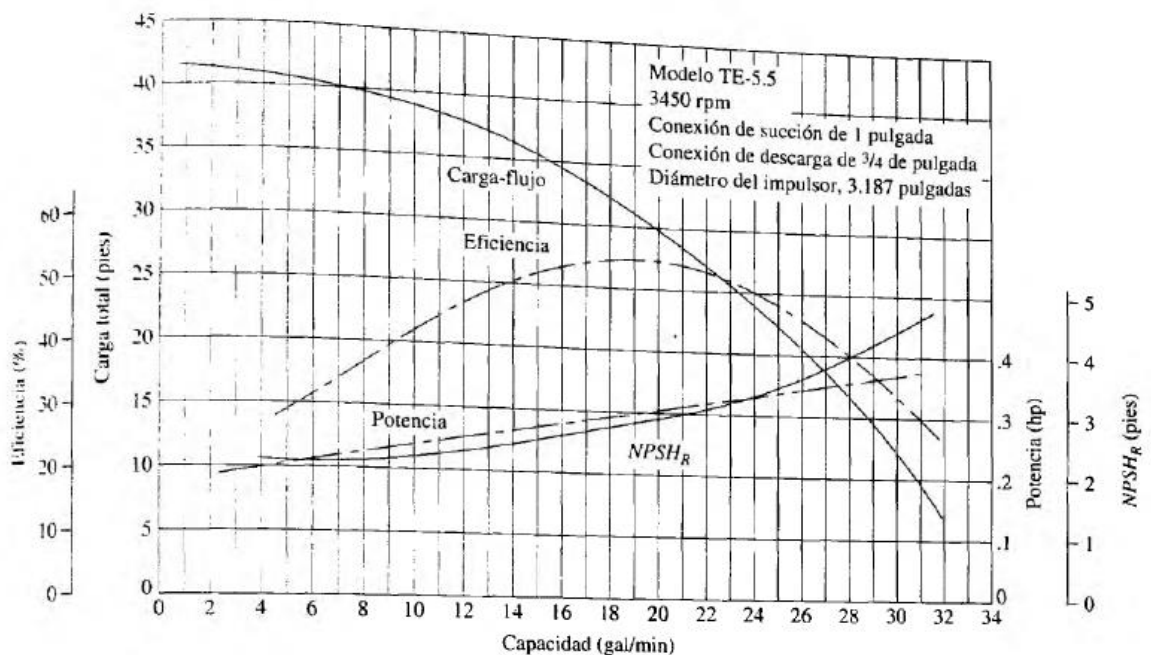


Figura 13. Bomba centrífuga modelo TE 5.5

Fuente: (Mott, 2006)

9. 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.

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

5.6. Distribución de la planta.

Para realizar la distribución de equipos se tomaron en cuenta los siguientes factores (Urbina, 2013):

1. Tamaño y número de la maquinaria y equipos que comprende el sistema de producción.
2. Las previsiones del espacio por razones de proceso.
3. Los espacios requeridos para almacenamiento y manejo de materiales en proceso.
4. Los espacios requeridos por razones de seguridad industrial.
5. Las previsiones del espacio requerido para ampliaciones futuras en la capacidad de producción.
6. Número de operarios en cada estación de trabajo.

5.7. Estimación de costo del producción y talento humano.

Timmerhaus & Petters (2003) proponen para tres tipos de industrias (planta de procesamiento de sólidos, planta de procesamiento de fluidos sólidos y planta de procesamiento de fluidos), que para el presente estudio se utilizaron los referidos a una planta de procesamiento de fluidos sólidos.

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

El costo de los diferentes equipos y auxiliares que forman el proceso de producción se estimó de la siguiente manera:

Tabla 11. Procedimiento de estimación de costos

| | Observación |
|---|--|
| http://www.matche.com//equipcost/Agglomerator.html | Sitio web que brinda información actualizada de costos y optimización para la industria química y metalúrgica. |
| http://www.mhhe.com/engcs/chemical/peters/data/ | Estimador de costos de Timmerhaus & Petters (2003) |
| www.alibaba.com | Se realizaron cotizaciones varias. |

b) Costo CIF

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

c) Costos de instalación

Se consideran: costos de mano de obra, fundaciones, soportes, plataformas, gastos de construcción y otros factores. Se estima un 39% del costo total de los equipos puestos en planta.

d) Costos de instrumentos y control

Son los relacionados a: costos de instrumentos, costos de mano de obra de instalación y gastos de equipos auxiliares, y los materiales. Se estima un 26% del costo total de los equipos puestos en planta.

e) Costos de tubería y accesorios

Son aquellos a la mano de obra, válvulas, accesorios, tuberías, soportes y otros. Se estima un 31% del costo total de los equipos puestos en planta.

f) Costo de instalación eléctrica

Son los costos de las instalaciones eléctricas, tales como: mano de obra de instalación y materiales. Se estima un 10% del costo total de los equipos puestos en planta.

g) Costo de edificios

Incluyen los servicios, gastos de mano de obra, materiales, y suministros involucrados en la construcción de la infraestructura conectada con la planta. Se estima un 29% del costo total de los equipos puestos en planta.

h) Costos de mejoras del terreno

Son los costos para nivelación, aceras, paisajismo y otros similares. Se estima un 12% del costo total de los equipos puestos en planta.

i) Costos de servicio.

Incluyen los costos de: suministro de vapor, agua, energía, aire comprimido y combustible. Se estima un 55% del costo total de los equipos puestos en planta.

5.7.1 Costos fijos indirectos

a) Costo de ingeniería y supervisión

Son los costos de diseño de construcción e ingeniería, compras, contabilidad, construcción e ingeniería de costos y gastos de oficina. Se estima un 32% del costo total de los equipos puestos en planta.

b) Costo de la construcción

Incluyen los costos de construcción y operación temporal, herramientas, nómina de construcción y otros gastos generales. Se estima un 34% del costo total de los equipos puestos en planta.

c) Costo de seguros e impuestos de construcción

Son los costos, tales como: preparación y presentación de formularios requeridos por las agencias reguladoras y costos de negociación de contratos. Se estima un 4% del costo total de los equipos puestos en planta.

d) Costo de los honorarios de los contratistas

Se estima un 19% del costo total de los equipos puestos en planta.

e) Gastos imprevistos

Se estima un 37% del costo total de los equipos puestos en planta.

5.8. Plan de medidas ambientales

El plan de manejo ambiental fue realizado de acuerdo con el Decreto N° 20-2017 “Sistema de Evaluación Ambiental de Permisos y Autorizaciones para el Uso Sostenible de los Recursos Naturales”. Con ello se crearon acciones que permiten enfrentar eficientemente los impactos ambientales negativos que genera el proceso de producción. Para lo cual fueron considerados los impactos ambientales positivos como negativos, riesgos identificados y analizados, así como las características del proyecto, todo ello aplicando la metodología propuesta por Milán (2004).

La fórmula para el cálculo de la importancia de los impactos ambientales se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12. . Valores de los atributos de impactos para realizar la evaluación cualitativa

| VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS PARA REALIZAR LA EVALUACIÓN CUALITATIVA | |
|--|-------------------------------------|
| NATURALEZA | INTENSIDAD (IN) |
| <input type="checkbox"/> Impacto beneficioso + | (Grado de Destrucción) |
| <input type="checkbox"/> Impacto perjudicial - | <input type="checkbox"/> Baja 1 |
| | <input type="checkbox"/> Media 2 |
| | <input type="checkbox"/> Alta 4 |
| | <input type="checkbox"/> Muy Alta 8 |
| | <input type="checkbox"/> Total 12 |

| | | | |
|---|-------|---|---|
| EXTENSION (EX) (Área de Influencia) | | MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación) | |
| <input type="checkbox"/> Puntual | 1 | <input type="checkbox"/> Largo plazo | 1 |
| <input type="checkbox"/> Parcial | 2 | <input type="checkbox"/> Medio plazo | 2 |
| <input type="checkbox"/> Extenso | 4 | <input type="checkbox"/> Inmediato | 4 |
| <input type="checkbox"/> Total | 8 | | |
| <input type="checkbox"/> Crítica | (+ 4) | | |
| PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto) | | REVERSIBILIDAD (RV) (Recuperabilidad) | |
| <input type="checkbox"/> Fugaz | 1 | <input type="checkbox"/> Recuperable a corto plazo | 1 |
| <input type="checkbox"/> Temporal | 2 | <input type="checkbox"/> Recuperable a mediano plazo | 2 |
| <input type="checkbox"/> Permanente | 4 | <input type="checkbox"/> Irrecuperable | 4 |
| ACUMULACION (AC) (Incremento progresivo) | | PROBABILIDAD (PB) (Certidumbre de Aparición) | |
| <input type="checkbox"/> Simple (sin sinergismo) | 1 | <input type="checkbox"/> Probable | 1 |
| <input type="checkbox"/> Sinérgico | 2 | <input type="checkbox"/> Dudoso | 2 |
| <input type="checkbox"/> Acumulativo | 4 | <input type="checkbox"/> Cierto | 4 |
| EFFECTO (EF) (Por la relación Causa – Efecto) | | PERIODICIDAD (PR) (Regularidad de manifestación) | |
| <input type="checkbox"/> Indirecto (secundario) | 1 | <input type="checkbox"/> Irregular y discontinuo | 1 |
| <input type="checkbox"/> Directo | 4 | <input type="checkbox"/> Periódico | 2 |
| | | <input type="checkbox"/> Continuo | 4 |
| PERCEPCION SOCIAL (PS) (Grado de percepción del impacto por la población) | | IMPORTANCIA (I) (Valor Total) | |
| <input type="checkbox"/> Mínima (25%) | 1 | I= \square (3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PR + PS) | |
| <input type="checkbox"/> Media (50%) | 2 | | |
| <input type="checkbox"/> Alta (75%) | 4 | | |
| <input type="checkbox"/> Máxima (100%) | 8 | | |
| <input type="checkbox"/> Total (>100%) | (+4) | | |

Identificados los impactos ambientales se procedió a valorar la trascendencia de estos, con el objetivo de incorporar medidas ambientales otorgándoles prioridad a los impactos más significativos.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Parámetros de calidad de la materia prima

Las características que debe presentar el chile habanero para su procesamiento son (Norma Oficial Mexicana, 2017): (El chile habanero nicaragüense posee características muy similares a la que describe la norma del chile habanero mexicano.)

- a) Tener forma acampanada con terminación en punta, constituido de 2 a 4 lóculos. esto se verifica visualmente.
- b) Estar entero, con o sin pedúnculo. Esto se verifica visualmente.
- c) Estar exentos de pudrición, manchas, enfermedades y plagas (por ejemplo: picudo, mosca blanca, piojo harinoso, ácaro y babosa).
- d) Estar limpios y exentos de cualquier materia extraña visible.
- e) Estar exentos de humedad externa anormal, salvo la condensación resultante de su remoción de una cámara frigorífica. Esto se verifica visualmente;
- f) Estar exentos de daños por frío o quemaduras por sol. Esto se verifica visualmente.
- g) Color del fruto maduro: naranja o rojo, según cosecha.



Figura 14. Chile habanero maduro.

6.2. Parámetros de calidad de los insumos

La sal fina para utilizarse en la salmuera debe cumplir los siguientes parámetros:

Tabla 13. Características físicas y químicas de la sal fina.

| Descripción | Sal Fina |
|------------------|-----------------|
| Granulometría | 0.21 –1 mm |
| Cloruro de Sodio | 97 % |
| Humedad | 1.5 % |
| Anti humectantes | 2.0% |
| Yodo | 33 – 60 mg/kg |
| Flúor | 200 – 225 mg/kg |

Fuente: (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2010)

En el caso del agua potable para la salmuera, debe cumplir:

Tabla 14. Parámetros del agua potable

| Parámetro | | Límite o rango máximo: Categoría 1B |
|-------------------|---------|-------------------------------------|
| pH | | mín. 6.0 y máx. 8.5 |
| Color real | | < 150 U Pt-Co |
| Turbiedad | | < 250 UNT |
| Fluoruros | | < 1.7 mg/l |
| Sólidos disueltos | Totales | 1500 mg/l |
| Cloruros | | 600 mg/l |

Fuente: (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2000)

6.3. Parámetros de calidad del producto terminado

La pasta de chile habanero debe cumplir los siguientes parámetros:

Tabla 15. Parámetros de calidad de la pasta de chile habanero

| No | Característica | Formulación | Normativa |
|----|---------------------------|--|--------------------------------|
| 01 | Chile habanero fermentado | 100% chile rojo/naranja, según cosecha | (Norma Oficial Mexicana, 2017) |
| 02 | pH | 4.6 | |
| 03 | Color | Rojo o naranja intensos | |

6.4. Selección y dimensionamiento de equipos

Considerando los resultados del balance de materia y energía, la interacción entre las etapas del proceso de producción y parámetros de control, se seleccionaron y dimensionaron cada uno de los equipos del proceso de producción (Ver anexo D. Cálculos para la selección y dimensionamiento de equipos).


A. Banda transportadora

Descripción de la operación: Los chiles habaneros se descargan en la banda transportadora para trasladarse hasta el equipo de lavado. En dicha operación, se inspeccionan y se retiran los chiles en mal estado y toda materia extraña.

| Características técnicas | |
|--|--|
|  <p><i>Figura 15. Banda transportadora</i></p> <p>Fuente: www.alibaba.com https://url2.cl/ZVLfX</p> | <p>Modelo: B3200</p> <p>Longitud banda: $1000 < L < 2000$ mm</p> <p>Ancho banda: $300 < A < 1000$</p> <p>Capacidad de carga máx: 120 kg</p> <p>Velocidad máx: 40 m/min</p> |

B. Lavadora

Descripción de la operación: Los chiles habaneros caen en la tina de lavado, donde mediante burbujas de aire se limpian y, a la vez, son desinfectados (NaOH 5% V/V). En dicha operación, se inspeccionan y se retiran los chiles en mal estado y toda materia extraña.

| Características técnicas | |
|---|---|
|  <p><i>Figura 16. Lavadora</i></p> <p>Fuente: www.alibaba.com https://url2.cl/Jqd2a</p> | <p>Modelo: JM-5000</p> <p>Dimensiones: 5000x1200x1300 mm</p> <p>Potencia: 8.3 kW</p> <p>Capacidad de carga máx: 1500 kg</p> |


C. Tanque cerrado para salmuera

Descripción de la operación: La preparación de la salmuera al 12%, se realiza en un tanque cerrado provisto con un agitador de paleta. Ya preparada la salmuera se bombea al tanque de fermentación.

| Características técnicas | |
|---|--|
|  <p><i>Figura 17. Tanque cerrado con agitador</i></p> <p>Fuente: Sabina de ingeniería www.sabina-agrotul.com</p> | <p>Altura: 3 m</p> <p>Diámetro interno: 0.91 m</p> <p>Tanque con deflectores</p> <p>Agitador de paleta</p> <p>Potencia: 1/3 hp</p> |

D. Tanque de fermentación

Descripción de la operación: Los chiles habaneros lavados caen en el tanque de fermentación donde se agrega salmuera al 12% en una relación de 1:2, donde permanece 7 días o hasta alcanzar un pH de 3.6.

| Características técnicas | |
|--|--|
|  <p><i>Figura 18. Tanque de fermentación</i></p> <p>Fuente: Plastitank www.plastitank.com.ni</p> | <p>Capacidad: 2500 l</p> <p>Material: Resina 100% virgen grado alimenticio. Protección antibacterial</p> |

E. Transportador de tornillo helicoidal sin fin

Descripción de la operación: Finalizada la fermentación, los chiles habaneros fermentados se descargan en un transportador de tornillo helicoidal sin fin, con una inclinación de 15°, hacia la tolva del molino de martillos.

| Características técnicas | |
|---|---|
|  <p><i>Figura 19. Transportador sin fin</i></p> <p>Fuente: Sabina de ingeniería www.sabina-agrotul.com</p> | <p>Diámetro del tornillo: 150 mm</p> <p>Ángulo de funcionamiento: < 60°</p> <p>Longitud máxima: 12 m</p> <p>Potencia: 1.5 kW</p> <p>Material: Resina 100% virgen grado alimenticio. Protección antibacterial</p> |


F. Molino de martillos

Descripción de la operación: Los chiles habaneros fermentados se trituran para obtener una pasta viscosa.

| Características técnicas | |
|--|---|
|  <p><i>Figura 20. Molino de martillos</i></p> <p>Fuente: www.alibaba.com https://url2.cl/aQdKn</p> | <p>Modelo: GG-60G</p> <p>Capacidad: 500 – 1500 kg/h</p> <p>Potencia: 11 kW</p> <p>Dimensiones: 1400*700*2310 mm</p> |

G. Bomba diafragma

Descripción de la operación: Debido a la viscosidad de la pasta de chiles habaneros fermentados, se utiliza una bomba diafragma para su bombeo a los tanques de almacenamiento.

| Características técnicas | |
|---|--|
|  <p><i>Figura 21. Bomba de diafragma Doble</i></p> <p>Fuente: www.alibaba.com https://url2.cl/5r75B</p> | <p>Modelo: 6660533A804</p> <p>Flujo máximo: 10 gpm</p> <p>Rango de temperatura: 0° a 79°C</p> <p>Dimensiones: 210*155*255 mm</p> |

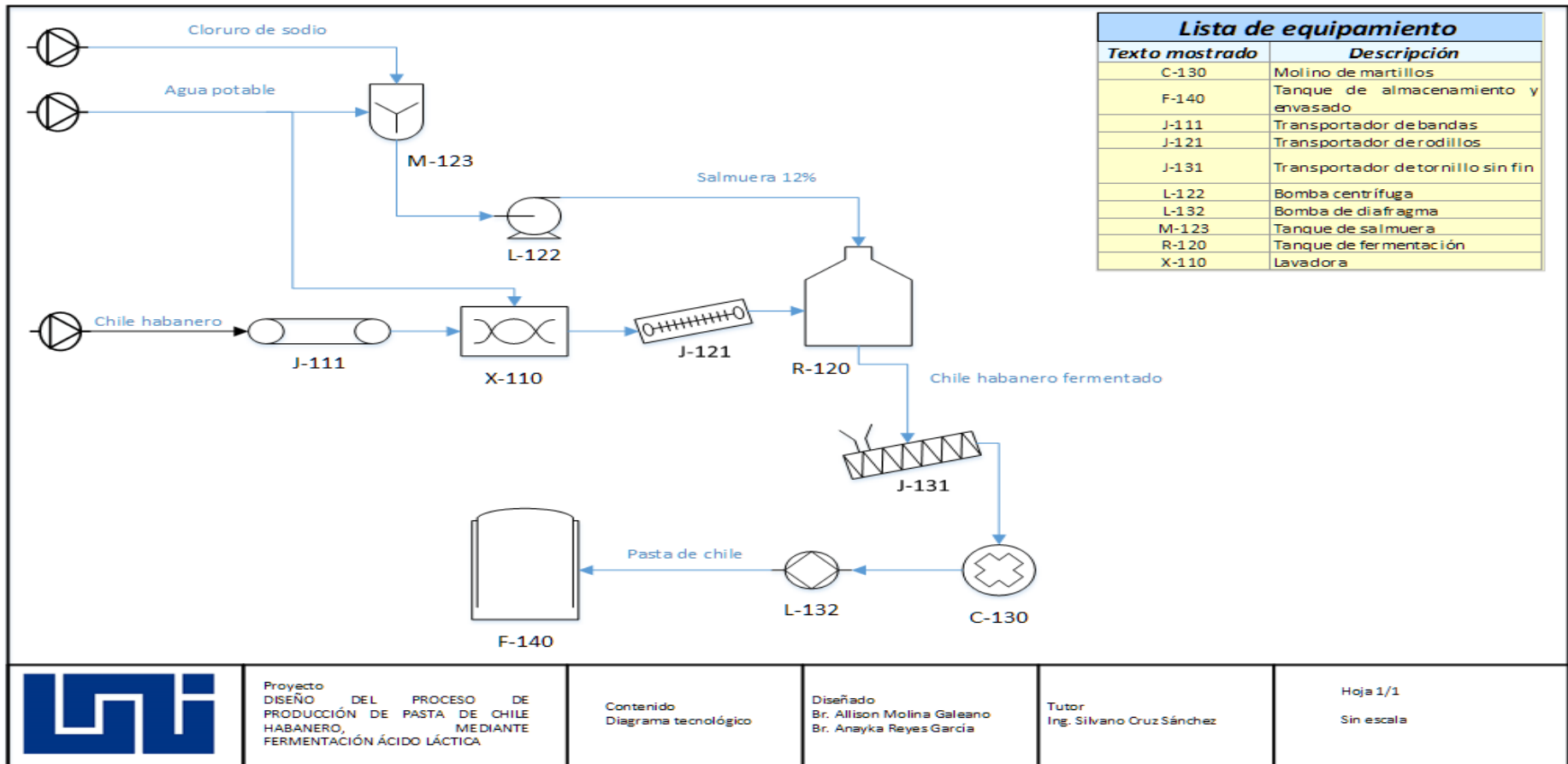
H. Tanques de almacenamiento/envasado

Descripción de la operación: La pasta de chile habanero fermentado se almacena en tanques de acero inoxidable que están provisto de tuberías para realizar el envasado de los baldes plásticos.

| Características técnicas | |
|--|---|
|  <p><i>Figura 22. Tanque de almacenamiento</i></p> <p>Fuente: Sabina de ingeniería www.sabina-agrotul.com</p> | <p>Materia: Acero inoxidable</p> <p>Capacidad: 2500 l</p> |

6.5. Esquema tecnológico

En la siguiente figura se presenta el esquema tecnológico del proceso de producción



Proyecto
DISEÑO DEL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE PASTA DE CHILE
HABANERO, MEDIANTE
FERMENTACIÓN ÁCIDO LÁCTICA

Contenido
Diagrama tecnológico

Diseñado
Br. Allison Molina Galeano
Br. Anayka Reyes García

Tutor
Ing. Silvano Cruz Sánchez

Hoja 1/1
Sin escala

6.6. Vista de planta

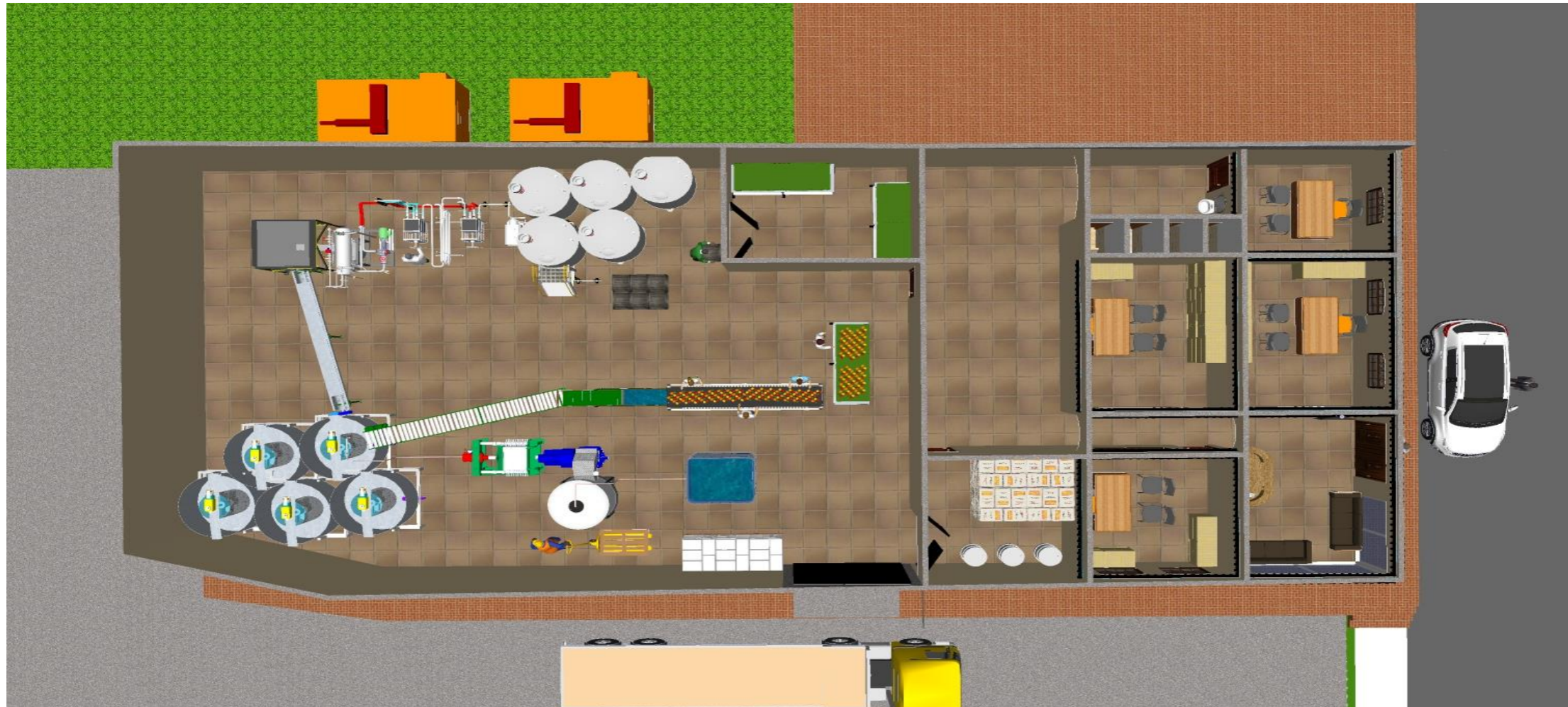


Figura 23. Vista de planta

6.7. Talento humano del proceso de producción

Para la operación de los diferentes equipos presentes en el proceso de producción se requerirá del siguiente talento humano:

Tabla 16. Talento humano del proceso de producción

| | Cantidad | Ubicación | Nivel de estudio |
|---|-----------------|---|---|
| Mano de obra directa Calificada | | | |
| Operarios de producción | 4 | Equipos y maquinarias | Ingeniería química alimentos e industrial |
| Responsable de mantenimiento | 1 | Reparación preventiva y correctiva (si aplica) | Ingeniero mecánico o electromecánico |
| Mano de obra directa No Calificada | | | |
| Operaciones de envasado y bodega | 3 | Envasado y bodega | Bachiller |
| Operarios de descarga y selección | 8 | Descarga de cajillas y selección de tomates y limones | Indistinto |
| Mano de obra indirecta Calificada | | | |
| Jefe de producción | 1 | | Ingeniería química e industrial |
| Supervisor de calidad | 1 | | Ingeniería química o alimentos |
| Total | 18 | | |

En total se tienen 16 personas como mano de obrar directa y 2 como mano de obra indirecta.

6.8. Estimación del capital fijo total

6.8.1. Costo total de los equipos y auxiliares del proceso

En la siguiente tabla se presenta la inversión en equipos y auxiliares para el proceso productivo:

Tabla 17. Estimación de la inversión en equipos y auxiliares

| Equipo | Unidad | Costo individual (USD) | Costo total (USD) | Observación |
|--|---------------|-------------------------------|--------------------------|--|
| Banda transportadora de bandas | 1 | 750.00 | 750.00 | Equipo internacional Requiere instalación |
| Lavadora | 1 | 9,750.00 | 9,750.00 | Equipo internacional Requiere instalación |
| Transportador de rodillos | 1 | 1,350.00 | 1,350.00 | Equipo nacional Requiere instalación |
| Tanque cerrado con agitador | 1 | 4,500.00 | 4,500.00 | Equipo nacional Requiere instalación |
| Tanque de fermentación | 5 | 1,750.00 | 8,750.00 | Equipo nacional Requiere instalación |
| Transportador de tornillo sin fin | 1 | 1,350.00 | 1,350.00 | Equipo nacional Requiere instalación |
| Molino de martillos | 1 | 3,900.00 | 3,900.00 | Equipo internacional Requiere instalación |
| Bomba diafragma doble | 1 | 500.00 | 500.00 | Equipo internacional Requiere instalación |
| Tanque de almacenamiento | 5 | 1,275.00 | 6,375.00 | Equipo nacional Requiere instalación |
| Bomba centrífuga | 1 | 320.00 | 320.00 | Equipo nacional Requiere instalación |
| Total (USD) | 18 | 25,445.00 | 37,545.00 | |

Para el proceso de producción se requieren un total de 18 equipos con una inversión estimada de USD 37,545.00.

6.8.2. Inversión fija total

La inversión fija total del proceso de producción se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 18. 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% | 14,900.00 |
| C. CIF (10% * C.E.A.) | 10% | 1,490.00 |
| Subtotal costo de equipos puesto en planta (C.E.P.P) | | 39,035.00 |
| C. de instalación | 39% | 15,223.65 |
| C. Instrumentos y control | 26% | 10,149.10 |
| C. tubería y accesorios | 31% | 12,100.85 |
| C. instalación eléctrica | 10% | 3,903.50 |
| C. edificios | 29% | 11,320.15 |
| C. mejoras del terreno | 12% | 4,684.20 |
| C. servicio | 55% | 21,469.25 |
| Total costos directos | | 117,885.70 |
| Costos indirectos | | |
| C. ingeniería y supervisión | 32% | 12,491.20 |
| C. construcción | 34% | 13,271.90 |
| C. seguros e impuestos de construcción | 4% | 1,561.40 |
| C. honorarios de los contratistas | 19% | 7,416.65 |
| Gastos imprevistos | 37% | 14,442.95 |
| Total costos indirectos | | 49,184.10 |
| Inversión de capital fijo (USD) | | 167,069.80 |

Se estima una inversión de capital fijo equivalente a USD 167,069.80.

6.9. Costo de producción

La estimación de los costos de producción para un año de operación de la planta se presenta en la siguiente tabla (ver anexo D. Estimación del costo de materia prima y mano de obra):

Tabla 19. Estimación del costo de producción

| Concepto | Porcentaje aplicado | Costo anual (USD) | Costo total anual (USD) |
|--|---------------------|----------------------|-------------------------|
| C. materia prima e insumos | 100% | 1,893,607.46 | 1,893,607.46 |
| C. mano de obra | 100% | 32,160.00 | 32,160.00 |
| C. supervisión e ingeniería | 100% | 10,200.00 | 10,200.00 |
| C. mantenimiento y reparación | 6% | C. equipos en planta | 2,342.10 |
| C. auxiliares y servicios | 15% | C. MTTO | 351.32 |
| C. suministros de operación | 15% | C. MTTO | 351.32 |
| Costos directos de producción (USD/año) | | | 1,939,012.19 |
| Gasto de laboratorio | 15% | C. MO | 4,824.00 |
| Cargos a panillas | 100% | 17,014.60 | 17,014.60 |
| Gastos generales de la planta | 6% | C. MTTO | 140.53 |
| Costos indirectos de producción (USD/año) | | | 21,979.13 |
| Gasto de depreciación | 10% | 3,754.50 | 3,754.50 |
| Gastos impuestos y seguros | 3% | C. equipos en planta | 1,171.05 |
| Costos fijos de producción (USD/año) | | | 4,925.55 |
| Costo de producción (USD/año) | | | 1,965,916.86 |

De acuerdo con la tabla anterior, se estima un costo de producción anual de USD 1,965,916.86.

6.10. Plan de medidas ambientales

Para realizar el plan de medidas ambientales, se identificaron las siguientes actividades que podrían generar impactos ambientales negativos en la operación del proceso de producción:

| | |
|--------------------------|---|
| Proceso de producción | Generación de ruido y vibraciones. Infraestructura |
| Consumo de agua | Uso de agua potable tanto para proceso como consumo humano |
| Tratamiento de efluentes | Generación de efluentes tratados para su descarga en los cuerpos de agua o alcantarillado municipal |

Figura 24. Identificación de principales actividades del proceso con impactos ambientales negativos

6.10.1. Identificación de Impactos ambientales negativos

Identificadas las principales actividades del proceso de producción con impacto ambiental negativo, se relacionaron las causas-efectos. En la siguiente tabla se mencionan los impactos ambientales negativos:

Tabla 20. Identificación de impactos ambientales negativos

| Código | Actividades del proyecto | Factor ambiental impactado | Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental |
|---------------|---------------------------------|--------------------------------------|--|
| C1M3 | Proceso de producción | HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Varios equipos de proceso operan simultáneamente ocasionan ruido y vibraciones |
| C2M5 | Consumo de agua | RUIDOS Y VIBRACIONES | Un exceso en el consumo de agua podría reducir el manto acuífero |
| C3M5 | Tratamiento de efluentes | HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Un mal tratamiento podría ocasionar una descarga de agua tratada con alta carga orgánica |
| C3M21 | | SALUD | Fugas o mal tratamiento de las aguas residuales podría ocasionar daños en la salud de las personas |

6.10.2. Matriz de Importancia de Impactos ambientales negativos

La importancia y el grado de alteración del impacto global de los impactos ambientales negativos identificados en la operación del proceso de producción se presentan en la siguiente tabla (Ver anexo E. Matrices de evaluación de impactos ambientales negativos):

Tabla 21. Matriz de importancia de impactos ambientales negativos

| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO | | | | | | | |
|--|-----|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS | | | | | | M003 | |
| FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO | | ETAPA: OPERACION | | | | | |
| | | ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO | | | | | |
| | | Proceso de producción | Consumo de agua | Tratamiento de efluentes | Valor de la Alterac | Máxim o valor de la | Grado de Alterac |
| FACTOR | COD | C1 | C2 | C3 | | | |
| CLIMA | M1 | | | | | | |
| CALIDAD DEL AIRE | M2 | | | | | | |
| RUIDOS Y VIBRACIONES | M3 | 31 | | | 31 | 100 | 31 |
| GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA | M4 | | | | | | |
| HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | M5 | | 34 | 30 | 64 | 200 | 32 |
| SUELO | M6 | | | | | | |
| VEGETACIÓN | M7 | | | | | | |
| FAUNA | M8 | | | | | | |
| PAISAJE | M9 | | | | | | |
| RELACIONES ECOLÓGICAS | M10 | | | | | | |
| SISTEMA DE ASENTAMIENTO | M11 | | | | | | |
| TRANSPORTE | M12 | | | | | | |
| ACUEDUCTO | M13 | | | | | | |
| ALCANTARILLADO | M14 | | | | | | |
| TRATAMIENTO DES. SOLIDOS | M15 | | | | | | |
| HÁBITAT | M16 | | | | | | |
| ESPACIOS PÚBLICOS | M17 | | | | | | |
| PAISAJE URBANO | M18 | | | | | | |
| EQUIPAMIENTO DE SERVICIO | M19 | | | | | | |
| REGULACIONES URB. Y ARQ. | M20 | | | | | | |
| SALUD | M21 | | | 29 | 29 | 100 | 29 |
| CALIDAD DE VIDA | M22 | | | | | | |
| FACTORES SOCIOCULTURALES | M23 | | | | | | |
| VULNERABILIDAD | M24 | | | | | | |
| ECONOMÍA | M25 | | | | | | |
| RELACIONES DEPENDENCIA | M26 | | | | | | |
| FUENTES ENERGÉTICAS | M27 | | | | | | |
| Valor Medio de Importancia | | 31 | | | | | |
| Dispersión Típica | | 2 | | | | | |
| Rango de Discriminación | | 29 | | 33 | | | |
| Valor de la Alteración | | 31 | 34 | 59 | 124 | | |
| Máximo Valor de Alteración | | 100 | 100 | 200 | | 400 | |
| Grado de Alteración | | 31 | 34 | 30 | | | 31 |
| En el caso de los negativos | | | | | | | |
| Valor por encima del rango | | | | | | | IMPACTOS CRÍTICOS |
| Valor dentro del rango | | | | | | | IMPACTOS MODERADOS |
| Valor por debajo del rango | | | | | | | IMPACTOS IRRELEVANTES |

6.10.3. Planes de medidas ambientales

Se proponen acciones de prevención para eliminar o reducir los posibles impactos ambientales que podrían ocasionar las actividades del proceso de producción:

Tabla 22. Medidas ambientales para el proceso de producción

| Código | Actividades del proyecto | Factor ambiental impactado | Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental | Categoría del impacto ambiental | Medida ambiental propuesta | Descripción para su implementación |
|--------|--------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------|---|---|
| C1M3 | Proceso de producción | RUIDOS Y VIBRACIONES | Varios equipos de proceso operan simultáneamente ocasionan ruido y vibraciones | Moderado | Aplicación de Higiene y seguridad laboral | A los colaboradores se les debe brindar protectores de oídos y equipos de seguridad de acuerdo a las actividades que realicen |
| C2M5 | Consumo de agua | HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Un exceso en el consumo de agua podría reducir el manto acuífero | Crítico | Aplicar producción más limpia | Establecer indicadores de consumo de agua y brindarle un seguimiento mensual |
| C3M5 | Tratamiento de efluentes | HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | Un mal tratamiento podría ocasionar una descarga de agua tratada con alta carga orgánica | Moderado | Monitoreo y seguimiento al sistema de tratamiento | Establecer indicadores de calidad de descarga del agua residual tratada |
| C3M21 | | SALUD | Fugas o mal tratamiento de las aguas residuales podría ocasionar daños en la salud de las personas | Moderado | | Implementar un plan de mantenimiento preventivo en el sistema de tratamiento |

VII. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este trabajo monográfico se demostró la utilidad de los procesos de biotransformación bacteriana en la realización de la pasta de chile habanero. Ya que se mejoró considerablemente el aroma, color y textura del producto final.

Para la materia prima como el producto terminado fueron caracterizados aplicando el Codex Alimentarius para el chile habanero y la norma mexicana NOM-189-SCFI-2017 Chile habanero de la Península de Yucatán (*Capsicum Chinense* Jacq.), dado que en Nicaragua no existe una Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense referida para el procesamiento de chile habanero. Para el proceso se utiliza chile habanero rojo (maduro) o anaranjado, por ser atractivos en el mercado.

Definiendo una capacidad de producción de pasta de chile habanero de 660 kg/h, se describió el proceso de producción y, realizó el balance de materia y energía, resultando una selección y dimensionamiento de 18 equipos y auxiliares, tales como: lavadora, tanques para la preparación de salmuera, molino de martillos, entre otros.

Aplicando los índices propuestos por Timmerhaus & Petters (2003) para la industria de fluidos sólidos, se estimó el costo de producción para un año de operación, equivalentes a USD 1,965,916.86.

Se realizó un plan de medidas ambientales para los cuatro impactos identificados como relevantes en la operación del proceso, siendo estos: proceso de producción, consumo de agua y tratamiento de efluentes. Se determinó que existe un impacto ambiental crítico y tres moderados. Para cada uno de los impactos se elaboró un plan de medidas ambientales.

VIII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones del presente estudio son:

- Realizar estudio de prefactibilidad para la instalación, procesamiento y comercialización de la pasta de chile habanero para determinar la rentabilidad de este.
- Plantear la elaboración de una norma NTON referida para al chile sin procesar como productos derivados del chile, específicamente a pasta y salsas.
- Analizar el uso de la salmuera eliminada en el proceso de fermentación, ya sea como iniciador u otro uso.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Battcock, M., & Azam-Ali, S. (1998). *Fermented fruits and vegetables* (Primera ed.). Roma: Food and Agriculture Organization of the United.
- Ambientum- El portal profesional del medio ambiente. (s.f.). *Ambientum.com*.
Obtenido de https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/tipos_de_fermentacion.asp
- APEN. (Febrero de 2014). Hacia una nueva estructura productiva 2014 . *Nicaragua Exporta*, 18-19.
- APEN. (2017). Exportar motor del desarrollo. *Nicaragua Exporta*, 63.
- Baasel, W. (s.f.). *Preliminary chemical engineering plant design*. ELSEVIER.
- Benninga, H. (1990). *A History of Lactic Acid Making: A Chapter in the History of Biotechnology*. Springer Science & Business Media .
- Botta, A., & Tort, V. (2015). El chile en el mundo. *Técnico Superior en Gestión Gastronómica Seminario de Integración*. Santa Fe.
- Calleja, D. C. (S.f). *Nuevas tecnologías en la conservación y transformación de los alimentos*. Madrid: IM Y C.
- Casp Vanaclocha, A. (2004). *Diseño de industrias agroalimentarias* (Primera ed.). Barcelona: Editoriales Mundi-Prensa.
- Codex Alimentarius . (2011). *CODEX STAN 307-2011 Norma del Codex para el chile*.
- 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*.
- Dunlop-Enerka Belting. (1994). *Conveyor belt technique*.
- Dzul, R. I. (14 de Agosto de 2014). UIMQROO. *Caracterización de los morfotipos de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.) presentes en seis comunidades de Quintana roo*. Mexico.
- Fernández Verde, D., & Fernández Rico, E. (2017). *Comunicación empresarial y atención al cliente* (Segunda ed.). España: Ediciones paraninfo.
- Franco, B., & Martínez, L. (1985). *Equipos para la industria química y alimentaria* (Primera ed.). España: Editorial Alhambra S.A.

- Frazier, W., & Westhoff, D. (1993). *Microbiología de los alimentos* (Cuarta ed.). Zaragoza: Editorial Acribia S.A.
- García, A., & Mora, N. (2007). susceptibilidad de bacterias ácido láctico (BAL) frente a diversos antibióticos. Hidalgo.
- Gerard J. Torta, Berdell R. Funke, Christine L. Casee. (2007). Introducción a la Microbiología. En B. R. Gerard J. Torta, *Introducción a la Microbiología 9a Ed* (pág. 137). Buenos Aires: Medica Pnamericana.
- Gobierno de la República de Nicaragua . (2000). *Política ambiental de Nicaragua*. Managua.
- González, I. Y. (2017). Bacterias que enferman a los alimentos. *Revista énfasis E Alimentación*, <http://www.alimentacion.énfasis.com/articulos/77107-bacterias-que-enferman-los-alimentos->.
- Hernández, A. (2003). *Microbiología industrial* (Primera ed.). Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Himmelblau, D. M. (1997). *Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química* (Sexta ed.). Mexico: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S. A.
- Holzappel, W., & Wood, B. J. (2012). *The Genera of Lactic Acid Bacteria*. Springer Science & Business Media.
- ICMSF. (s.f.). *Micro-organisms in foods* (Segunda ed.). New York: Plenum Publishers.
- Ignacio, G., & Nancy, G. (2006). *Estudios preliminares de la fermentación de Chile jalapeño (Capsicum annum L)*.
- La Gaceta No 163. (1996). *Decreto No. 9-96- Reglamento de la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales* .
- La importancia de conocer la actividad de agua. (2012). *Interempresas*.
- La Prensa. (19 de junio de 2014). El Secreto del chilango. pág. 4C.
- Ley N. 217. (31 de enero de 2014). Ley General del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. *Diario Oficial La Gaceta No 20*.
- Lifeder.com. (s.f). *Lifeder.com*. Obtenido de Lifeder.com: <https://www.lifeder.com/fermentacion-lactico>
- Maderas P&C. (2013). Catalogo del Chile.
- magazine. (2013). Los chiles en el mundo. *gastronomia*, 12.
- Maroulis, Z., & Saravacos, G. (2003). *Food process design* (Primera ed.). Marcel Dekker Inc.

- Martínez, L. (17 de julio de 2010). Ambiciosas metas con exportación de Chile. *La Prensa*, pág. <https://is.gd/hF84ub>.
- McCabe, W., Smith, J., & Harriorr, P. (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química* (Séptima edición ed.). México: McGraw-Hill interamericana.
- Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. (2011). *Política de industrialización*. Managua.
- Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. (2017). *Ejes del programa nacional de desarrollo humano*.
- 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.
- Norma Oficial Mexicana. (25 de mayo de 2017). NOM-189-SCFI-2017 Chile habanero de la Península de Yucatán (*Capsicum Chinense Jacq.*)– Especificaciones y métodos de prueba.
- Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. (11 de febrero de 2000). NTON-05 007-98 Clasificación de recursos hídricos. *La Gaceta N° 30*.
- Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. (1 de septiembre de 2010). NTON 03 031-09 Sal fortificada con yodo y flúor. *La Gaceta No. 167*.
- Paramithiotis, S. (2016). *Lactic acid fermentation of fruits and vegetables* (Primera ed.). Florida: Taylor & Francis Group.
- Pérez, C., & Trujillo, C. (2011). Estudio de los parámetros de fermentación de vegetales por los métodos de sumergido y salado en seco. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua.
- Reglamento Técnico Centroamericano. (2010). *RTCA 67.04.54:10 Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios*.
- Republica de las ideas. (2013). *Gatromonia y Cia*. Obtenido de <https://gastronomiaycia.republica.com/2013/03/14/que-son-los-pickles/>
- Revista Fuente. (2011). Bacterias Lácticas: importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Revista Fuente*, <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/1.pdf>.
- Rosabal, J., & Valle, M. (1989). *Hidrodinámicas y separaciones mecánicas* (Primera ed.). Ediciones ENPES.

- Salminen, S., von Wright, A., & Ouwehand, A. (2004). *Lactic acid bacteria* (Tercera ed.). New York: Marcel Dekker Inc.
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos* (Quinta ed.). Bogotá: McGraw Hill.
- SIFUPRO. (08 de 2013). Paquete tecnológico de chile habanero. *Transferencia de tecnología para la obtención de capsicina en chile habanero*.
- Silla, H. (2003). *Chemical process engineering* (Primera ed.). New York: Marcel Dekker Inc.
- Sinnott, R., & Towler, G. (2013). *Chemical engineering design*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- SolidWorks Corporation. (S.f.). *Diseño de productos: optimización paramétrica*.
- Timmerhaus, K., & Petters, M. (2003). *Plant design and economics for chemical engineers* (Fifth Edition ed.). EE.UU.: McGraw-Hill Inc.
- TN8. (15 de septiembre de 2017). *TN8.tv*. Obtenido de TN8.tv: <https://is.gd/O6tM3f>
- Towler, G., & Sinnott, R. (2008). *Chemical Engineering Design* (Primera ed.). Elsevier.
- Ulrich, G. (1992). *Diseño y economía de los procesos de ingeniería química*. México: McGraw-Hill Education.
- Urbina, G. B. (2013). *Evaluación de proyectos* (Séptima ed.). México: McGraw Hill.
- Zavala, Tellez, Gutierrez, Rodriguez. (2011). *La química en tus manos III*. Mexico.

X. ANEXOS

Anexo A. Datos del laboratorio

Anexo B. Resultados del balance de materia y energía

Anexo C. Cálculos para la selección y dimensionamiento de equipos

Anexo D. Estimación del costo de materia prima y mano de obra

Anexo E. Matrices de evaluación de impactos ambientales negativos

Anexo A. Datos del laboratorio

| Tipo de Chile | Chile Rojo | Chile Amarillo |
|----------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Peso en Gramos(g) | 915.0 | 549.1 |
| Salmuera (12%) P/V (g/ml) | 2000 | 2000 |
| Grados Brix° | 10 | 10 |
| Densidad (kg/m3) | 351.6 | |
| Peso promedio | 6 | 6 |

Comportamiento del pH vrs tiempo

| T=25°C | pH | |
|---------------|-------------------|-----------------------|
| Dia | Chile Rojo | Chile Amarillo |
| 1 | 7.54 | 7.63 |
| 3 | 4.86 | 4.76 |
| 5 | 4.41 | 3.93 |
| 7 | 3.65 | 3.49 |
| 9 | 3.46 | 3.39 |
| 11 | 3.43 | 3.34 |
| 12 | 3.4 | 3.32 |
| 14 | 3.25 | 3.22 |
| 16 | 3.19 | 3.16 |



Figura 25. lavado chiles rojos



Figura 26. Lavado chiles anaranjados



Figura 27. Licuado chiles rojos

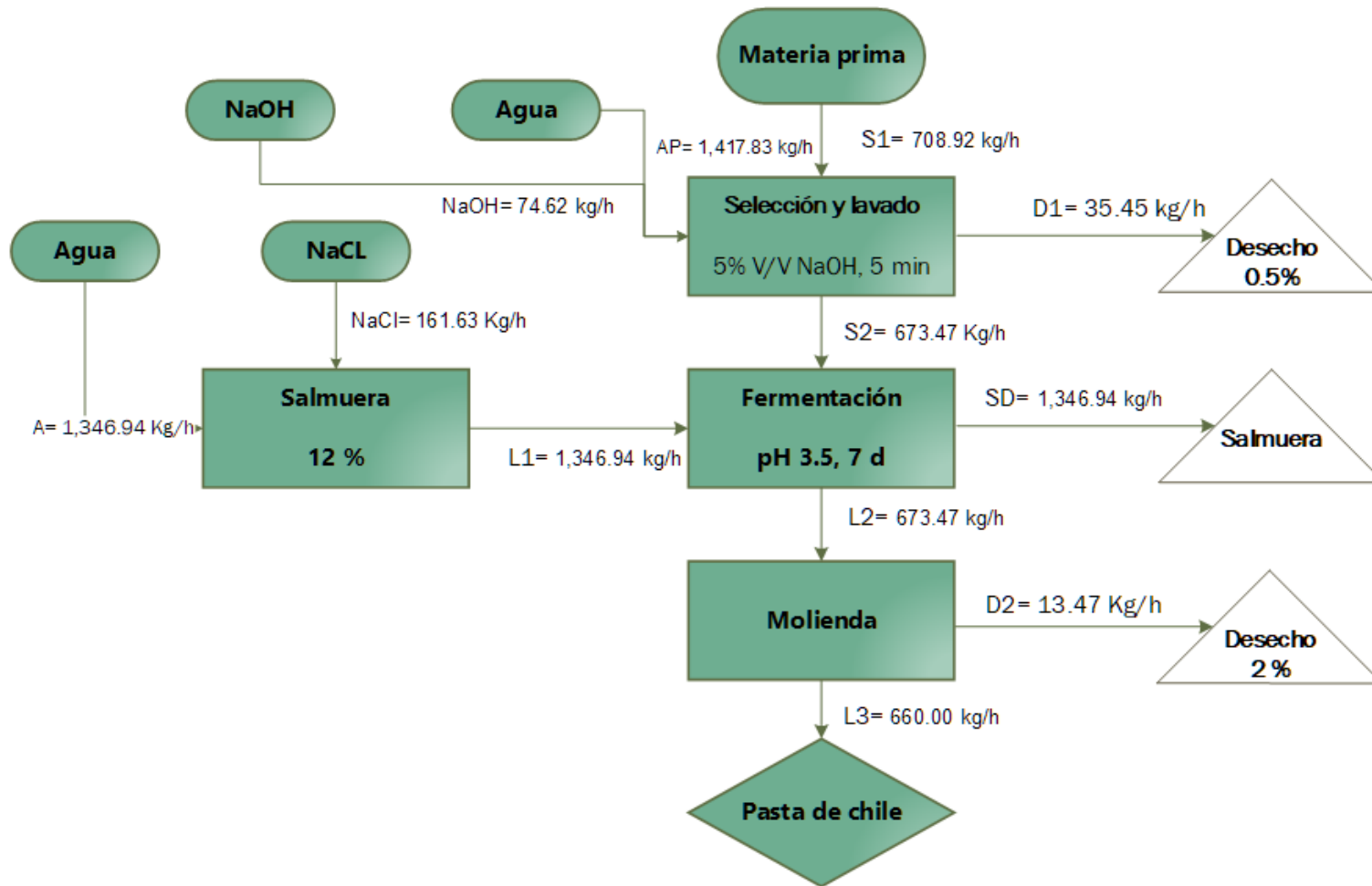


Figura 28. Licuado chiles anaranjados



Figura 29. Productos terminados

Anexo B. Resultados del balance de materiales



Anexo C. Cálculos del dimensionamiento de equipos

Transportador de bandas

| | |
|---|-----------------------|
| Velocidad de la banda: v | 0.52 m/s |
| Ancho de la banda: B | 500.00 mm |
| Área de sección transversal del flujo de carga: A | 0.0483 m ² |

Arreglo de transporte Plano

Rodillos 600 mm

Capacidad del transportador: Q 90.42 m³/h

Flujo de carga: Qm 31.79 ton/h

$$Q_m = Q * \rho * g$$

CB 133

CL 454

kf 1

$$P_1 = \frac{C_B * v * Q_m}{C_L * k_f}$$

Potencia de transporte vacío: P1 4.84 kW

H 0

Potencia de carga: P2 0 kW

$$P_2 = \frac{H * Q_m}{367}$$

Potencia de fricción: P3 0.078 kW

$$P_3 = 0.3 * B * v$$

Potencia motor: Pm 4.92 kW

| | Lavadora | | |
|--------------------------------|-----------------|------|-------------------|
| Flujo másico de chile | 708.92 | | kg/h |
| Flujo másico de chile | 11.82 | | kg/min |
| Volumen de chiles | 2.02 | | m ³ /h |
| Dimensiones del lavado | | | |
| Largo | 3.00 | | m |
| Alto | | 0.75 | m |
| Anchura | | 1 | m |
| Tiempo de remoción de agua | | 15 | min |
| Capacidad de la lavadora | | 2.25 | m ³ |
| Flujo másico de agua utilizada | 2,250.00 | | l/h |

Tanque de salmuera

| | |
|----------------------------|---|
| Salmuera (kg/h) | 1,346.94 |
| Cargas del tanque | 1 |
| V tanque | 1,346.94 l/h |
| V tanque sobredimensionado | 1,446.94 l |
| P operación | 1.03 kg/cm ² |
| Presión de diseño | $P_D = P_o + \rho_{agua} * h_{liquido}$ |
| h líquido | 0.800 m |
| P diseño | 1.110 kg/cm ² |
| | 15.788 lb/pulg ² |

tamaño óptimo del tanque

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

| | |
|----|-----------------------------|
| P | 15.788 lb/pulg ² |
| C | 0.077 pulg |
| S | 35000 lb/pulg ² |
| E | 0.85 |
| V | 51.10 pies ³ |
| F | 0.00689 |
| Di | 3.00 pies |
| | 0.91 m |

volumen del fondo Toriesférico

$$V_f = 0.1 * D_i^3$$

| | |
|----------------------------------|------------------------|
| Vf | 2.70 pies ³ |
| altura interior total del tanque | |

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

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

| | |
|-----|-----------|
| Lcc | 6.85 pies |
|-----|-----------|

espesor del cuerpo cilíndrico

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

| | |
|-------------------------------|--------|
| tc: espesor (pulg) | |
| P: Presión de diseño (PSI) | 15.788 |
| R: Radio del tanque (pulg) | 1.50 |
| S: Esfuerzo admisible (PSI) | 35000 |
| E: Eficiencia de la junta | 0.85 |
| C: Margen de corrosión (pulg) | 0.077 |

| | |
|----|-----------|
| tc | 0.08 pulg |
| | 1.98 mm |

espesor del fondo toriesféricos del tanque

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

| | | |
|--------|--------------|--|
| E | 1 | |
| r=L/10 | 3.60 pulg | |
| L/r | 10 | |
| M | 1.54 | Pressure vessel desing m: Valores factor M |
| t | 0.08950 pulg | |
| | 2.27 mm | |

Dimensiones comerciales de lámina en acero inoxidable SA 240 -304. Se considera un espesor de 3 mm.

altura del fondo toriesférico del tanque

| | |
|---------------|----------------------------|
| espesor total | 0.24 pulg |
| De | 36.24 pulg |
| R | 36.24 pulg |
| r | 3.62 pulg |
| e | 0.12 pulg |
| h1 | 0.41 pulg |
| h2 | 6.96 pulg |
| H | 7.49 pulg |
| Dd | 40.99 pulg |
| V(h2) | 4665.600 pulg ³ |

asume

$$R = D_e$$

$$r = R / 10$$

$$h_1 \geq 3.5e$$

$$h_2 = 0.1935D_e - 0.455e$$

$$H = h_2 + h_1 + e$$

$$D_d = 1.11D_e + 1.85h_1$$

$$V(h_2) = 0.1D_i^3$$

ALTURA TOTAL DEL TANQUE

$$L_T = L_c + H$$

| | | |
|----|-----------|------|
| LT | 7.47 pies | |
| | 227.72 cm | 2.28 |

Agitador

Rodete de palas planas inclinadas debido a que genera un flujo turbulento, fácil fabricación y bajo costo.
Tanque con placas deflectoras

| | | |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| $\frac{h_1}{d_1} = 1$ | $\frac{h_3}{d_2} = 0.177$ | $\frac{\delta_1}{d_1} = 0.1$ |
| $\frac{d_2}{d_1} = 0.337$ | $\alpha = 45^\circ$ | $\frac{\delta_2}{d_1} = 0.02$ |
| $h_2 = 0.17 + 0.34d_1$ | $\delta = \text{Deflectores}$ | $L_c = L_T - h_2$ |

| | |
|-------|-------------|
| Dt=d1 | 914.40 mm |
| h1 | 914.40 mm |
| d2 | 308.15 mm |
| h2 | 311.07 mm |
| h3 | 54.54 mm |
| s1 | 91.44 mm |
| s2 | 18.29 mm |
| Lt | 2,277.18 mm |
| Le | 1,966.11 mm |

Deflectores

S

Tanque con cuatro placas deflectoras, ancho de 1/12 del diámetro del tanque

76.20 mm

3.00 pulg

$$\delta = \text{Ancho deflector} * d_1$$

Comercialmente, platina de 4" de ancho por 3/16" de espesor.

Potencia del agitador

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

n

150 rpm

2.5 rps

u

8.00E-04 kg/ms

Re

2.97E+05

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

Np

4 gráf 27

P

173.66 w

0.23 hp

Pm

0.26 hp

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

$$P = 1.25 * P_m$$

P

0.32 hp

241.20 W

Molino de martillo

Flujo másico entrada al molino

673.47 kg/h

Flujo másico entrada al molino

11.22 kg/s

Tamaño promedio de entrada del sólido: De

4.5 mm

Tamaño promedio de salida producto de la reducción: I

0.05 mm

R

90

$$P = 1.0 * \dot{m}^{0.06} * R$$

Potencia

133.03 kW

Bombeo de salmuera 12%

| | | |
|------------------------------------|--|---------------------|
| Volumen lote | 673.47 l | |
| Tiempo vaciado tanque | 15 min | |
| Caudal | 44.90 l/min | |
| | 11.86 gal/min | |
| Rugosidad de la tubería inoxidable | 0.8 mu | k |
| Altura de succión | 0 m | |
| Altura de descarga | 1.5 m | |
| Presión atmosférica | | |
| Pérdida hr | 4 m | |
| Carga total (H) | $H = (z_2 - z_1) + \frac{P_2}{\rho} + h_r$ | |
| H | 5.50 m | |
| | 18.04 pies | |
| Potencia | 0.3 hp | 223.71 W |
| Eficiencia | 30% | |
| NPSHr | 4 m | |
| n | 3450 rpm | pg 426. Robert Mott |
| Conexión de succión | 1 pulg | 25.40 mm |
| Conexión de descargar | 0.75 pulg | 19.05 mm |
| Diámetro del impulsor | 3.187 pulg | 80.95 mm |

Anexo D. Estimación del costo de materia prima y mano de obra

Tabla 23. Costos unitarios de materia prima e insumos

| Concepto | Valor | Unidad | Observación |
|--------------------|-------|--------|---------------------------|
| Chile habanero | 1.26 | USD/kg | Estadística precios MIFIC |
| Cloruro de sodio | 0.06 | USD/kg | Distribuidora El Caribe |
| Hidróxido de sodio | 0.20 | USD/kg | Distribuidora El Caribe |
| Agua | 0.92 | USD/m3 | Estadísticas BCN |
| Baldes plásticos | 1.48 | USD/ud | Alibaba |

Tabla 24. Costo de materia prima e insumos

| Concepto | Consumo anual (kg/año) | Costo anual (USD) |
|------------------------------|------------------------|---------------------|
| Chile habanero | 1,361,117.08 | 1,715,038.70 |
| Cloruro de sodio | 310,334.69 | 19,551.44 |
| Hidróxido de sodio | 143,275.48 | 28,655.10 |
| Agua | 5,308.36 | 4,876.24 |
| Envasado | | |
| Baldes plásticos | 85,017.60 | 125,486 |
| Costo total (USD/año) | | 1,893,607.46 |

Tabla 25. 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 | 500.00 | 6,000.00 | 107.50 | 10.00 | 500.00 | 500.00 | 2,410.00 |
| Supervisor de calidad | 1 | 400 | 350.00 | 4,200.00 | 75.25 | 7.00 | 350.00 | 350.00 | 1,687.00 |
| Subtotal MO indirecta | 2 | 950.00 | 850.00 | 10,200.00 | 182.75 | 17.00 | 850.00 | 850.00 | 4,097.00 |
| Operarios de descarga y selección | 8 | 115 | 920.00 | 11,040.00 | 197.80 | 18.40 | 920.00 | 920.00 | 4,434.40 |
| Operarios de producción | 4 | 250 | 1,000.00 | 12,000.00 | 215.00 | 20.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 4,820.00 |
| Responsable de Mantenimiento | 1 | 280 | 280.00 | 3,360.00 | 60.20 | 5.60 | 280.00 | 280.00 | 1,349.60 |
| Operarios de envasado y bodega | 3 | 160 | 480.00 | 5,760.00 | 103.20 | 9.60 | 480.00 | 480.00 | 2,313.60 |
| Subtotal MO directa | 16 | 805.00 | 2,680.00 | 32,160.00 | 576.20 | 53.60 | 2,680.00 | 2,680.00 | 12,917.60 |

Cálculo basado para empresas con menos de 50 trabajadores.

Anexo E. Matrices de evaluación de impactos ambientales negativos

Tabla 26. Matriz causa-efecto de los impactos negativos

| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO | | | | |
|--|------------|--|------------------------|---------------------------------|
| <i>MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS</i> | | | | |
| <i>FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR</i> | | <i>ETAPA: OPERACIÓN</i> | | |
| | | <i>ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO</i> | | |
| | | <i>Proceso de producción</i> | <i>Consumo de agua</i> | <i>Tratamiento de efluentes</i> |
| <i>FACTOR</i> | <i>CO</i> | <i>C1</i> | <i>C2</i> | <i>C3</i> |
| CALIDAD DEL AIRE | M2 | | | |
| RUIDOS Y VIBRACIONES | M3 | C1M3 | | |
| GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA | M4 | | | |
| HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA | M5 | | C2M5 | C3M5 |
| SUELO | M6 | | | |
| VEGETACIÓN | M7 | | | |
| FAUNA | M8 | | | |
| PAISAJE | M9 | | | |
| RELACIONES ECOLÓGICAS | M10 | | | |
| SISTEMA DE ASENTAMIENTO | M11 | | | |
| TRANSPORTE Y VIALIDAD | M12 | | | |
| ACUEDUCTO | M13 | | | |
| ALCANTARILLADO | M14 | | | |
| TRATAMIENTO DES. SOLIDOS | M15 | | | |
| HÁBITAT HUMANO | M16 | | | |
| ESPACIOS PÚBLICOS | M17 | | | |
| PAISAJE URBANO | M18 | | | |
| EQUIPAMIENTO DE SERVICIO | M19 | | | |
| REGULACIONES URB. Y ARQ. | M20 | | | |
| SALUD | M21 | | | C3M21 |
| CALIDAD DE VIDA | M22 | | | |
| FACTORES SOCIOCULTURALES | M23 | | | |
| VULNERABILIDAD | M24 | | | |
| ECONOMÍA | M25 | | | |
| RELACIONES DEPENDENCIA | M26 | | | |
| FUENTES ENERGÉTICAS | M27 | | | |

Tabla 27. Matriz de valores de los atributos de los impactos ambientales negativos

| I M P A C T O S | VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS | | | | | | | | | | | | | | Importancia [I= - (3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PR + PS)] | Valor Máximo de Importancia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------|------|----------|-------|--------------------------------|---------|---------|-------|---------|----------------------------------|-------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|-------|----------------------------------|------------|-------------------------------------|------------------------|---|-----------------------|--------------------------------|-------------|---|--------|--|-----------|---------|-------------------------|-----------|----------|--------|-------|------|--------|-------|
| | (-) | (+) | 1 | 2 | 4 | 8 | 12 | 1 | 2 | 4 | 8 | 12 | 1 | 2 | | | 4 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 8 | 12 | | | | | | | | | | | |
| | impacto perjudicial | impacto beneficioso | Baja | Media | Alta | Muy alta | Total | Puntual | Parcial | Extenso | Total | Crítica | Largo plazo | Medio plazo | | | Inmediato | Fugaz | Temporal | Permanente | Recuperable a c. Plazo | Recuperable a m. plazo | Irrecuperable | Simple (sin sinergia) | Sinérgico | Acumulativo | improbable | Dudoso | Cierto | Indirecto | Directo | Irregular y discontinuo | Periódico | Continuo | Mínima | Media | Alta | Máxima | Total |
| | Natural eza | | Intensidad (grado de destrucción) | | | | | Extensión (Area de influencia) | | | | | Momento (plazo de manifestación) | | | | Persistencia (permanencia del efecto) | | Reversibilidad (recuperabilidad) | | Acumulación (incremento progresivo) | | Probabilidad (certidumbre de aparición) | | Efecto (relación causa efecto) | | Periodicidad (regularidad de manifestación) | | Percepción social (grado de percepción del impacto por la población) | | | | | | | | | | |
| Signo | | I | | | | | Ex | | | | | Mo | | Pr | | Rv | | Ac | | Pb | | Ef | | Pr | | PS | | | | | S | S | | | | | | | |
| C1M 3 | (-) | | 2 | | | | | 1 | | | | 4 | | | 4 | | | 1 | | | 1 | | 4 | | 4 | | 4 | | | | | | 1 | | | | 31 | 100 | |
| C2M 5 | (-) | | 4 | | | | | 2 | | | | 2 | | | 2 | | | 1 | | | 1 | | 2 | | 4 | | 4 | | | | | | 2 | | | | 34 | 100 | |
| C3M 5 | (-) | | 2 | | | | | 2 | | | | 4 | | | 2 | | | 1 | | | 1 | | 2 | | 4 | | 4 | | | | | | 2 | | | | 30 | 100 | |
| C3M 21 | (-) | | 1 | | | | | 2 | | | | 4 | | | 2 | | | 1 | | | 1 | | 2 | | 4 | | 4 | | | | | | 4 | | | | 29 | 100 | |

