

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Propuesta de instalación de una planta de producción de pectina para el
aprovechamiento de la cáscara de mango**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Diego Alonso Villegas Castañeda

ASESOR

Danny Adolfo Bustamante Sigueñas

<https://orcid.org/0000-0001-9166-8169>

Chiclayo, 2023

**Propuesta de instalación de una planta de producción de pectina
para el aprovechamiento de la cáscara de mango**

PRESENTADA POR:

Diego Alonso Villegas Castañeda

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Sonia Mirtha Salazar Zegarra

PRESIDENTE

María Luisa Espinoza García Urrutia

SECRETARIO

Danny Adolfo Bustamante Sigueñas

VOCAL

Dedicatoria

A Dios, por haberme brindado salud, voluntad y fortaleza para alcanzar mis objetivos y no rendirme en los momentos difíciles.

A mis padres, José e Ysabel, por su apoyo incondicional a lo largo de mi etapa universitaria y por darme ánimos para seguir adelante.

A mi familia, por haberme brindado su apoyo, cariño y paciencia en todo momento.

Agradecimientos

A mis padres, por brindarme su inmenso amor, por proporcionarme los recursos necesarios para terminar mi carrera profesional, por confiar en mí y por inculcarme los valores necesarios para ser una persona de bien.

A mi asesor, el Ing. Danny Adolfo Bustamante Sigueñas, por su constante apoyo, orientación, consejos y conocimientos compartidos durante el desarrollo de la presente investigación.

A mis compañeros y profesores, por sus enseñanzas impartidas, consejos aportados y experiencias compartidas durante el proceso de mi formación profesional.

VILLEGAS CASTAÑEDA Turnitin

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
6	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to UTEC Universidad de Ingenieria & Tecnologia Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología Trabajo del estudiante	<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	9
Materiales y métodos	13
Resultados y discusión	14
Conclusiones	37
Recomendaciones	38
Referencias	38
Anexos	44

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo general proponer la instalación de una planta de producción de pectina a partir de las cáscaras de mango desechadas por las plantas procesadoras de mango congelado en trozos ubicadas en el norte del Perú. Para ello, se llevó a cabo un estudio de mercado, a partir del cual se analizó la demanda, la oferta y el precio de la pectina en Quebec, potencial área de mercado seleccionada, dando como resultado que el presente proyecto cubrirá el 20% de la demanda insatisfecha pronosticada para los próximos 5 años. Asimismo, se realizó un análisis técnico, que consistió en determinar la localización de la planta, describir el proceso productivo, realizar el balance de materia, elaborar el plan de producción y de requerimiento de materiales, calcular la capacidad de producción y realizar la distribución de planta, obteniendo como resultado que la planta de producción de pectina se ubicará en el distrito de Lambayeque, contará con un proceso que incluye una etapa de acondicionamiento de materia prima y otra de recuperación de alcohol, tendrá una capacidad real de producción de 79 212 kg de pectina en el quinto año y requerirá un área total de 2 200 m² para su instalación. Finalmente, se llevó a cabo un análisis económico financiero, obteniendo indicadores positivos y favorables que evidencian la viabilidad del proyecto, siendo estos un VAN de US\$ 261 981,31, una TIR de 35,30% y un índice B/C de US\$ 1,25.

Palabras claves: Pectina, hidrólisis ácida, cáscara de mango, exportación, viabilidad.

Abstract

The general aim of this research is to propose the installation of a plant for the production of pectin from mango peels discarded by the frozen mango chunks processing plants located in northern Peru. To this end, a market study was carried out to analyze the demand, supply and price of pectin in Quebec, the selected potential market area, which resulted in that the present project will cover 20% of the unsatisfied demand forecast for the next 5 years. In addition, a technical analysis was carried out, which consisted of defining the plant's location, describing the pectin production process, developing the mass balance, planning production and material requirements, calculating production capacity, and developing the plant layout, with the result that the pectin production plant will be located in the district of Lambayeque, will have a process that includes a raw material conditioning stage and an alcohol recovery stage, will have a real production capacity of 79 212 kg of pectin in the fifth year and will require a total area of 2 200 m² for its installation. Finally, an economic and financial analysis was carried out, obtaining positive and favorable indicators that demonstrate the viability of the project, such as a NPV of US\$ 261 981,31, an IRR of 35,30% and a BCR of US\$ 1,25.

Keywords: Pectin, acid hydrolysis, mango peel, export, viability.

Introducción

Las empresas agroindustriales generan anualmente una gran cantidad de residuos orgánicos y subproductos que regularmente terminan en vertederos o incinerados, ocasionando pérdidas económicas a las empresas, contaminación ambiental o efectos nocivos a la salud si no reciben una disposición final adecuada [1]. Sin embargo, muchos de estos residuos son fuentes ricas en compuestos bioactivos con un alto potencial de ser aprovechados en la elaboración de productos de valor agregado [2]. Actualmente, determinados residuos como las cáscaras de los cítricos y el orujo de manzana se utilizan como materia prima para la extracción de la pectina, un polímero (polisacárido) extensamente utilizado en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica [3]. No obstante, debido a la expansión de sus aplicaciones, se han llevado a cabo diversos estudios que proponen fuentes alternativas de pectina como las cáscaras de mango [4], [5].

Según IMR International, compañía de consultoría e investigación de mercado especializada en hidrocoloides alimentarios, el mercado mundial de la pectina estuvo valorado en más de US\$ 1 200 millones y alcanzó un tamaño de 70 mil toneladas en 2020, posicionándose como el tercer mercado de hidrocoloides más valioso, superado solo por el mercado de la gelatina y el almidón, no obstante, se espera que crezca más rápido que estos dos para 2025, a una tasa de crecimiento anual del 3,50%, impulsado por factores como el creciente consumo de comidas precocinadas, la multifuncionalidad de las pectinas y una mayor conciencia sobre la salud [6].

En el Perú, cada año se generan en promedio 1,65 millones de toneladas de residuos de frutas y vegetales durante la etapa de procesamiento y envasado, según cálculos basados en los datos de las hojas de balance de alimentos de la FAO [7]. De acuerdo con el Ministerio del Ambiente (MINAM), durante el período 2014-2019, el sector agroindustrial generó 2 713 507 toneladas de residuos sólidos, principalmente orgánicos (semillas, cáscaras, etc.), que podrían haber sido aprovechados para compostaje, alimentación animal, obtención de combustibles o valorización química (pectinas, aceites esenciales, flavonoides, etc.); no obstante, la gran mayoría terminó en rellenos sanitarios o botaderos ilegales [8]–[10].

El Perú es uno de los 10 principales proveedores de mango en el mundo, cuyas exportaciones representan más del 50% de la producción nacional, la cual alcanzó las 391 000 toneladas en la campaña 2018-2019, según cifras del MIDAGRI [11], [12]. El 95% del mango destinado para exportación pertenece a la variedad Kent, producido mayormente en los departamentos de Piura (75%) y Lambayeque (15%), y se exporta en estado fresco (60%), congelado (20%), pulpa (5%) y jugo (5%) [11]. En lo que respecta al mango congelado, cuya subpartida nacional corresponde al código 0811.90.91.00, consiste en trozos, cubos o mitades de mango, previamente lavados y pelados, que se congelan para conservarse durante más tiempo; asimismo, se trata del producto

congelado más exportado del Perú y el de mayor crecimiento en 2020 (47,7%), solo después de los arándanos, impulsado por el reciente aumento del consumo de alimentos congelados a causa del confinamiento por pandemia, según señala el Instituto Americano de Alimentos Congelados (AFFI) [13], [14]. Según estadísticas de Agrodata Perú [15], durante el período 2017-2021, las empresas agroindustriales del Perú exportaron en promedio 55 891 toneladas anuales de mango congelado en trozos, equivalentes a casi 7 498 toneladas de cáscara de mango, la cual representa entre el 7% y 24% del peso de la fruta [16]. Estas cáscaras de mango conllevan elevados costos de recolección y disposición final (US\$ 21 por tonelada métrica), que deberán ser asumidos por aquellas empresas responsables de generarlos, constituyendo así un problema no solo ambiental sino también económico [1], [17]. Por lo cual, la extracción de la pectina se presenta como una alternativa prometedora para el aprovechamiento de dichos residuos de mango, que constituyen una fuente potencial y económica de materia prima.

Bajo el contexto que rodea a esta problemática, surge la siguiente interrogante: ¿Es viable la propuesta de instalación de una planta de producción de pectina para el aprovechamiento de la cáscara de mango? Ello llevó a plantear como objetivo general: Proponer la instalación de una planta de producción de pectina para el aprovechamiento de la cáscara de mango. Así que, para lograr dicho objetivo, se plantearon los siguientes objetivos específicos: Realizar el estudio de mercado para determinar la demanda del proyecto; realizar el análisis de viabilidad técnica para la instalación de la planta de producción de pectina de cáscara de mango; y realizar el análisis de viabilidad económica, financiera y ambiental del proyecto. El desarrollo del presente estudio tiene por finalidad el aprovechamiento de las cáscaras de mango que suelen desechar las plantas procesadoras de mango congelado para su utilización como materia prima en la producción de pectina a escala industrial en el Perú.

Revisión de literatura

Las pectinas son heteropolisacáridos localizados en las paredes celulares primarias y láminas centrales de los tejidos vegetales, que confieren flexibilidad y resistencia mecánica a las plantas. Además, están compuestas en su mayoría por unidades de ácido D-galacturónico (como mínimo el 65% en peso) unidas por enlaces α -(1,4), que pueden estar libres o esterificadas con metanol [18], [19]. Así que, dependiendo del grado de esterificación (DE), expresado como el porcentaje de unidades de ácido galacturónico esterificadas, estas se clasifican en pectinas de alto metoxilo (HM), si la proporción es mayor al 50%, y de bajo metoxilo (LM), si es menor al 50% [20]. Las propiedades fisicoquímicas y funcionales de las pectinas, como la gelificación y la solubilidad, se ven influenciadas en gran medida por factores como el grado de esterificación (DE), el peso

molecular y el contenido de ácido galacturónico (GalA), que a su vez dependen de las fuentes vegetales (tipo de fruta y estado de madurez) y de los métodos de extracción [21], [22].

En vista de que las fuentes vegetales y métodos de extracción desempeñan un rol importante en la obtención de un determinado tipo de pectina, resulta oportuno describir los más conocidos. Tradicionalmente, la pectina comercial se extrae mayoritariamente de la cáscara de los cítricos (85,5%), seguida del orujo de manzana (14,0%) y, en menor medida, de la pulpa de remolacha (0,5%). No obstante, recientes estudios acerca de la extracción de pectina de fuentes alternativas mostraron resultados positivos respecto a la obtención a partir de cáscaras de cacao, maracuyá, mango, plátano, sandía, granada, etc. En cuanto a los métodos de extracción, pese a que existen actualmente novedosos métodos (extracción asistida por microondas, ultrasonidos o enzimas) más eficientes, rápidos y limpios que el convencional (hidrólisis ácida), aún presentan la gran desventaja de no poder ser llevados a cabo a escala industrial [21], [23].

El método convencional consiste en la extracción de pectina utilizando soluciones de ácidos bajo calentamiento. Para ello, previo a la extracción, la cáscara se seca desde el nivel inicial de 80% de humedad, hasta el 10-12% para evitar la fermentación. Posteriormente, se solubiliza la protopectina de la cáscara con ácido a un pH entre 1,5-3, durante 1-3 h, a una temperatura entre 50-100°C. Tras la separación de la cáscara, el extracto que contiene pectina se filtra y precipita con alcohol, el cual se recupera por destilación mientras que la pectina se lava, seca y muele en polvo [3], [21]. No obstante, según Valdivia *et al.* [24], la extracción mediante ácidos orgánicos como el ácido cítrico, degrada menos a la pectina y resulta más amigable con el medio ambiente que los ácidos minerales, por lo cual, su aplicación se ha vuelto más común en los últimos años.

La extracción convencional depende de condiciones específicas de pH, temperatura, tiempo de extracción y tipo de ácido [25]. Según Valdivia *et al.* [24], Sangheetha *et al.* [26] y Girma y Worku [27], se puede obtener un rendimiento de 15,9-18,5% y un grado de esterificación mayor al 70% mediante hidrólisis ácida de cáscaras de mango con HCl, H₂SO₄ o C₆H₈O₇ a un pH entre 2,0-2,5, durante 1-2 h y a una temperatura de 90°C. En cuanto a la extracción a partir de cáscaras de mango Kent (*Mangifera indica* L. cv. Kent), Schieber *et al.* [28] reportan un rendimiento de 15,8% mediante hidrólisis ácida de cáscaras de mango Kent procedentes de Brasil, no obstante, la pectina extraída presentó un grado de esterificación de 57,7%, inferior a los resultados de los autores antes señalados. Sin embargo, Pascual [4], realizó la extracción de pectina por hidrólisis ácida a partir de cáscaras de mango Kent procedentes de México con HCl a un pH de 4, a 90°C durante 60 min, logrando resultados más eficientes que el estudio realizado con H₂SO₄, puesto que alcanzó un rendimiento de $18 \pm 3\%$, un grado de esterificación de $80 \pm 2\%$, y un contenido de ácido galacturónico de $85 \pm 1\%$.

Por otro lado, si bien a nivel nacional no existen investigaciones que demuestren la viabilidad de instalar una planta de producción de pectina a partir de cáscara de mango, si los hay respecto a la cáscara de maracuyá, tal es el caso de Guerrero [29], quien propuso una planta de extracción en Lambayeque para aprovechar las cáscaras de maracuyá generadas por la empresa Quicornac SAC; para ello, realizó un estudio de mercado, a través del cual se identificó el déficit comercial que presenta el Perú con respecto a la pectina, determinó la demanda insatisfecha pronosticando las importaciones de los próximos 5 años y decidió cubrir el 26% de esta demanda, para lo cual, decidió diseñar una planta de extracción de pectina con una productividad de materia prima de 1,69%, una capacidad real de 77,4 toneladas de pectina al año y una superficie total de 252 m², cuya inversión total se estimó en S/ 2,09 millones (45% corresponde a maquinaria). El proyecto resultó potencialmente viable, pues obtuvo una TIR del 54% y un VAN de S/ 990 810.

A nivel internacional, Polesca *et al.* [30], en su reciente investigación titulada “*Passion fruit by-product: Process design of pectin production*”, propusieron el diseño industrial de una línea de procesamiento para la extracción de pectina de cáscaras de maracuyá derivadas de una planta agroindustrial de jugos y pulpas en Brasil. Para ello, fue necesario realizar el diagrama de flujo del proceso, balance de masa y dimensionamiento de equipos; obteniendo como resultado una línea con una capacidad de producción de 45,3 kg/lote, lo que supone una producción anual de 23 934 kg de pectina, limitada solo por la disponibilidad de materia prima de 1 530 toneladas de cáscara de maracuyá. Asimismo, el estudio realizado por Martínez [31], titulado “*Design of a plant for extraction and purification of pectin*”, fue otro que solo tomó en cuenta la viabilidad técnica, al proponer la instalación de una planta de extracción de pectina a partir de residuos de manzana, durazno, naranja y limón en Cataluña, España. Para ello, se realizó la descripción del proceso productivo, diagrama de flujo, selección y dimensionamiento de equipos, y también la localización de la planta en Lleida, cerca de 3 plantas agroindustriales de jugos. Como resultado se obtuvo una planta de extracción de pectina con una productividad de materia prima de 4% y una capacidad real de 6 toneladas de pectina al año. Finalmente, ambos autores coincidieron en que la planta de extracción deberá disponer de un sistema de recuperación de alcohol para ser viable económicamente, pues de no contar con este, los costos se elevarían excesivamente.

En cuanto a las cáscaras de naranja, la materia prima más común utilizada a escala industrial, se han llevado a cabo diversos estudios a partir de este residuo en Ecuador y Colombia. Almeida [32] realizó un estudio para aprovechar estos residuos generados por los vendedores ambulantes de jugo de naranja en Quito, cuyo objetivo fue diseñar una planta piloto de extracción de pectina a partir de cáscara de naranja. Para ello, realizó la descripción del proceso productivo, diagrama de flujo del proceso, balance de masa, diseño de los reactores, selección de maquinaria y diseño

del plano de planta. El resultado obtenido es una planta de extracción que ocupa un área de 300 m², tiene una capacidad de producción de 32,4 toneladas de pectina al año, y cuya inversión fija es de US\$ 185 399, no obstante, el proyecto resultó apenas viable, pues obtuvo un VAN de US\$ 429, debido a que no cuenta con un sistema de recuperación de etanol que disminuya los costos asociados a dicho alcohol, que equivalen al 71,4% de los ingresos. Asimismo, Casas-Orozco *et al.* [33], en su investigación titulada “*Process development and simulation of pectin extraction from orange peels*”, propusieron el diseño y simulación de una planta de extracción de pectina a partir de cáscaras de naranja en el departamento del Cesar, Colombia. Para ello, fue necesario realizar la descripción del proceso productivo, diagrama de flujo, balance de masa, cálculo del consumo de energía, diseño de equipos y simulación. Como resultado se obtuvo una planta de extracción con una capacidad real de 337,61 toneladas de pectina al año, una productividad de materia prima de 4,75% y un consumo de energía de 267,4 kWh por lote (la planta opera 2 217 lotes al año).

Del mismo modo, Durán [34], también realizó un estudio acerca del diseño de una planta de extracción de pectina a partir de cáscaras de naranja provenientes de una planta procesadora de jugos de naranja en el departamento del Cesar, Colombia. Para ello, se determinó los parámetros de extracción óptimos, y se realizó la descripción del proceso de producción, diagrama de flujo, balance de masa y de energía, simulación del proceso y diseño de equipos. El resultado obtenido fue una planta de extracción con una capacidad de 138,4 kg/día, es decir, 33 216 kilogramos de pectina al año, un requerimiento de 8 837 kg/día de cáscaras de naranja fresca y un consumo de energía de 235 kWh por lote (la planta opera 240 días al año). Por otra parte, Olate [35], propuso la instalación de una planta de extracción de aceite esencial y pectina a partir de las cáscaras de naranja derivadas de una planta agroindustrial de jugos (Frescor SA) en Entre Ríos, Argentina. Para ello, se realizó un estudio de mercado, estudio de localización de la planta, descripción del proceso productivo, diagrama de flujo, balance de masa y energía, diseño de equipos, selección de maquinaria, diseño y distribución de planta. El resultado obtenido es una planta de extracción que ocupa un área de 300 m², tiene una capacidad de producción de 9,6 toneladas de pectina al año y requiere de una inversión fija de US\$ 242 754. El proyecto resultó inviable, ya que obtuvo un VAN de -US\$ 588 823 y una TIR negativa (flujo de caja positivo a partir del año 10), debido a que la escala de producción propuesta se encuentra muy por debajo del punto de equilibrio de 31,4 toneladas de pectina.

Materiales y métodos

La presente investigación ha sido de tipo aplicada, puesto que se aplicaron los conocimientos empíricos y teóricos adquiridos para dar solución al problema identificado. De acuerdo al nivel de investigación, fue descriptiva, pues se describió todo lo relacionado a la viabilidad de instalar una planta de producción de pectina a partir de residuos agroindustriales. De acuerdo al diseño de investigación, fue cuantitativo no experimental transversal, ya que se recogieron cifras, datos e información de un único período de tiempo de fuentes secundarias. Cabe resaltar que se siguió la metodología de Baca [36] para determinar la viabilidad de instalar una planta de producción.

Se realizó un estudio de mercado [36] cuyo primer paso consistió en la descripción detallada del producto a comercializar y en la caracterización del mismo producto desde un punto de vista técnico y comercial. Luego se determinó el área geográfica del mercado mediante la evaluación de factores de selección de mercado y comercialización [37]. En función del mercado se realizó un análisis de la demanda y oferta, que tomo en cuenta la situación actual y futura, y evolución de ambas. Los datos estadísticos para dicho análisis se extrajeron de las bases de datos de Trade Map [38] y Statistics Canada [39], y se utilizaron para calcular la demanda y oferta proyectada en el programa Microsoft Excel 2016 mediante el método de regresión lineal [40], [41], luego se realizó el balance de Oferta-Demanda para determinar la demanda insatisfecha y la demanda del proyecto. Al igual que con la proyección de la demanda se procedió con la proyección del precio, después se determinó el plan de ventas y el sistema de distribución [40], [42].

La localización de la planta de producción se determinó teniendo en cuenta factores de macro y micro localización, los cuales se evaluaron por el método de los factores ponderados [41]. A nivel macro [37], se evaluaron factores de disponibilidad de materia prima, electricidad y mano de obra, costo de materia prima, cercanía al puerto de embarque, vías de acceso y transporte. A nivel micro [37], se evaluaron los factores de disponibilidad y costo del terreno, vías de acceso y transporte, servicios y facilidades, y cercanía a los proveedores. Posteriormente, se determinó la ubicación geográfica más óptima para la instalación de la planta de extracción. Asimismo, se describió el proceso de producción de la pectina basándose en estudios preliminares [30], [31], luego se diseñó el diagrama de flujo y el balance de masa en el programa Microsoft Visio 2016. Después, se calculó la disponibilidad de materia prima y el plan de producción a partir del plan de ventas, también se determinó el requerimiento de materia prima e insumos mediante el Índice de consumo por unidad y el Plan de Requerimientos de Materiales (MRP) [41], [42].

Para determinar la capacidad de planta [41] se seleccionó la maquinaria y equipos adecuados para el proceso mediante una matriz de decisión considerando criterios [36] como la capacidad, el precio, las dimensiones de la maquinaria, la potencia y la marca. Asimismo, se determinó los

requerimientos de energía y de mano de obra para la tecnología seleccionada [37], así como los indicadores de producción [41]. Posteriormente, se calculó el área total del terreno de la planta de producción mediante el método de Guerchet [43] y la distribución de las diferentes áreas de la planta mediante el método Systematic Layout Planning (SLP) [36], [43]. En función de esas dimensiones calculadas y de la distribución de planta, se diseñó el plano de la planta mediante el software SketchUp 2021. Finalmente, se describió el procedimiento de control de calidad, se determinaron los puestos de trabajo necesarios y las funciones de cada uno de estos [36], [44].

Según la metodología indicada por Baca [36] y Lira [45], se determinó la inversión total para la implementación de la planta tomando en cuenta la inversión tangible (terrenos, edificaciones, maquinaria y equipos, etc.), la inversión intangible (gastos preoperativos y estudios) y el capital de trabajo (método del déficit acumulado máximo). Posteriormente, se calcularon los ingresos (ventas) y egresos totales (costos de producción y gastos de operaciones) para calcular el punto de equilibrio económico y en unidades, y para realizar la proyección de los estados financieros (flujo de caja y estado de ganancias y pérdidas). En función de los estados financieros, se realizó una evaluación económica-financiera que consistió en calcular la TMAR, TIR, VAN, el índice Beneficio/Costo y en efectuar un análisis de sensibilidad. Finalmente, se llevó a cabo un estudio de sostenibilidad ambiental para analizar el impacto ambiental que pueda generar el proyecto y establecer las medidas para mitigarlo.

Resultados y discusión

Estudio de mercado

El producto a comercializar es la pectina, un aditivo alimentario (E-440) comúnmente usado en la industria alimentaria como agente gelificante, espesante y estabilizante [21], [22]. Aunque, se trata concretamente de pectina de alto metoxilo (HM) extraída mediante hidrólisis ácida (con HCl) de cáscaras de mango Kent, cuya presentación comercial será en bolsas de polietileno con capacidad para 1 kg de pectina en polvo. Las pectinas HM poseen la propiedad de formar geles en condiciones de pH entre 2,5-3,5 y en presencia de un contenido de sólidos solubles entre 60-70%; sin embargo, el tiempo de gelificación aún depende del grado de esterificación, por ende, la pectina de mango con un grado de esterificación de 80% corresponde a la categoría de “rápida gelificación o rapid-set”, que gelifican en menos de 7 minutos y se utilizan en la elaboración de mermeladas, jaleas, bebidas lácteas acidificadas y confituras [20], [22].

Asimismo, las pectinas de mango Kent presentan características similares a las comerciales, pues muestran un contenido de ácido galacturónico superior al 65% y un contenido de metoxilo mayor al 7%, que aseguran la calidad alimentaria de este tipo de aditivo, cuya vida útil dispuesta

es de 12 a 24 meses si se almacena en un ambiente fresco y seco [20], [22]. Otras características técnicas como el color, humedad, contenido de cenizas y tamaño de partícula se muestran en la Tabla 1. Asimismo, cabe señalar que el Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios (CCFA) identifica como hidrocoloides sustitutos con propiedades similares a la pectina a la carragenina, gelatina, goma xantana, goma guar y alginato de sodio [6], [18].

Tabla 1. Principales especificaciones de las pectinas comerciales

Especificaciones	FAO/WHO (JECFA)	Merck/CP Kelco (Comercial)	Pectina a partir de mango Kent
Color	Blanco a marrón	Crema a tostado	Beige
Grado de esterificación (%)	> 50	> 74	80 ± 2
Tipo de pectina	HM	HM rapid-set	HM rapid-set
Contenido de metoxilo (%)	< 25	> 6,7	7 - 14
Ácido galacturónico (%)	> 65	> 65	85 ± 1
Humedad (%)	< 12	< 10	8
Cenizas (%)	< 10	< 7	3,9
Tamaño de partícula (mm)	0,25	0,25	0,25

Fuente: Elaboración propia. En base a Pascual [4], Zeeb *et al.* [5], Merck y CP Kelco.

El área de mercado se determinó mediante la evaluación de 5 países importadores de pectina, los cuales son Japón, Canadá, Bélgica, Países Bajos y Perú, en función de factores de selección, que no solo consideraron el volumen, precio y crecimiento de las importaciones de pectina, sino también el consumo urbano (población total), consumo industrial (exportaciones de confituras, jaleas y mermeladas) y aspectos comerciales (ver anexo 1). Tras haber determinado los puntajes finales, se seleccionó a Canadá como el área de mercado a nivel internacional, pues se posicionó como el segundo país con la mayor tasa de crecimiento (2,6%), precio (US\$ 17 342), población (37 millones) y proximidad geográfica al Perú (19 días), también por tener un TLC con Perú y 0% de arancel [38]. Asimismo, se determinó que la cercanía de la competencia (EE.UU., Brasil, México) y el idioma (francés, inglés), son factores que limitan la comercialización del producto.

Según datos estadísticos de Statistics Canada [39], Canadá importó más de 1 100,5 toneladas de pectina en 2020, no obstante, más del 90% de esta cantidad fue demandada por 2 provincias, Ontario y Quebec, las cuales han tenido desempeños opuestos en los últimos años. Ontario ha reducido su participación en las importaciones de pectina de 88,1% a 74,2%, mientras Quebec ha aumentado su participación de 4,6% a 19,6% durante los últimos 5 años. Por ende, se decidió seleccionar a la provincia de Quebec como el área de mercado del presente estudio. La provincia de Quebec cuenta con una población de 8,5 millones de habitantes y con más de 2 700 empresas de procesamiento de alimentos, entre las que destacan grandes fabricantes de productos lácteos como Lactalis (Parmalat), Danone, Saputo y Agropur, cuyos productos requieren aditivos como la pectina; asimismo, también destacan importantes empresas fabricantes de mermeladas, jaleas

y/o confituras como Kraft Heinz, Smucker's, Pied-Mont Dora y La Fabrique à Saveurs; aunque, la mayoría de empresas de este rubro son artesanales, tales como Miss Marmelades, Les délices Danico, Les Zempotés, Domaine Le Cageot y Nany's [46], [47].

Posteriormente, se realizó la proyección de la demanda y oferta de la pectina en Quebec para un horizonte de evaluación de 5 años. Para ello, se extrajeron y analizaron los datos estadísticos referentes al volumen y valor de las importaciones y exportaciones de la subpartida arancelaria 130220 realizadas por Quebec durante el período 2016-2020, lográndose observar un aumento progresivo y constante de las importaciones de pectina, que pasaron de 43,98 toneladas en 2016 a 216 toneladas en 2020, situación contraria a la ocurrida con las exportaciones, que pasaron de 48,3 toneladas en 2016 a 1,2 toneladas en 2020; luego se aplicó el método de regresión lineal a dicha data histórica, obteniéndose el pronóstico de la demanda y oferta del período 2023-2027; no obstante, en el caso de la oferta, los valores calculados se aproximaron a 0, ocasionando que la demanda proyectada sea igual a la demanda insatisfecha, la cual se estimó en 239,4 toneladas de pectina para 2023 y en 396,1 toneladas de pectina para 2027 (ver anexo 2).

Tabla 2. Plan de ventas proyectado del período 2023-2027

Año	Demanda insatisfecha (kg)	Demanda del proyecto (kg)	Precio estimado (US\$/kg)	Precio con 6% dscto. (US\$/kg)	Total de ingresos (US\$)
2023	239 388	47 880	17,07	16,05	768 474
2024	278 561	55 716	17,28	16,24	904 828
2025	317 734	63 552	17,47	16,42	1 043 524
2026	356 907	71 376	17,63	16,57	1 182 700
2027	396 080	79 212	17,78	16,71	1 323 633

Fuente: Elaboración propia. Tipo de cambio (abr. 2022): S/ 3,75.

La demanda del proyecto se determinó teniendo en cuenta que el 86,7% de las importaciones de pectina proceden de Alemania y China, es decir, se trata de un mercado oligopólico atento a la entrada de nuevos competidores que supongan un riesgo; asimismo, también se consideró la disponibilidad de materia prima y la tasa de crecimiento anual promedio del 12,9% que presenta la demanda insatisfecha proyectada, por lo cual se decidió establecer una cuota de mercado del 20%, es decir, que cubra el 20% de la demanda insatisfecha (ver anexo 2). Luego, se calculó el precio histórico dividiendo el valor de las importaciones entre su volumen correspondiente y se estimó el precio de la pectina mediante regresión logarítmica, no obstante, se decidió aplicar un descuento comercial del 6% como estrategia de fijación de precios para una rápida penetración de mercado que permita alcanzar la participación de mercado establecida (20%), pues Alemania y China se ubican entre los 5 principales países exportadores de pectina [48]. Por lo cual se fijó un precio de venta inicial de US\$ 16,05 para 2023, que aumentaría gradualmente hasta alcanzar

los US\$ 16,71 en 2027. Posteriormente, se determinaron los ingresos de cada año pronosticado, alcanzando un valor de US\$ 1 323 633 en 2027. En la Tabla 2 se muestra el plan de ventas con los ingresos estimados para el período 2023-2027.

En vista de que la pectina se comercializará en Canadá, el sistema de distribución propuesto será de venta indirecta a distribuidores de ingredientes para productores de mermeladas, jaleas, confituras y/o productos lácteos mediante la exportación hacia el puerto de Montreal en Quebec bajo el incoterm FOB. Entre esos distribuidores destaca la empresa IMCD, socio de distribución de CP Kelco en Canadá desde hace ya más de una década y uno de los principales distribuidores de ingredientes especiales de Norteamérica [49]. Asimismo, se estableció una política de ventas en base a información (formas de pago) de documentos aduaneros (DUA/DAM) de importación de pectina hecha en México (Danisco), Dinamarca (CP Kelco) y China (DSM), la cual consiste en llevar a cabo la totalidad de las ventas a crédito y con un plazo máximo de 30 días [50], [51]. Finalmente, cabe señalar que las bolsas de pectina serán empacadas en cajas, apiladas en pallets, cargadas en un contenedor de 40 pies y despachadas a Quebec mensualmente.

Determinación de la localización de planta

La macro localización de la planta se determinó mediante la evaluación de los departamentos de Piura, Lambayeque y La Libertad, en base a factores de localización, siendo Lambayeque el departamento con mayor puntaje (ver anexo 3). Se seleccionó a Lambayeque para la ubicación de la planta, ya que cuenta con plantas de procesamiento de empresas como Agroindustrias AIB SA, Procesadora Perú SAC y Gandules Inc. SAC, que al año producen más de 2 000 toneladas de mango congelado; también por su proximidad a otras 5 grandes empresas de procesamiento de mango localizadas en La Libertad y Piura [50]. Además, de acuerdo al Instituto Peruano de Economía (IPE), el 78,2% de la población de Lambayeque tiene acceso a electricidad, desagüe y agua; y según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Lambayeque presenta una PEA (Población Económicamente Activa) desocupada de 27 527 habitantes [52], [53].

Para la micro localización de la planta dentro del departamento de Lambayeque, se tomó en consideración principalmente la disponibilidad y costo del terreno, por lo cual se evaluaron los distritos de Motupe, Reque y Lambayeque, resultando seleccionado el distrito de Lambayeque, el cual destaca por su ubicación estratégica, dado que se ubica a 262 km del Terminal Portuario de Paita, a menos de 77 km de sus proveedores locales de Chiclayo, Jayanca y Motupe, y a 290 km a la redonda de sus proveedores externos (cobertura desde Tambogrande, Piura, hasta Virú, La Libertad); además, dispone de fácil acceso a la carretera Panamericana Norte y presenta una PEA desocupada de 1 853 habitantes [50], [53]–[55]. Por lo tanto, la planta de producción estará

ubicada a la altura del km 776 de la carretera Panamericana Norte (ruta Chiclayo-Lambayeque), dentro de la lotización industrial (Zonificación I3) de la inmobiliaria La Mercantil, cuyos lotes van desde los 1 000 m² y tienen un precio de lista mínimo de US\$ 120,00 por m² (ver anexo 3).

Tabla 3. Selección de la micro localización de la planta industrial

Factores	Peso	Motupe		Reque		Lambayeque	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Costo del terreno	24%	5	1,20	5	1,20	3	0,72
Cercanía a los proveedores	19%	2	0,38	3	0,57	4	0,76
Disponibilidad de M.O.	19%	2	0,38	2	0,38	4	0,76
Vías de acceso y transporte	14%	4	0,56	5	0,70	4	0,56
Cercanía al puerto marítimo	10%	2	0,20	2	0,20	2	0,20
Facilidades y servicios	14%	4	0,56	3	0,42	4	0,56
Total	100%		3,28		3,47		3,56

Fuente: Elaboración propia.

Proceso productivo y tecnología

Tras haber determinado la localización de la planta de producción, se procedió a describir el proceso de producción de pectina a partir de cáscaras de mango Kent.

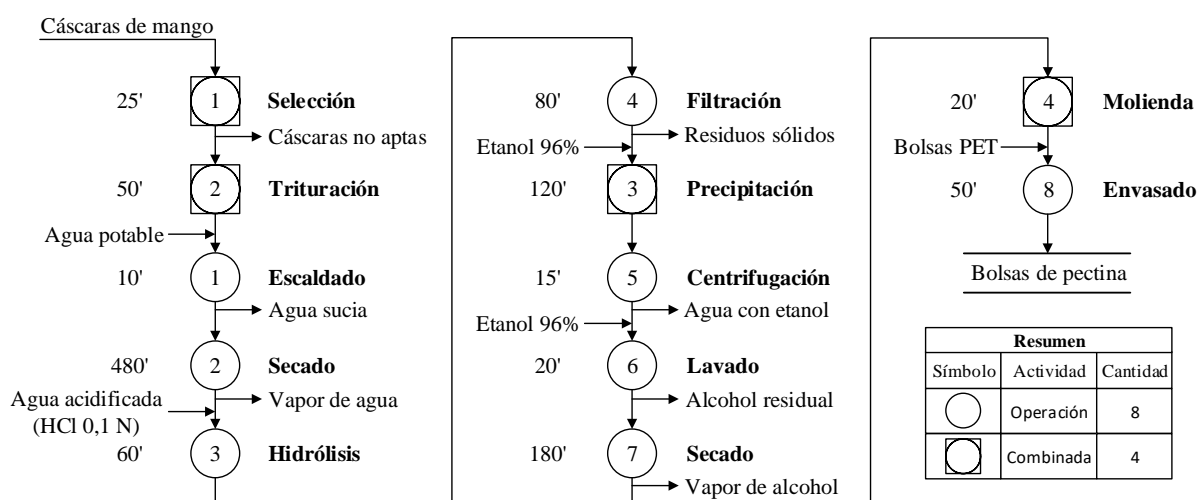


Figura 1. Diagrama de operaciones del proceso de producción de pectina

Fuente: Elaboración propia.

Selección de materia prima: La materia prima a utilizar consiste en cáscaras de mango Kent obtenidas del procesamiento de trozos de mango congelado. La recepción inicia con la descarga de materia prima de los camiones, luego se inspecciona para separar las cáscaras magulladas o en estado de descomposición, y finalmente se trasladan rápido a la siguiente etapa para prevenir la degradación enzimática de las cáscaras [31], [56]. Cabe resaltar que dichas cáscaras de mango serán transportadas en furgones frigoríficos a 4°C en un plazo menor a 6 h [24].

Trituración: Las cáscaras son trituradas en pequeños trozos mediante un molino de martillos y se tamizan hasta obtener un tamaño de partícula de 5 mm [31], [56].

Lavado o escaldado: Este tratamiento consiste en sumergir las cáscaras en agua y calentarla a 85°C durante 10 minutos para conseguir inactivar las enzimas que pueden degradar la pectina; eliminar las impurezas, microorganismos y suciedad; y lixiviar los ácidos orgánicos, azúcares y pigmentos [31], [32]. Martínez [31] señala que cuanto más agua se utilice, más diluida estará la suciedad e impurezas, por lo cual sugiere utilizar una proporción 1:3 p/v de cáscara-agua.

Secado: Las cáscaras trituradas se secan en un secador rotatorio a 60°C durante 8 horas hasta obtener un peso constante, es decir, alcanzar el 10% de humedad [24], [26]. Según Torres *et al.* [57], las cáscaras de mango frescas presentan una humedad de aproximadamente 70%. Una vez deshidratadas, son almacenadas en silos metálicos herméticos a temperatura ambiente hasta su posterior utilización en el proceso de hidrólisis [26], [27]. De acuerdo a Sudhakar y Maini [58], las cáscaras de mango escaldadas y secas pueden almacenarse a temperatura ambiente durante un período de 6 meses, pues no afecta significativamente al contenido de pectina (no representa pérdidas), inclusive recomiendan este pretratamiento para extender la disponibilidad de materia prima durante la temporada baja.

Hidrólisis ácida: Para la extracción de la pectina se consideraron las metodologías reportadas por Pascual [4] y Valdivia *et al.* [24], con ciertas modificaciones en los parámetros para alcanzar un rendimiento óptimo [30]. Este proceso consiste en una extracción sólido-líquido entre trozos de cáscaras de mango y una disolución acuosa en medio ácido, la cual debe llevarse a cabo bajo agitación continua para favorecer el contacto y dispersión, evitando la sedimentación de sólidos. Para ello, se utilizó una proporción 1:10 p/v de cáscara y agua acidificada (HCl 0,1 N) con ácido clorhídrico para ajustar el pH a 3; luego, se mezclaron y calentaron a 90°C durante 60 min.

Filtración: Tras la extracción, la suspensión que contiene a la pectina disuelta debe separarse del residuo sólido (20% de la suspensión) mediante filtración [30], [31].

Enfriamiento: Dado que el proceso de precipitación debe realizarse a bajas temperaturas para contrarrestar la solubilidad, el reactor de precipitación estará provisto de una camisa o serpentín de enfriamiento, es decir, será multifuncional. El extracto procedente de la filtración se enfriará de 80°C a 40°C (temperatura de precipitación recomendada) durante 30 min, posteriormente se añadirá el etanol y se seguirá enfriando hasta unos 30°C; asimismo, cabe destacar que se decidió utilizar agua fría a 20-25°C para enfriar porque es más fácil de obtener y supone menores costos, pues no se requiere de un chiller o compresor de refrigeración [31], [33].

Precipitación: La precipitación consiste en la adición de un alcohol al extracto para precipitar la pectina y producir así la formación de un gel. Para ello, se agrega un volumen igual de etanol al 96%, en una proporción de 1:1 v/v, y se deja reposar durante 90 min [26], [27], [30], [31].

Centrifugación: Para separar la pectina precipitada de la solución de alcohol (etanol) se llevó a cabo una centrifugación a 4500 rpm durante 15 minutos [24], [31].

Lavado: Para purificar el gel de pectina, se lava con etanol al 96% en una proporción de 1:2 p/v [33]. Este proceso se repite hasta que el contenido de ácido clorhídrico y otros componentes solubles presentes en gel de pectina se reduce a valores inferiores al 1%. Dicho límite se alcanza mediante 2 ciclos de lavado con una duración de 20 min para ambos [30], [33].

Secado: Para reducir el contenido de humedad de la pectina obtenida se sometió a un proceso de secado en un horno de calor seco o en un secador de bandejas mediante la circulación de aire caliente, tal como sugieren diversos autores [24], [30], [33]. Este se realiza a bajas temperaturas para degradar lo menos posible a la pectina, por lo cual se llevará a cabo a una temperatura de 45°C durante 3 h o hasta alcanzar una humedad final de la pectina del 8% [30], [31], [33].

Molienda: La pectina seca se pulveriza para reducir el tamaño de las partículas y mejorar su aspecto, por lo cual se tamizan hasta un tamaño de partícula de 0,25 mm (número de malla 60) empleado comúnmente para las pectinas comerciales [31], [59].

Envasado: La pectina en polvo se llena en bolsas de plástico con capacidad para 1 kg, luego se almacenan en un lugar seco y a temperatura ambiente [31].

A continuación, se visualiza el balance de materia del proceso productivo elaborado con base en la información recolectada. En dicho balance se muestra que se requieren 4 320 kg de cáscara de mango Kent y 12 700,8 L de agua para producir 1 411,3 kg de cáscara seca, que será utilizada para la producción de un lote de 254 kg de pectina en polvo, para ello, también se requerirá de 13 974,4 L de agua, 15 400,6 L de etanol de 96° y 139,1 L de HCl.

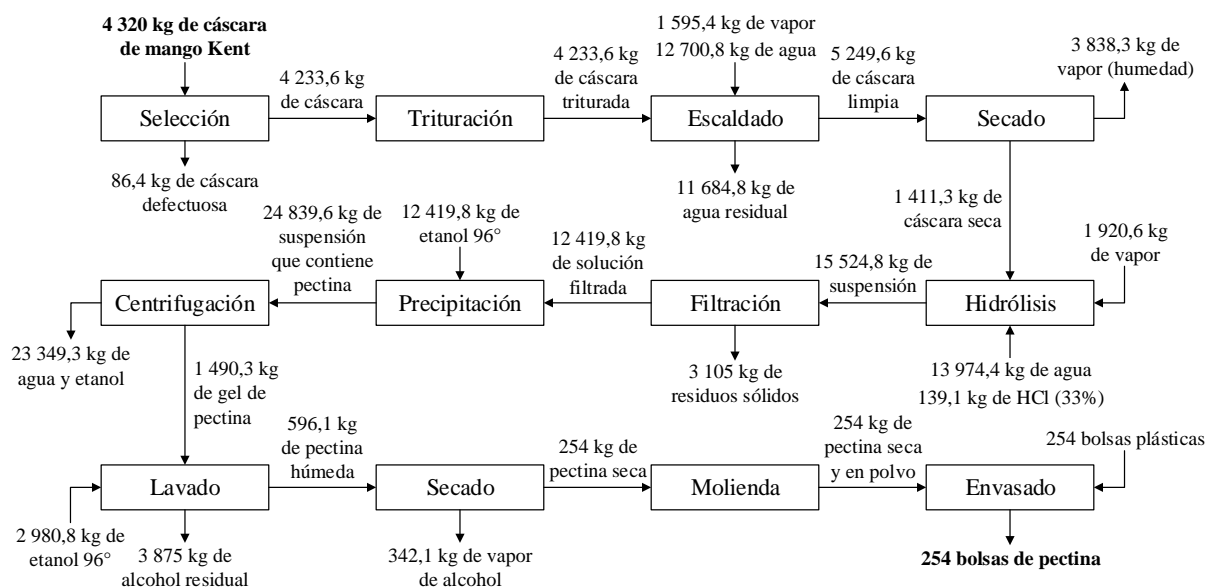


Figura 2. Balance de materia del proceso de producción de pectina
Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, cabe señalar que se utilizará el sistema de producción por lotes y se dividirá dicho proceso productivo en 2 etapas simultáneas; la Etapa I consistirá en el acondicionamiento de la materia prima y abarcará desde la selección hasta el secado; mientras que la Etapa II consistirá en la extracción de la pectina a partir de las cáscaras secas obtenidas de la Etapa I del día anterior (o meses anteriores) y abarcará desde la hidrólisis ácida hasta el envasado (ver anexo 4).

La planificación de la producción se programó en base al plan de ventas y a la disponibilidad de las cáscaras de mango, por lo tanto se decidió aprovechar la temporada alta durante el primer semestre de cada año para aumentar en un 100% la producción de cáscara de mango seca de la Etapa I, almacenar la materia prima excedente y utilizarla durante los 5 meses de mayor escasez del segundo semestre, deteniendo las operaciones de la Etapa I durante dicho período, de modo que la producción mensual de pectina de la Etapa II se mantenga homogénea durante todos los años del proyecto (ver anexo 5). Con base en lo anterior, se determinó que la producción inicial para el año 2023 será de 51 870 kg de pectina de mango, mientras que la producción programada para el año 2027 será de 79 212 kg de pectina de mango.

Tabla 4. Plan de producción de pectina para el período 2023-2027 (en kilogramos)

Período	Inv. Inicial	Producción	Inv. Total	Ventas	Inv. Final
Mes 1	0	5 320	5 320	3 990	1 330
Mes 2	1 330	5 320	6 650	3 990	2 660
Mes 3	2 660	5 320	7 980	3 990	3 990
1er trimestre	0	15 960	15 960	11 970	3 990
2do trimestre	3 990	11 970	15 960	11 970	3 990
3er trimestre	3 990	11 970	15 960	11 970	3 990
4to trimestre	3 990	11 970	15 960	11 970	3 990
Año 1 – 2023	0	51 870	51 870	47 880	3 990
Año 2 – 2024	3 990	55 716	59 706	55 716	3 990
Año 3 – 2025	3 990	63 552	67 542	63 552	3 990
Año 4 – 2026	3 990	71 376	75 366	71 376	3 990
Año 5 – 2027	3 990	79 212	83 202	79 212	3 990
Inventario (1 mes)	3 990				

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se elaboró la lista de materiales o Bill of Materials (BOM), para ello primero se calculó el índice de consumo por unidad, resultando así que por cada bolsa de 1 kg de pectina producida se necesitan: 17,01 kg de cáscara de mango Kent, 105,02 L de agua potable, 0,548 L de ácido clorhídrico, 60,632 L de alcohol etílico 96° y 1 bolsa de plástico de 1 kg de capacidad; no obstante, tal como se mencionará más adelante, la cantidad de alcohol etílico 96° será menor debido al proceso de recuperación de alcohol que tendrá la planta de producción (ver anexo 5). Finalmente, se determinó el plan de requerimientos de materiales (MRP) del presente proyecto a partir del plan de producción y de las cantidades de materiales que figuran en el BOM.

Tabla 5. Plan de Requerimientos de Materiales (MRP) para el período 2023-2027

Materiales	2023	2024	2025	2026	2027
Directos					
Cáscara de mango Kent (kg)	882 308,7	947 729,2	1 081 019,5	1 214 105,8	1 347 396,1
Indirectos					
Agua potable (L)	5 447 387,4	5 851 294,3	6 674 231,0	7 495 907,5	8 318 844,2
Ácido clorhídrico (L)	28 424,8	30 532,4	34 826,5	39 114,0	43 408,2
Alcohol etílico 96° (L)	471 757,7	506 737,0	578 005,4	649 164,7	720 433,1
Bolsas PET trilaminadas (Und)	51 870	55 716	63 552	71 376	79 212
Cajas de cartón corrugado (Und)	3 705	3 980	4 540	5 099	5 658

Fuente: Elaboración propia.

La disponibilidad de las cáscaras de mango dependerá de la estacionalidad y volumen de las exportaciones de mango congelado en trozos procedentes de 8 empresas procesadoras de mango ubicadas en Piura, Lambayeque y La Libertad, pues se encargarán de suministrar la cantidad de cáscaras necesaria para cubrir los requerimientos de materia prima del proyecto, por lo cual se determinó la cantidad de cáscaras que representan dichas exportaciones tomando en cuenta que la composición de los trozos de mango es en su totalidad pulpa, y la composición de la variedad de mango Kent es de 82% pulpa, 11% cáscara y 7% semilla; una vez calculada la disponibilidad mensual de cáscara de mango de los últimos 5 años, se realizó la proyección mediante el método de regresión lineal, obteniendo como resultado que la disponibilidad de cáscaras de mango para el año 2023 fluctuaría entre 830 y 1 530 toneladas de enero a abril, y entre 226 y 575 toneladas durante mayo, junio y diciembre; mientras que para el año 2027 fluctuaría entre 1 167 y 2 382 toneladas de enero a abril, y entre 348 y 812 toneladas durante los 3 meses restantes, por lo cual se decidió que la planta de producción se abastecerá exclusivamente de sus proveedores locales de Lambayeque durante el primer cuatrimestre de cada año, y de sus proveedores regionales de Piura y La Libertad durante los 3 meses restantes (ver anexos 3 y 5) [16], [50], [60].

En cuanto a los servicios básicos, el agua requerida para los procesos de escaldado, hidrólisis y enfriamiento será suministrada por EPSEL SA, cuya tarifa para el sector industrial es de US\$ 2,17 por m³ (S/ 8,135 por m³); la electricidad requerida para el funcionamiento de la maquinaria de producción será suministrada por Electronorte SA, cuya tarifa para empresas industriales es de US\$ 0,19 por kWh (S/ 0,71 por kWh); y el gas natural requerido por la caldera de vapor para generar calor será abastecido por Gases del Pacífico SAC (Quavii), cuya tarifa es de US\$ 0,188 por m³ (S/ 0,703 por m³) [61]. Por otra parte, las bolsas trilaminadas de polietileno para envasar la pectina en polvo serán suministradas por la empresa Polybags Perú SRL ubicada en el distrito de La Victoria, Chiclayo. Finalmente, los insumos críticos como el ácido clorhídrico al 33% y el alcohol etílico 96° serán suministrados por las empresas productoras y exportadoras Quimpac

SA (Callao, Lima) y Sucroalcolera del Chira SA (Sullana, Piura), ya que, en el 2021, exportaron 11 008 070 L de ácido clorhídrico y 72 875 488 L de alcohol etílico respectivamente, logrando demostrar que tienen la capacidad suficiente para abastecer a la planta de producción [50].

Además, se contará con un proceso de recuperación de alcohol etílico que evitará el consumo excesivo de etanol y proporcionará una reducción significativa de los costos de producción [31]. Para ello, los efluentes de etanol provenientes de la centrifugación y del lavado se precalientan y se someten a una destilación continua en la columna de destilación que separa la mayor parte del agua y ácidos residuales, obteniéndose alcohol etílico con una composición casi azeotrópica (96%) [31], [62]. Según señalan Martínez [31] y Manhongo *et al.* [62], se puede recuperar hasta el 94% de etanol mediante el funcionamiento de una columna de destilación, no obstante, Casas-Orozco *et al.* [33] indican que es posible recuperar hasta el 76% de etanol, así que se consideró utilizar el promedio de ambos para el presente proyecto, es decir, el 85% de etanol se recuperará, lo cual consiste en una reducción del consumo de etanol de 60,63 L a 9,095 L por kg de pectina de mango producido.

La selección de máquinas y equipos requeridos para el proceso de producción se llevó a cabo en función de factores como la capacidad, el precio, las dimensiones, el fabricante y la potencia; no obstante, para determinar la capacidad adecuada de los reactores también se tomó en cuenta que el volumen del líquido contenido ocupará entre el 75-80% del volumen del reactor, tal como se sugiere en la literatura [30], [31]; además, se decidió comparar máquinas de menor capacidad a la requerida para los procesos de escaldado y centrifugación, pues tienen los menores tiempos de procesamiento, lo cual posibilita realizar repeticiones sucesivas para completar la capacidad requerida; posteriormente, se determinó el consumo diario de energía eléctrica de la maquinaria seleccionada, siendo este de 969 kWh/día (ver anexo 6).

Por otra parte, se calculó la productividad del proceso a partir de la cantidad de materia prima requerida (4 320 kg de cáscaras de mango) y la producción obtenida (254 kg de pectina), siendo esta de 5,88%, no obstante, el rendimiento de la extracción fue de 18% (ver anexo 7). Asimismo, se determinó la eficiencia de cada etapa del proceso productivo, no sin antes haber calculado el número de estaciones y el tiempo de ciclo de ambas etapas. Como resultado se obtuvo, para la Etapa I, un tiempo de ciclo de 2,30 min por cada kilogramo de pectina producido, un cuello de botella de 1,890 min/kg correspondiente al secado I, una cantidad mínima de 2 estaciones y una eficiencia de 60,8%; mientras que para la Etapa II se obtuvo un tiempo de ciclo de 2,204 min/kg, un cuello de botella de 0,709 min/kg correspondiente al secado II, una cantidad de 4 estaciones como mínimo y una eficiencia de 77,7% (ver anexo 7).

También se calculó la capacidad de planta para ambas etapas del proceso productivo, ya que la producción de cáscaras secas de la Etapa I es variable y la producción de pectina de la Etapa II es constante. Para determinar la capacidad de diseño se consideró que la planta de producción estará operativa 10 h/día, 26 días/mes y 12 meses/año, por lo cual se trabajaría 312 días al año; además, se tuvo en cuenta aquellas máquinas con menor capacidad para procesar o contener las corrientes del balance de masa, siendo estas el secador rotario (Etapa I) y el reactor de hidrólisis (Etapa II). Como resultado se obtuvo una capacidad de diseño de 1 006 450 kg de cáscara seca al año para la Etapa I y de 81 744 kg de pectina al año para la Etapa II (ver anexo 7).

Asimismo, para determinar la capacidad real se tuvo en cuenta el plan de producción, dando como resultado una capacidad real para el quinto año de producción de 440 181 kg de cáscara de mango seca (Etapa I) y de 79 212 kg de pectina (Etapa II); posteriormente, se calculó la tasa de utilización a partir de la división de la capacidad real entre la capacidad diseñada, obteniendo como resultado una tasa de utilización de 43,7% para la Etapa I y de 96,9% para la Etapa 2 (ver anexo 7). Finalmente, se determinó que los operarios polifuncionales requeridos para el proceso de producción serán 6, de los cuales 2 operarios trabajarán exclusivamente en las estaciones 1 y 2; 3 operarios trabajarán secuencialmente en las estaciones 3, 4, 5 y 6; y el último operario se encargará de la caldera de vapor, las columnas de destilación, los transportadores de tornillo sin fin, las bombas centrífugas y apoyará con la preparación de las bandejas en la estación 5.

Tabla 6. Capacidad de planta de la Etapa II

Año	Capacidad diseñada (kg)	Capacidad real (kg)	Utilización anual (%)	Tamaño de lote (kg/día)
2023	81 744	51 870	63,5%	166
2024	81 744	55 716	68,2%	179
2025	81 744	63 552	77,7%	204
2026	81 744	71 376	87,3%	229
2027	81 744	79 212	96,9%	254

Fuente: Elaboración propia.

Dimensionamiento de áreas y distribución de planta

Tras haber definido la cantidad de máquinas y equipos de producción requeridos (elementos estáticos), y el número total de operarios (elementos móviles), se procedió a realizar el cálculo de las superficies o áreas de los distintos ambientes con los que contará la planta industrial, con base en el método de Guerchet [43] y en los estatutos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). En primer lugar, se calculó la superficie requerida por las áreas de soporte de la planta, las cuales son: el área de administración, la oficina de producción, el área de mantenimiento, el laboratorio de control de calidad y la caseta de vigilancia, para todas ellas se tomó en cuenta las

dimensiones de mobiliario de oficina como escritorios con archivador, sillas, mesas, estantes y tachos de basura, así como también el área ($0,50 \text{ m}^2$) y estatura promedio ($1,70 \text{ m}$) del personal que circulará dentro de ellas, dando un total de $75,03 \text{ m}^2$, $7,92 \text{ m}^2$, $9,82 \text{ m}^2$, $24,41 \text{ m}^2$ y $6,02 \text{ m}^2$ respectivamente (ver anexo 8). No obstante, para poder cumplir con la norma A.080 "Oficinas" del RNE, la cual establece una densidad de ocupación de 1 persona por cada $9,5 \text{ m}^2$, se decidió extender a 10 m^2 la superficie de aquellas áreas que incumplen con dicha norma.

En segundo lugar, se calculó la superficie de las áreas productivas de la planta. Para ello, en el caso del área de producción, se tomó en cuenta las dimensiones de la maquinaria y los equipos necesarios para la producción de pectina de mango, incluidas aquellas máquinas que intervienen en la recuperación de etanol (columna de destilación), y también la cantidad de operarios, dando un total de $599,06 \text{ m}^2$. Asimismo, para el almacén de materia prima e insumos, se consideró las dimensiones de los contenedores de residuos en los que se almacenarán diariamente las cáscaras tras la recepción, la báscula de suelo para pesar los contenedores llenos, los silos de 50 toneladas de capacidad para almacenar las cáscaras secas, los tanques de almacenamiento de etanol 96%, los estantes para almacenar las bolsas de plástico y los pallets sobre los que se apilarán las cajas de cartón corrugado plegadas, y también la cantidad de operarios, dando un total de $279,53 \text{ m}^2$.

Por otro lado, la superficie del almacén de producto terminado se calculó tomando en cuenta la política de ventas y dimensiones de las bolsas de pectina de 1 kg ($0,31 \times 0,22 \times 0,08 \text{ m}$), las cuales estarán agrupadas en cajas de 14 unidades ($0,30 \times 0,48 \times 0,53 \text{ m}$), y estas a su vez estarán sobre un pallet americano ($1,20 \times 1,00 \times 0,15 \text{ m}$) distribuidas en camas de 8 cajas y apiladas en torres de 4 camas, por lo tanto, el almacén deberá contar con una capacidad de almacenamiento equivalente a 30 días de inventario del 2027, que corresponde a 15 pallets de inventario de ciclo y 9 pallets de inventario de seguridad, dando un total de $86,58 \text{ m}^2$ (ver anexo 8). Finalmente, el patio de maniobras se halló a partir del radio máx. de giro de 180° de un camión semirremolque, que de acuerdo al MTC es de $14,27 \text{ m}$, dando un total de $841,00 \text{ m}^2$ [63].

Por último, se calculó la superficie total de las áreas comunes de la planta. Para los servicios higiénicos de administración y de producción (vestidores incluidos) se tomó en cuenta la norma A.080 "Oficinas" del RNE, la cual establece que los SS. HH. para menos de 20 ocupantes deben estar provistos de 1 lavatorio, urinario, inodoro y ducha tanto para hombres como para mujeres, y la norma A.060 "Industria" del RNE, la cual establece lo mismo (para menos de 15 operarios), pero añade que estos deben contar con un área de vestuarios a razón de $1,50 \text{ m}^2$ por trabajador. Por otro lado, para el estacionamiento se tuvo en cuenta la norma A.010 "Condiciones generales de diseño", la cual establece que, para más de 3 cajones de estacionamiento contiguos, como es el caso de la planta que dispondrá de 10, las dimensiones de cada cajón serán $5,0 \times 2,4 \times 2,1 \text{ m}$;

y para el comedor se tuvo en cuenta las dimensiones de los electrodomésticos de cocina y juegos de comedor (ver anexo 8). En la Tabla 7 se muestran la superficie mín. requerida y la superficie real de cada área de la planta industrial, la cual requiere de una superficie total de 2 183,60 m².

Tabla 7. Área total de la planta de producción de pectina

N°	Código	Áreas de la planta	Superficie Total (m ²)	Superficie Real (m ²)
1	AMP	Almacén de materia prima e insumos	279,53	280,00
2	APT	Almacén de producto terminado	86,58	90,00
3	PRO	Área de producción	599,06	600,00
4	OFP	Oficina de producción	7,92	10,00
5	LCC	Laboratorio de control de calidad	24,41	25,00
6	MAN	Área de mantenimiento	9,82	10,00
7	ADM	Área de administración	75,03	75,00
8	SHP	SS. HH. de producción y vestidores	31,53	35,00
9	SHA	SS. HH. de administración	14,09	15,00
10	DES	Área de desinfección	8,50	10,00
11	COM	Comedor	44,11	45,00
12	VIG	Puesto de vigilancia	6,02	8,00
13	EST	Estacionamiento	156,00	156,00
14	PAT	Patio de maniobras	841,00	841,00
Total			2 183,60	2 200,00

Fuente: Elaboración propia.

El tipo de distribución que tendrá la planta será en línea o por producto, puesto que la materia prima requiere seguir una secuencia ordenada de procesos de principio a fin. Además, se decidió que el patrón de flujo de la distribución en línea sea en forma de “U”, ya que así se aprovecharía mejor el espacio disponible y se minimizaría el recorrido de la materia prima y de los operarios entre estaciones. Posteriormente, se determinó la disposición ideal de las áreas que forman parte de la planta mediante el método Systematic Layout Planning (SLP) [43], tomando en cuenta la superficie real de estas áreas.

Para ello, se determinó que tan próximas o alejadas deben situarse un área de la otra mediante una tabla y diagrama relacional, obteniendo así que tanto el almacén de materia prima como el de producto terminado deben localizarse absolutamente próximos al área de producción, y este a su vez debe localizarse especialmente cerca de los servicios higiénicos, área de mantenimiento y laboratorio de control de calidad. Además, ambos almacenes deben localizarse especialmente cerca del patio de maniobras, al igual que el área de administración con respecto a los servicios higiénicos. Finalmente, el comedor debe situarse a una distancia regular del área de producción, de administración, de mantenimiento y laboratorio, mientras que el área de administración debe localizarse lo más distante del área de producción (ver anexo 8).

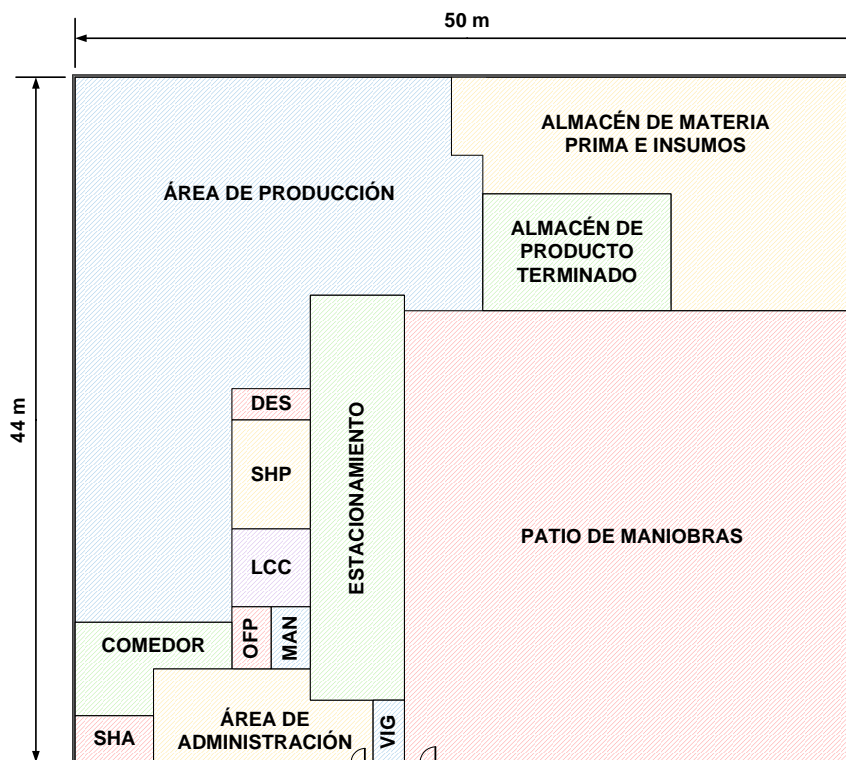


Figura 3. Distribución o disposición de planta
Fuente: Elaboración propia.

Control de calidad y organización del recurso humano

Para el control de calidad durante el procesamiento de la pectina, se implementará un sistema de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) que ayude a garantizar la inocuidad del producto y permita controlar los parámetros de producción establecidos como el tiempo, temperatura, pH, tamaño de partícula, etc. Además, dado que se trata de un producto de exportación, este deberá cumplir todos con los estándares internacionales de calidad alimentaria. En Canadá, los aditivos alimentarios como la pectina deben cumplir con todas las especificaciones de pureza del JECFA (ver anexo 9) [64]. Para el control de calidad del producto terminado, se tomará una muestra de pectina de cada lote producido y se analizará en el laboratorio, resultando apta para el consumo humano si cumple con los requisitos mínimos de las especificaciones físicas (humedad, cenizas, tamaño, color), químicas (contenido de ácido galacturónico, metoxilo, alcohol, N, SO₂, As, Pb, Hg, Cd, etc.) y microbiológicas (ausencia de microbios aerobios, mohos, E. coli y Salmonella) del JECFA (ver anexo 9). Para ello, el laboratorio deberá contar con una estufa eléctrica, mufla, balanza analítica, pHmetro, microscopio, espectrofotómetro FTIR, instrumentos de laboratorio.

La estructura organizacional de la empresa será de tipo funcional y estará compuesta por un gerente, 4 jefes de área, 2 supervisores y 7 operarios (ver anexo 9). El gerente general requerido deberá controlar el desempeño de la empresa, evaluar los planes estratégicos, mantener el buen

ambiente laboral y relaciones con los Stakeholders, además de contar con 5 años de experiencia en puestos similares. El jefe de producción se encargará de supervisar y capacitar al personal a cargo, planear y controlar la producción, velar por la calidad de la producción y la seguridad de su personal, y al igual que los otros jefes de área, deberá contar con 3 años de experiencia como mínimo. El jefe de logística será responsable de realizar los pedidos de materia prima e insumos, gestionar la logística de entrada y salida, evaluar a los proveedores. El jefe comercial deberá de supervisar el plan de ventas, negociar el intercambio de la mercadería con los clientes, y efectuar los trámites aduaneros de exportación, por ende, deberá contar con conocimientos en legislación aduanera y dominio del idioma inglés o francés. El jefe de contabilidad y finanzas se encargará de realizar los asientos contables y controlar las inversiones, estados financieros y flujo de caja.

Asimismo, el supervisor de control de calidad será el responsable de verificar que el producto terminado cumpla con los estándares de calidad establecidos, realizar inspecciones y muestreos, implementar el sistema BPM. El supervisor de mantenimiento será responsable de mantener las máquinas y equipos en buen estado, realizar inspecciones periódicas y el plan de mantenimiento preventivo, realizar reparaciones y pedidos de piezas o repuestos. Un requisito importante para todos los puestos descritos hasta el momento será contar con un título profesional y estudios de posgrado. Los operarios de producción se encargarán de manejar adecuadamente la maquinaria y equipos de acuerdo con sus tareas asignadas; y el operario de almacén será el responsable de verificar el ingreso de materiales y la salida de productos, realizar la recepción de materia prima e inventarios físicos, y apoyar a logística con los despachos. Finalmente, cabe resaltar que, para el reclutamiento y selección de personal, limpieza y seguridad de la planta se decidió contratar a empresas especializadas en dichos servicios.

Evaluación de la viabilidad económica-financiera

La inversión tangible se determinó en base a todos los bienes físicos que se utilizarán durante la vida útil de la planta industrial. Para ello, se tomó en cuenta el costo total del terreno requerido para la instalación de la planta, el cual es de US\$ 264 000; el costo de construcción de la planta, así como el costo de las instalaciones eléctricas y sanitarias, los cuales se calcularon a partir de los costos unitarios de edificación para las localidades de la Costa establecidos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en la Resolución Ministerial N° 350-2021-Vivienda [65], dando un total de US\$ 259 101,93 y US\$ 20 916,63 respectivamente; el costo de máquinas y equipos de producción, transporte y almacenamiento provenientes de fabricantes chinos, cuya suma da un total de US\$ 474 664,00; el costo de equipos, materiales y mobiliario de laboratorio, oficina, cocina y baños, que juntos constituyen un monto total de US\$ 14 925,07; y el costo del

furgón frigorífico requerido para el transporte diario de materia prima hacia la planta, el cual se cotizó en US\$ 45 000 (ver anexo 10). Por lo cual, la inversión tangible requerida para el presente proyecto da un total de US\$ 1 078 607,62.

Por otra parte, la inversión intangible, consta de licencias, permisos y certificados requeridos para la puesta en marcha del proyecto, fletes y costos de instalación de máquinas y equipos de producción, costos de capacitación de personal en manipulación de maquinaria y BPM, y costos de estudios adicionales, sumando en total US\$ 56 240,00. El capital de trabajo requerido por la planta de producción para operar durante los meses en los que se genera utilidades negativas se calculó a partir de los ingresos y egresos totales detallados más adelante, dando un total de US\$ 87 266,45. Posteriormente, se calculó la inversión total del proyecto, compuesta por la inversión tangible e intangible, el capital de trabajo y un monto equivalente al 5,0% del total, destinado a cubrir posibles imprevistos, dando un total de US\$ 1 283 219,77. Cabe resaltar que, el 4,7% de esta inversión (US\$ 60 078,00) la asumirá el promotor del proyecto, el 23,5% (US\$ 301 288,78) la cubrirá un socio estratégico y el 71,8% restante (US\$ 921 852,99) será financiado por medio de un préstamo a largo plazo (5 años) solicitado al Banco de Crédito del Perú (BCP), cuya tasa de interés anual es del 12%, lo cual implica una amortización anual de US\$ 184 370,60 [66].

Tabla 8. Resumen de la inversión total del proyecto

Descripción	Inversión total (US\$)	Promotor del proyecto (US\$)	Socio estratégico (US\$)	Financiamiento (US\$)
Capital de trabajo	87 266,45		87 266,45	
<i>Inversión Tangible</i>				
Terreno	264 000,00		132 000,00	132 000,00
Edificaciones e infraestructura	259 101,93			259 101,93
Maquinaria y equipos de producción	474 664,00			474 664,00
Equipos y materiales de laboratorio	3 838,00	3 838,00		
Equipos de oficina, cocina y baño	11 087,07			11 087,07
Transporte	45 000,00			45 000,00
Instalaciones eléctricas y sanitarias	20 916,63		20 916,63	
Total de inversión tangible	1 078 607,62	3 838,00	152 916,63	921 852,99
<i>Inversión Intangible</i>				
Estudios	1 340,00	1 340,00		
Gastos preoperativos	54 900,00	54 900,00		
Total de inversión intangible	56 240,00	56 240,00	0,00	0,00
Imprevistos (5%)	61 105,70		61 105,70	
INVERSIÓN TOTAL	1 283 219,77	60 078,00	301 288,78	921 852,99
Porcentaje	100,0%	4,7%	23,5%	71,8%

Fuente: Elaboración propia. Tipo de cambio (abr. 2022): S/ 3,75.

El presupuesto de ingresos está dado por el plan de ventas realizado en el estudio de mercado, y el presupuesto de costos está dado por los costos de producción, gastos administrativos, gastos comerciales y gastos financieros. Los costos de producción están compuestos por los costos de materiales directos (cáscara de mango) e indirectos (agua, ácido clorhídrico, etanol, etc.); costos de mano de obra directa e indirecta, calculados en base al sueldo o salario establecido para cada puesto laboral, al cual se debe agregar los beneficios sociales que exige el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo [67] (seguro de vida, gratificaciones, CTS, AFP, etc.) correspondiente al 51% del sueldo; costos de mantenimiento (repuestos y revisiones) y costos de suministros de electricidad, agua, gas y diésel, cuyas tarifas industriales se especificaron anteriormente; dando así un total de US\$ 485 336,09 en el 2023 y US\$ 650 523,12 en el 2027 (ver anexo 10).

Por otro lado, los gastos administrativos, se calcularon tomando en cuenta los gastos en útiles y materiales de oficina, en sueldos de administrativos, y servicios de electricidad, agua, internet, telefonía y seguridad, dando un total de US\$ 52 454,28; los gastos comerciales, se determinaron tomando en cuenta los gastos de publicidad, movilidad, sueldo del jefe comercial y distribución (documentos requeridos para exportar, gastos portuarios, agente de aduanas y transporte interno al puerto de Paita), dando un total de US\$ 22 957,12; y los gastos financieros, se determinaron tomando en cuenta los intereses y amortizaciones del monto financiado, dando un total de US\$ 294 992,96 en el 2023 y US\$ 206 495,07 en el 2027 (ver anexo 10). Finalmente, se determinaron los egresos o costos totales, sumando un total de US\$ 932 219,59 en el año 2027.

Tabla 9. Punto de equilibrio (en US\$)

	2023	2024	2025	2026	2027
<i>Costos de Producción</i>					
Materiales directos	8 823,09	9 477,29	10 810,20	12 141,06	13 473,96
Materiales indirectos	318 889,79	342 534,95	390 710,11	438 811,26	486 984,65
Mano de obra directa	28 992,00	28 992,00	28 992,00	28 992,00	28 992,00
Gastos generales de fabricación	128 631,21	121 072,51	121 072,51	121 072,51	121 072,51
Costo variable total	485 336,09	502 076,75	551 584,81	601 016,83	650 523,12
<i>Gastos de Operaciones</i>					
Gastos administrativos	52 454,28	52 244,28	52 244,28	52 244,28	52 244,28
Gastos de comercialización	22 957,12	22 957,12	22 957,12	22 957,12	22 957,12
Gastos financieros	294 992,96	272 868,49	250 744,01	228 619,54	206 495,07
Costo fijo total	370 404,36	348 069,89	325 945,42	303 820,95	281 696,47
Costos totales	855 740,45	850 146,64	877 530,23	904 837,77	932 219,59
Ingresos totales	768 474,00	904 827,84	1 043 523,84	1 182 700,32	1 323 632,52
P. EQUILIBRIO (Económico)	1 005 326,75	781 980,07	691 410,51	617 739,94	553 940,58
P. EQUILIBRIO (Unidades)	62 637,18	48 151,48	42 107,83	37 280,62	33 150,24

Fuente: Elaboración propia. Tipo de cambio (abr. 2022): S/ 3,75.

Es importante conocer la cantidad mínima de unidades que se deben vender para no presentar pérdidas, por lo cual, es conveniente calcular el punto de equilibrio a partir del cual se comienza a generar utilidades. En la Tabla 9 se observan los resultados del punto de equilibrio económico y en unidades, la planta debe vender al menos 62 637,2 bolsas de pectina, equivalentes a US\$ 1 005 326,75, en el primer año (2023), así como 33 150,2 bolsas de pectina, equivalentes a US\$ 553 940,58, en el quinto año (2027), para no ganar ni perder, lo cual quiere decir que, vendiendo una unidad por encima de estos resultados, la planta industrial empezaría a percibir utilidades.

El estado de ganancias y pérdidas (estado de resultados) es un informe financiero que indica la rentabilidad de la empresa o planta en un período determinado. En la Tabla 10 se muestra el estado de ganancias y pérdidas durante los próximos 5 años, en el cual se observa que se tendrá una utilidad neta positiva de US\$ 19 864,44 en el primer año (2023) y de US\$ 354 940,00 en el quinto año (2027). Debido a que la utilidad neta es positiva durante los 5 años de ejecución del proyecto, se aplica el impuesto a la renta (30%) a todas las utilidades generadas.

Tabla 10. Estado de ganancias y pérdidas (en US\$)

	2023	2024	2025	2026	2027
Ingresos totales	768 474,00	904 827,84	1 043 523,84	1 182 700,32	1 323 632,52
(-) Costos de producción	485 336,09	502 076,75	551 584,81	601 016,83	650 523,12
Utilidad bruta	283 137,91	402 751,09	491 939,03	581 683,49	673 109,40
(-) Gastos administrativos	52 454,28	52 244,28	52 244,28	52 244,28	52 244,28
(-) Gastos de comercialización	22 957,12	22 957,12	22 957,12	22 957,12	22 957,12
(-) Depreciación	68 726,37	68 726,37	68 726,37	68 726,37	68 726,37
Utilidad operativa	139 000,14	258 823,31	348 011,25	437 755,72	529 181,62
(-) G. de financiamiento (interés)	110 622,36	88 497,89	66 373,42	44 248,94	22 124,47
Utilidad antes de impuestos	28 377,78	170 325,43	281 637,83	393 506,77	507 057,15
(-) Impuesto a la renta (30%)	8 513,33	51 097,63	84 491,35	118 052,03	152 117,14
UTILIDADES NETAS	19 864,44	119 227,80	197 146,48	275 454,74	354 940,00

Fuente: Elaboración propia. Tipo de cambio (abr. 2022): S/ 3,75.

En la Tabla 11 se muestra el flujo de caja anual para los 5 años del proyecto, a partir del cual puede calcularse el Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), indicadores que sirven para determinar la rentabilidad del proyecto. El saldo final del primer año (2023) será de US\$ 28 042,79, y el saldo final del quinto año (2027) será de US\$ 349 981,51, no obstante, este saldo final será negativo en el año 0 del proyecto (2022), cuya inversión de -US\$ 361 366,78 le corresponde al promotor del proyecto y socio estratégico. Asimismo, se observa que la utilidad acumulada del segundo año (2024) es de -US\$ 172 326,23, mientras que la del tercer año (2025) es de US\$ 50 966,46, esto significa que el período de recuperación del capital social (inversión) se halla entre el segundo y tercer año del proyecto, siendo este período concretamente de 2 años y 9 meses.

Tabla 11. Flujo de caja anual (en US\$)

	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<u>Inversión</u>						
Capital Social	361 366,78					
Préstamos a CP y LP	921 852,99					
Total inversión	1 283 219,77					
<u>Ingresos</u>						
Cuentas por Cobrar (Ventas a crédito)		704 434,50	893 465,02	1 031 965,84	1 171 102,28	1 311 888,17
Total ingresos		704 434,50	893 465,02	1 031 965,84	1 171 102,28	1 311 888,17
<u>Egresos</u>						
Costos de producción		485 336,09	502 076,75	551 584,81	601 016,83	650 523,12
Gastos administrativos		52 454,28	52 244,28	52 244,28	52 244,28	52 244,28
Gastos de comercialización		22 957,12	22 957,12	22 957,12	22 957,12	22 957,12
Amortización de préstamos		184 370,60	184 370,60	184 370,60	184 370,60	184 370,60
Total egresos		745 118,09	761 648,75	811 156,82	860 588,83	910 095,12
SALDO BRUTO (antes de impuestos)		-40 683,59	131 816,27	220 809,02	310 513,45	401 793,05
Impuesto a la renta (30%)			39 544,88	66 242,71	93 154,04	120 537,91
SALDO (después de impuestos)		-40 683,59	92 271,39	154 566,32	217 359,42	281 255,13
Depreciación		68 726,37	68 726,37	68 726,37	68 726,37	68 726,37
SALDO FINAL (Déficit / Superávit)	-361 366,78	28 042,79	160 997,76	223 292,69	286 085,79	349 981,51
UTILIDAD ACUMULADA	-361 366,78	-333 323,99	-172 326,23	50 966,46	337 052,25	687 033,76

Fuente: Elaboración propia. Tipo de cambio (abr. 2022): S/ 3,75.

Considerando una tasa de inflación de 6,82%, reportada por el Banco Central de Reserva del Perú, y una ganancia esperada del 7%, 10% y 15% para el promotor, socio estratégico y entidad bancaria respectivamente, se calculó una Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) de 15,37%. La Tasa Interna de Retorno (TIR) se calculó a partir flujo neto de efectivo (saldo final) del flujo de caja, dando como resultado una TIR de 35,30%, siendo esta TIR mayor que la TMAR de 15,37%, demostrando que el proyecto es rentable y viable económicamente. El Valor Actual Neto (VAN) del proyecto es de US\$ 261 981,31, siendo este mayor que cero, por lo cual, se confirma la viabilidad económica del proyecto.

El índice Beneficio/Costo se calculó dividiendo los ingresos totales entre los egresos totales, dando como resultado US\$ 1,25, esto significa que por cada US\$ 1,00 invertido se obtiene US\$ 0,25 de ganancia.

Finalmente, se llevó a cabo un análisis de sensibilidad para conocer qué tan susceptible es el proyecto a las fluctuaciones de mercado. Mediante el análisis de sensibilidad del precio de venta se determinó que, si el precio disminuye 11%, la nueva TIR sería de 14,66%, siendo menor que la TMAR (15,37%), por lo cual, el proyecto ya no sería viable económicamente (ver anexo 10). Mediante el análisis de sensibilidad del costo de los materiales indirectos, se determinó que, si el costo de los materiales indirectos aumenta 26%, la nueva TIR sería de 15,32%, siendo menor que la TMAR, por lo tanto, el proyecto tampoco sería viable en dicho escenario (ver anexo 10).

Evaluación de la viabilidad ambiental

Para la evaluación del impacto ambiental que generarán todas las actividades que se llevarán a cabo para la construcción y operación de la planta de producción de pectina se utilizó la Matriz de Leopold. Esta herramienta permitirá evaluar la magnitud e importancia del impacto generado por las distintas actividades en los factores ambientales.

Durante la construcción e instalación se identificaron los siguientes impactos: contaminación del aire debido a la propagación de material particulado y a la emisión de gases de la maquinaria pesada, contaminación acústica debido al ruido que genera la maquinaria pesada, compactación del suelo debido al movimiento de la maquinaria pesada y generación de empleo.

En la etapa de operación de la planta se identificaron los siguientes impactos: contaminación acústica debido al ruido y vibración generados por la maquinaria de producción, contaminación del aire por la emisión de gases y vapor de agua, contaminación del agua debido a los efluentes ácidos procedentes de la destilación y aguas residuales derivadas del escaldado, contaminación del suelo debido a las cáscaras de mango no aptas separadas en el proceso de selección, residuos sólidos orgánicos generados en el proceso de filtración y residuos industriales (piezas dañadas) producto del mantenimiento de la maquinaria y equipos, accidentes y enfermedades laborales, y generación de empleo.

A partir de la matriz de Leopold realizada se determinó que el factor ambiental más afectado es el factor abiótico (físico-químico), cuyo impacto genera una puntuación total de -304, siendo el aire su componente más afectado por la contaminación, pues obtuvo una puntuación de -184, mientras que el factor menos afectado es el socioeconómico, debido a que la instalación de una planta industrial repercute positivamente en el comercio y en la generación de nuevos empleos, lo cual se evidencia en la puntuación de 99 obtenida en dicho factor.

Por otro lado, las acciones del proyecto que más contaminan e impactan negativamente son la destilación, con una puntuación de -74, la remoción de suelo, con una puntuación de -47, y el escaldado e hidrólisis, con una puntuación de -33, mientras que las acciones cuyo impacto es positivo son la recepción de materia prima e insumos, con una puntuación de 30, y el envasado y almacenamiento, con una puntuación de 26. En definitiva, el impacto total que implica la construcción y funcionamiento de una planta de producción de pectina es de -244.

Tabla 12. Matriz de Leopold de la planta de producción de pectina

Acciones del Proyecto		Etapa de construcción			Etapa de operación de la planta													Promedios aritméticos
		Movimiento de materiales de construcción	Remoción de suelo	Edificación de la planta industrial	Recepción de materia prima e insumos	Mantenimiento de maquinaria	Selección	Trituración	Escaldado	Secado I	Hidrólisis ácida	Filtración	Precipitación	Destilación	Centrifugación	Secado II	Envasado y almacenamiento	
Factores Ambientales																		
Físico-químico (Abiótico)																		
Aire	Calidad del aire	-3/1	-4/2	-3/2	-1/1		-1/2		-3/4	-2/3	-3/4			-4/4		-2/3		-72
	Ruido	-2/2	-5/2	-6/5	-2/1			-5/2	-1/2	-6/3	-1/3	-3/3	-1/3	-3/3	-2/3	-1/3	-1/3	-112
Agua	Calidad del agua			-1/2					-1/4					-3/4				-18
	Consumo de agua								-4/3		-5/3		-2/3	-5/3				-48
Suelo	Calidad del suelo	-3/2	-4/3	-3/3		-2/3	-1/2					-2/2		-3/5				-54
Biológico (Biótico)																		
Flora	Flora y vegetación		-5/3				-2/2							-2/2				-23
Fauna	Aves		-2/2						-2/2		-2/2			-2/2				-16
Socioeconómico																		
Social	Empleo	3/2	3/2	3/3	2/3	1/3	2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	66
	Salud y seguridad	-1/2	-2/2	-3/2	-1/3	-2/3	-1/2	-2/2	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2	-2/2	-47
Economía	Actividad comercial			3/4	5/6	2/4											5/6	80
Promedios aritméticos		-9	-47	-32	30	-1	-4	-11	-33	-23	-33	-12	-8	-74	-5	-8	26	-244

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se establecieron medidas de mitigación para las etapas de construcción y de operación de la planta de producción de pectina, con el fin de minimizar los impactos generados por el presente proyecto.

Durante la construcción se regará periódicamente el terreno para minimizar el levantamiento de material particulado, se colocarán los materiales de construcción en zonas cercanas a la obra para reducir las distancias de transporte, se verificará el funcionamiento de la maquinaria pesada antes de iniciar la construcción y se cercará la obra con pantallas acústicas temporales. También se les brindará a los operarios de construcción el equipo de protección personal (EPP) necesario para prevenir accidentes y enfermedades laborales.

Durante el funcionamiento de la planta se les proporcionará a los operarios de producción el equipo de protección personal (EPP) necesario, específicamente cascos con protección auditiva y mascarillas, para reducir los riesgos por exposición al ruido e inhalación de polvo o gases; se venderán las cáscaras de mango defectuosas generadas en el proceso de selección a agricultores locales para la elaboración de compost y los residuos sólidos orgánicos generados en el proceso de filtración a una empresa dedicada a la producción de pellets; se entregarán las piezas dañadas o desgastadas a una planta de reciclaje y se descargarán las aguas residuales del escaldado y los efluentes ácidos de la destilación en una planta de tratamiento para minimizar la contaminación del agua y del suelo; y se instalarán silenciadores acústicos en todos los motores de las máquinas productivas, paneles de espuma acústica alrededor de las columnas de destilación y del secador rotatorio, alfombras de aislamiento de neopreno sobre el molino de martillos, secador rotatorio y filtro prensa para reducir el impacto del ruido, y filtros de carbón activado en las columnas de destilación y en la caldera de vapor para absorber los gases emitidos a la atmósfera. Por último, cabe resaltar que las cáscaras defectuosas y residuos sólidos (torta de filtración) serán llenados en sacos de 50 kg y apilados temporalmente en un área despejada del almacén de materia prima e insumos, puesto que su comercialización y despacho serán realizados diariamente. Los costos de adquirir dichos dispositivos, materiales y EPP's destinados a minimizar el impacto ambiental del proyecto ascienden a US\$ 9 690,13 en el primer año (2023) y se mantienen en US\$ 2 131,43 en los siguientes 4 años (ver anexo 10).

Discusión

A partir del estudio de mercado realizado, se seleccionó a la provincia de Quebec, en Canadá, como el área de mercado para la comercialización de pectina, no obstante, según Guerrero [29] y Escobedo [68], quienes también aplicaron estudios de mercado en sus investigaciones, el área de mercado fue Perú, su mercado doméstico, debido a que su producción nacional era nula y el

crecimiento de sus importaciones en el último lustro había sido del 60% y 40% respectivamente, mientras que en el presente estudio, el crecimiento fue del 400% (de 43,5 a 216 toneladas). Esta elección de mercado puede deberse a que ambos autores no tomaron en cuenta la evaluación de factores de selección de mercado, ni el análisis de la demanda mundial, excluyendo a mercados internacionales con mayor crecimiento y precio como Canadá, por lo cual, se está en desacuerdo con estos autores. Asimismo, el 20% de cuota de mercado estimada en la presente investigación tampoco concuerda con los resultados de Guerrero [29], cuya cuota es del 27%; Escobedo [68], cuya cuota es del 40% para el quinto año; ni Macías [69], cuya cuota es del 30%; pues es mucho menor que todas ellas, esto puede deberse a que los autores no consideraron la participación de mercado de la competencia al estimar la cuota de mercado o presentan una mayor disponibilidad de materia prima para cubrir una mayor parte. No obstante, en las investigaciones de todos estos autores, el precio de venta fijado es menor al precio proyectado en al menos US\$ 1 de diferencia, lo cual coincide con el precio de venta con 6% de descuento fijado en la presente investigación.

A partir de la evaluación de factores de localización, se seleccionó al distrito de Lambayeque como el lugar óptimo para la instalación de la planta industrial, debido a su cercanía a 8 plantas procesadoras de mango que generan grandes cantidades de cáscara. Este resultado coincide con los de las investigaciones de Guerrero [29], Martínez [31], Olate [35] y Escobedo [68], en donde la planta de producción de pectina se localizó cerca de las plantas procesadoras de jugos cítricos, pues, al igual que en la presente investigación, el factor de proximidad a los proveedores resultó ser el más determinante. En cuanto al tamaño de planta, tras haber realizado un estudio técnico, Martínez [31] y Olate [35], obtuvieron una capacidad real de producción inferior a 10 toneladas de pectina al año; Polesca *et al.* [30] y Durán [34], una capacidad inferior a 40 t/año; y Guerrero [29], una capacidad de 77,4 t/año y un consumo energético de 991,2 kWh/día, que coincide con la capacidad de 79,2 t/año y el consumo de energía de 969 kWh/día de la presente investigación, sin embargo, estos resultados no son los más altos obtenidos, dado que Casas-Orozco *et al.* [33] y Manhongo *et al.* [62], en sus investigaciones, reportan haber obtenido una capacidad de 337,6 t/año y 1 262,6 t/año respectivamente, por ende, se infiere que el tamaño de planta óptimo, para una instalación de este tipo, puede variar considerablemente de un proyecto a otro. Respecto a la superficie total del área de producción calculada por medio del método de Guerchet, Guerrero [29] obtuvo una superficie total de 252 m², menor a la superficie total de 599 m² obtenida en la presente investigación, esto debido a que se consideraron máquinas y equipos complementarios como la caldera o columna de destilación, y distintas dimensiones y número de lados operativos de las máquinas en la presente investigación.

A partir de la evaluación económica financiera, se determinó un VAN de US\$ 261 981 y una TIR de 35,3%, menores que los resultados obtenidos por Guerrero [29], cuyo proyecto presenta un VAN de US\$ 308 663 y una TIR de 54,0%, lo cual podría deberse a que su proyecto requiere de una inversión inicial de US\$ 651 230, mientras que para el presente proyecto se requiere una inversión de US\$ 1 283 220, es decir, un monto equivalente a casi el doble, pese a que en ambos proyectos se propone una planta de producción de pectina con una capacidad real similar. Estos resultados también se aproximan a los obtenidos por Escobedo [68], cuyo proyecto presenta un VAN de US\$ 458 298 y una TIR de 23,0%, debido a que su proyecto requiere de una inversión inicial de US\$ 1 686 513, mayor que la inversión del presente proyecto, no obstante, su proyecto genera unos ingresos brutos de US\$ 2 709 000 en el quinto año, equivalente a más del doble de los ingresos del presente proyecto (US\$ 1 311 888) durante el mismo período. Por consiguiente, se está de acuerdo con ambos autores citados, pues, pese a reportar resultados distintos a los del presente estudio, estos demuestran que es viable económica y financieramente la instalación de una planta de producción de pectina con una capacidad mayor a 50 toneladas de pectina al año. Por otro lado, se está en desacuerdo con los resultados obtenidos por Almeida [32] y Olate [35], siendo estos un VAN de US\$ 429 y de -US\$ 588 823 respectivamente, pues demuestran que es inviable económicamente instalar una planta de producción de pectina, debido a que los autores no consideraron en sus investigaciones un sistema de recuperación de etanol que disminuya los costos de los materiales indirectos ni tampoco una capacidad de planta mayor a 30 toneladas de pectina al año que permita aumentar las ventas e ingresos.

Conclusiones

La instalación de una planta de producción de pectina a partir de cáscaras de mango Kent en el departamento de Lambayeque resulta ser viable desde el punto de vista comercial, ambiental, técnico, económico y financiero.

El estudio de mercado realizado permitió determinar el área geográfica más propicia para la comercialización de pectina, siendo esta la provincia de Quebec en Canadá, pues presenta una creciente demanda de pectina por parte de su industria alimentaria y un mayor precio que el de la mayoría de países importadores, no obstante, este proyecto solo cubrirá el 20% de la demanda insatisfecha proyectada en 396,08 t de pectina para el año 2027.

La planta de producción de pectina se localizará en el distrito de Lambayeque, al alcance de sus 8 proveedores de cáscaras de mango encargados de suministrar diariamente la materia prima necesaria. De acuerdo con el análisis técnico realizado se determinó que la planta de producción utilizará un proceso productivo que consta de una etapa de acondicionamiento de materia prima,

que estará operativa durante los 7 meses de temporada alta, y una etapa de extracción de pectina, que estará operativa durante todo el año gracias a las reservas de materia prima obtenidas en la etapa anterior; asimismo, tendrá una productividad de materia prima del 5,88%, una capacidad real de 79,21 t de pectina para el año 2027 (tasa de utilización del 97%), dispondrá de un sistema de recuperación de alcohol para recuperar el 85% del etanol consumido, y también requerirá de una superficie total de aproximadamente 2 200 m² para su instalación.

En lo que concierne a la evaluación económica y financiera, se determinó una inversión total de US\$ 1 283 219,77, de la cual el 71,80% será financiado por una entidad bancaria y el 28,20% restante por medio de capital social, el cual se recuperará en aproximadamente 2 años y 9 meses. Asimismo, se concluye que el proyecto es viable económica y financieramente, pues se obtuvo un VAN positivo de US\$ 261 981,31 y una TIR (35,30%) mayor al valor de la TMAR (15,37%). Finalmente, se concluye que el proyecto es viable ambientalmente, pues el impacto que generan la construcción y la operación de la planta hacia el aire, agua, suelo y salud de los operarios se reduce considerablemente mediante las medidas de mitigación establecidas.

Recomendaciones

Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes del escaldado y efluentes ácidos procedentes de la destilación para minimizar los impactos ambientales generados.

Evaluar alternativas más sustentables (biorrefinería) para el aprovechamiento integral de las cáscaras y semillas de mango que generen beneficios extras como biogás y electricidad.

Evaluar la disponibilidad de otras fuentes de pectina ubicadas en el norte del Perú, como las cáscaras de limón y maracuyá derivadas de plantas procesadoras de zumos, y adaptar el proceso de extracción para dichos residuos, con el fin de utilizarlos durante el período de escasez de las cáscaras de mango y mantener un flujo de producción continuo.

Referencias

- [1] Y. A. Vargas y L. I. Pérez, “Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente”, *Rev. Fac. Ciencias Básicas*, vol. 14, núm. 1, pp. 59–72, 2018, doi: 10.18359/rfcb.3108.
- [2] C. H. Okino y L. F. Fleuri, “Orange and mango by-products: Agro-industrial waste as source of bioactive compounds and botanical versus commercial description-A review”, *Food Rev. Int.*, vol. 32, núm. 1, pp. 1–14, 2016, doi: 10.1080/87559129.2015.1041183.
- [3] R. Ciriminna, A. Fidalgo, R. Delisi, L. M. Ilharco, y M. Pagliaro, “Pectin production and global market”, *Agro Food Ind. Hi Tech*, vol. 27, núm. 5, pp. 17–20, 2016 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/39fESjw>

- [4] J. Pascual Ramírez, “Obtención y caracterización de pectina de variedades de mango indostano (*Manguifera indica* L.) para su aprovechamiento funcional como agente estabilizante”, tesis doctoral, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México, 2018 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3z9YVvN>
- [5] B. Zeeb, M. Roth, y H. Endreß, “Commercial pectins”, en *Handbook of Hydrocolloids*, 3rd ed., Elsevier, 2021, pp. 295–315 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/32rhXC5>
- [6] D. Seisun y N. Zalesny, “Strides in food texture and hydrocolloids”, *Food Hydrocoll.*, vol. 117, núm. 106575, 2021, doi: 10.1016/j.foodhyd.2020.106575.
- [7] N. S. Bedoya-Perales y G. P. Dal’ Magro, “Quantification of Food Losses and Waste in Peru: A Mass Flow Analysis along the Food Supply Chain”, *Sustainability*, vol. 13, núm. 5, p. 2807, mar. 2021, doi: 10.3390/su13052807.
- [8] “Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente 2014-2019”, MINAM, Lima, Perú, 2021 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3IUIKXI>
- [9] “Sostenibilidad de los residuos agroindustriales”, CITE agroindustrial, Ica, Perú, 2018.
- [10] “Retos y oportunidades del compostaje en el Perú”, *Actualidad Ambiental*. [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3wIOFcs>. [Consultado: 22-oct-2021]
- [11] J. Pérez, “Perú es uno de los más importantes proveedores mundiales de mango de muy alta calidad”, *Revista Agroexportaciones & Medio Ambiente*, DV Editores SAC, Lima, Perú, pp. 4–6, jun-2019 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3EDyIvW>
- [12] “Plan Nacional de Cultivos: Campaña Agrícola 2019-2020”, MIDAGRI, Lima, Perú, 2019 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3siN0ua>
- [13] “Desarrollo del Comercio Exterior - Informe Anual 2020”, PROMPERÚ, Lima, Perú, 2021 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3eBhzTI>
- [14] “Perfil de Producto: Mango Fresco y Congelado del mercado de Corea del Sur”, MINCETUR, Lima, Perú, 2016 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3f1e6yd>
- [15] “Exportaciones de mangos en trozos del Perú 2016-2020”, *Agrodata Perú*, 2021. [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3Et3hAc>. [Consultado: 25-jul-2021]
- [16] C. H. Okino-Delgado, D. Z. Prado, M. S. Pereira, D. A. Camargo, M. A. Koike, y L. F. Fleuri, “Mango”, en *Valorization of Fruit Processing By-products*, 1st ed., Elsevier, 2020, pp. 167–181 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/32tJeDU>
- [17] J. Grau, H. Terraza, D. Rodríguez, A. Rihm, y G. Sturzenegger, “Solid Waste Management in Latin America and the Caribbean”, 2015 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3ndo5FC>
- [18] H.-U. Endreß y S. H. Christensen, “Pectins”, en *Handbook of Hydrocolloids*, 2nd ed., Elsevier, 2009, pp. 274–297 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3EwmSOY>
- [19] C. B. Zachariassen, “Process Analytical Chemistry and Technology in Pectin

- Production: Industrial PhD Thesis”, Ph.D. dissertation, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark, 2007 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3jPiDGH>
- [20] S. Ferreira Ardila, *Pectinas : aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial*, 1era ed. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2007 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3oq0HFD>
- [21] A. Belkheiri *et al.*, “Extraction, Characterization, and Applications of Pectins from Plant By-Products”, *Appl. Sci.*, vol. 11, núm. 14, jul. 2021, doi: 10.3390/app11146596. [Online]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/14/6596>
- [22] A. Muñoz Labrador, “Caracterización de pectinas industriales de cítricos y su aplicación como recubrimientos de fresas”, trabajo de fin de máster, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España, 2016 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3mGfrOY>
- [23] V. Rodríguez y L. I. Castro, “Pectin - Extraction, Purification, Characterization and Applications”, en *Pectins - Extraction, Purification, Characterization and Applications*, IntechOpen, 2020 [Online]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/pectins-extraction-purification-characterization-and-applications/pectin-extraction-purification-characterization-and-applications>
- [24] S. Valdivia-Rivera *et al.*, “Kinetic, Thermodynamic, Physicochemical, and Economical Characterization of Pectin from *Mangifera indica* L. cv. Haden Residues”, *Foods*, vol. 10, núm. 9, p. 2093, sep. 2021, doi: 10.3390/foods10092093. [Online]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/9/2093>
- [25] C. M. P. Freitas, R. C. S. Sousa, M. M. S. Dias, y J. S. R. Coimbra, “Extraction of Pectin from Passion Fruit Peel”, *Food Eng. Rev.*, vol. 12, núm. 4, pp. 460–472, 2020, doi: 10.1007/s12393-020-09254-9.
- [26] S. Sangheetha, D. C. Illeperuma, A. N. Navaratne, y C. Jayasinghe, “Effect of pH, temperature and time combinations on yield and degree of esterification of mango peel pectin: a box-behnen design based statistical modelling”, *Trop. Agric. Res.*, vol. 30, núm. 2, pp. 1–12, 2018, doi: 10.4038/tar.v30i2.8304.
- [27] E. Girma y T. Worku, “Extraction and Characterization of Pectin From Selected Fruit Peel Waste”, *Int. J. Sci. Res. Publ.*, vol. 6, núm. 2, pp. 447–454, 2016 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3yFIVCq>
- [28] A. Schieber, P. Hilt, N. Berardini, y R. Carle, “Recovery of pectin and polyphenolics from apple pomace and mango peels”, en *Total Food: Exploiting co-products - minimizing waste*, K. Waldron, C. Faulds, y A. Smith, Eds. Norwich: Institute of Food Research, 2004, pp. 144–149 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3HjSQzy>
- [29] F. A. Guerrero Ruiz, “Aprovechamiento de la cáscara de maracuyá para obtener pectina en la empresa Quicornac S.A.C. con el fin de aumentar sus ingresos”, tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú, 2019 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3n1BcZd>
- [30] C. M. Polesca de Freitas, R. D. Martins, M. M. dos Santos Dias, J. S. dos Reis Coimbra, y R. de C. Superbi de Sousa, “PASSION FRUIT BY-PRODUCT: PROCESS DESIGN OF PECTIN PRODUCTION”, *Int. J. Res. -GRANTHAALAYAH*, vol. 8, núm. 10, pp. 58–

- 69, 2020, doi: 10.29121/granthaalayah.v8.i10.2020.1688.
- [31] S. Martínez Pizarro, “Design of a plant for extraction and purification of pectin”, tesis de pregrado, Universitat de Barcelona, Barcelona, España, 2016 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3arpd0Y>
- [32] C. E. Almeida Echeverría, “Diseño de un proceso piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja (*Citrus Sinensis*)”, tesis de pregrado, Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador, 2017 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3arvKZp>
- [33] D. Casas-Orozco, A. L. Villa, F. Bustamante, y L.-M. González, “Process development and simulation of pectin extraction from orange peels”, *Food Bioprod. Process.*, vol. 96, pp. 86–98, oct. 2015, doi: 10.1016/j.fbp.2015.06.006.
- [34] R. Durán Barón, “Estudio experimental para el diseño de una planta industrial para la producción de pectinas a partir de mango y naranja”, tesis doctoral, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2017 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3E14Q78>
- [35] M. de los A. Olate, “Obtención de aceite esencial y pectina a partir del residuo sólido de la producción de jugo de naranja”, Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina, 2019 [Online]. Disponible en: <https://bdigital.uncu.edu.ar/13427>
- [36] G. Baca Urbina, *Evaluación de Proyectos*, 6a ed. Ciudad de México: McGraw Hill, 2010.
- [37] J. W. Urbina Larios, “Instalación de una planta de elaboración de snack de betarraga para el mercado internacional”, tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú, 2021 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3v03WFa>
- [38] “Lista de los importadores y exportadores para el producto 130220 de enero 2016 a diciembre 2020”, *Trade Map*, 2020. [Online]. Disponible en: <https://www.trademap.org>. [Consultado: 30-jul-2021]
- [39] “Importaciones y exportaciones de Canadá del producto 130220 de 2016 hasta 2020”, *Statistics Canada*, 2020. [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3ECLaQz>. [Consultado: 25-sep-2021]
- [40] R. B. Chase y F. R. Jacobs, *Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministros*, 13a ed. Ciudad de México: McGraw Hill, 2014.
- [41] J. Heizer y B. Render, *Principios de administración de operaciones*, 7a ed. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación, 2009.
- [42] L. J. Krajewski, L. P. Ritzman, y M. K. Malhotra, *Administración de operaciones: Procesos y cadenas de valor*, 8a ed. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación, 2008.
- [43] B. Díaz, B. Jarufe, y M. T. Noriega, *Disposición de planta*, 2a ed. Lima: Fondo Editorial de la Universidad de Lima, 2014.
- [44] J. Tarcica y M. Gonzalez, *120 Descripciones de Puestos: Materiales de Alta Calidad en Recursos Humanos*, 1a ed. BookBaby, 2013.

- [45] P. Lira Briceño, *Evaluación de proyectos de inversión: herramientas financieras para analizar la creación de valor*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2013.
- [46] “Produits d’ici: Confitures, gelées, marmelades et tartinades”, *Aliments du Québec*, 2021. [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/32zUiPX>. [Consultado: 15-dic-2021]
- [47] “Greater Montréal: Epicentre of the Food Processing Industry in Québec”, Montréal International, Montreal, 2019 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3mmMNBK>
- [48] P. Kotler y K. L. Keller, “Desarrollo estrategias y programas de precios”, en *Dirección de Marketing*, 14th ed., Ciudad de México: Pearson Educación, 2012.
- [49] “CP Kelco Expands Distribution Agreement with IMCD into Mexico Market”, *CP Kelco Media Hub*, 2021. [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3tTQdRO>. [Consultado: 15-dic-2021]
- [50] “Comercio exterior del Perú de pectina, mango congelado, alcohol etílico y ácido clorhídrico de enero 2017 hasta diciembre 2021”, *Veritrade*, 2021. [Online]. Disponible en: <https://business2.veritradecorp.com/es/mis-busquedas>. [Consultado: 10-feb-2022]
- [51] A. Bloomenthal, “How Long can Accounts Receivables Remain Outstanding?”, *Investopedia*, 2021. [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3qyaRER>. [Consultado: 20-nov-2021]
- [52] “Índice de Competitividad Regional - INCORE 2020”, Instituto Peruano de Economía, Lima, Perú, 2020 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/2ZJMZDH>
- [53] “Perú: Participación de la Población en la Actividad Económica, 2017”, INEI, Lima, Perú, 2019.
- [54] “LISTADO GENERAL EMPRESAS ASOCIADAS CERTIFICADAS AL CAPITULO BASC PERÚ AL 28 FEBRERO 2019”, BASC PERÚ, Lima, Perú, 2019 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3sLsiSk>
- [55] “MAPA VIAL LAMBAYEQUE, PIURA Y LA LIBERTAD”, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Lima, Perú, 2017 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3I4Dwb3>
- [56] S. O. Sørensen, “Production of high quality citrus pectin peel”, en *2015 International Citrus & Beverage Conference*, 2015 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3jWMDQU>
- [57] C. Torres-León *et al.*, “Food Waste and Byproducts: An Opportunity to Minimize Malnutrition and Hunger in Developing Countries”, *Front. Sustain. Food Syst.*, vol. 2, sep. 2018, doi: 10.3389/fsufs.2018.00052.
- [58] D. V. Sudhakar y S. B. Maini, “Isolation and characterization of mango peel pectins”, *J. Food Process. Preserv.*, vol. 24, núm. 3, pp. 209–227, ago. 2000, doi: 10.1111/j.1745-4549.2000.tb00414.x.
- [59] S. V. Jensen, S. O. Sørensen, y C. Rolin, “Process for extraction of pectin”, U.S. Patent 8592575B22013 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3rkuAZv>

- [60] L. L. Tuisima-Coral y H. A. Escobar-Garcia, “Characterization of fruits of varieties of mango (*Mangifera indica*) conserved in Peru”, *Rev. Bras. Frutic.*, vol. 43, núm. 2, 2021, doi: 10.1590/0100-29452021710.
- [61] “Pliegos tarifarios para el suministro de electricidad y gas natural”, *Osinermin*, 2022. [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3Jt045T>. [Consultado: 10-abr-2022]
- [62] T. T. Manhongo, A. Chimphango, P. Thornley, y M. Röder, “An economic viability and environmental impact assessment of mango processing waste-based biorefineries for co-producing bioenergy and bioactive compounds”, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 148, p. 111216, sep. 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.111216.
- [63] “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico”, MTC, Lima, Perú, 2018.
- [64] “Food Safety: Food Additives”, *Government of Canada*, 2016. [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3M6QgQ1>. [Consultado: 15-mar-2022]
- [65] “Resolución Ministerial N° 350-2021-VIVIENDA”, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima, Perú, 2021 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3F30v5J>
- [66] “Tasas Activas en Soles: Crédito Negocios y Pequeña Empresa”, *BCP*, 2022. [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/38zPCvR>. [Consultado: 27-abr-2022]
- [67] “Beneficios sociales del régimen laboral de la micro y pequeña empresa”, Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, Lima, Perú, 2019 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3LxkThF>
- [68] G. M. Escobedo Soberón, “Valorización de la cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* F. flavicarpa Deg.) como sub producto para obtener pectina usando como agente hidrolizante ácido cítrico”, tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú, 2013 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3qhBnRu>
- [69] E. J. Macías Camacho, “Estudio técnico-económico para la instalación de una planta extractora de pectina a partir de la cáscara de maracuyá”, tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2014 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3IJK0N8>
- [70] “Boletín Estadístico Mensual ‘El Agro en Cifras’ Mes: Febrero 2021”, MIDAGRI, Lima, Perú, 2021 [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3BwfbIy>
- [71] A. Mortensen *et al.*, “Re-evaluation of pectin (E 440i) and amidated pectin (E 440ii) as food additives”, *EFSA J.*, vol. 15, núm. 7, jul. 2017, doi: 10.2903/j.efsa.2017.4866. [Online]. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.2903/j.efsa.2017.4866>

Anexos

Anexo 1: Selección del área de mercado

Para determinar el área de mercado más conveniente se consideraron factores como el volumen, valor y crecimiento de las importaciones de pectina durante el período 2016-2020; la población total en 2020; el volumen de las exportaciones de confituras, jaleas y mermeladas del año 2020; el tiempo de tránsito marítimo y el idioma oficial.

Tabla 1A. Matriz de enfrentamiento de factores de selección de mercado

Matriz de factores ponderados	A	B	C	D	E	F	G	Total	Puntaje
A Demanda		1	1	1	1	1	1	6	23
B Crecimiento de la demanda	0		0	1	1	1	1	4	15
C Precio	0	1		1	1	1	1	5	19
D Consumo industrial	0	0	1		1	1	1	4	15
E Consumo urbano	0	0	0	1		1	1	3	12
F Proximidad geográfica	0	0	0	0	1		1	2	8
G Idioma	0	0	0	0	1	1		2	8
Total								26	100

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2A. Descripción de factores para la selección del mercado

	A	B	C	D	E	F	G
Mercado potencial	Importación de pectina (t)	Crecimiento anual de la importación	Precio de la pectina (US\$/t)	Exportación de la partida HS 2007 (t)	Población total (habitantes)	Tiempo tránsito (días)	Idioma oficial
Japón	2 487	-1,3%	20 239	284	125 836 021	29	Diferente
Canadá	1 088	2,6%	17 342	14 048	38 005 238	19	Diferente
Bélgica	1 407	1,8%	14 999	84 007	11 555 997	26	Diferente
Países Bajos	1 549	5,1%	15 425	69 669	17 441 139	24	Diferente
Perú	268	-1,6%	12 724	7 442	32 971 846	1	Igual

Fuente: Elaboración propia. En base a Trade Map [38], Banco Mundial y SIICEX.

Tabla 3A. Selección del mercado en función de los puntajes

Factor	A	B	C	D	E	F	G	Total
Puntaje	23	15	19	15	12	8	8	
Japón	92	15	95	15	48	8	8	281
Canadá	69	45	76	45	36	24	8	303
Bélgica	69	30	57	60	24	16	8	264
Países Bajos	69	60	57	60	24	16	8	294
Perú	46	15	38	30	36	40	40	245

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Análisis de la demanda y oferta

Para la proyección de la demanda y oferta se aplicó el método de regresión lineal, pues los datos de la demanda y oferta histórica siguen una tendencia lineal positiva y negativa respectivamente (Figura 1A). Asimismo, este método resulta válido y confiable para realizar pronósticos, ya que la demanda ($R^2=0,94$) y la oferta ($R^2=0,79$) histórica presentan un coeficiente de determinación R^2 mayor a 0,75, lo cual indica que la ecuación de regresión es confiable.

Tabla 4A. Evolución de la demanda, oferta y precio de la pectina en Quebec

Año	Demanda histórica (kg)	Oferta histórica (kg)	Precio histórico (US\$/kg)
2016	43 983	48 298	13,71
2017	96 979	28 791	16,76
2018	107 790	337	16,59
2019	144 510	112	16,67
2020	216 083	1 205	15,82

Fuente: Elaboración propia. En base a Statistics Canada [39].

Tabla 5A. Participación en las importaciones de Quebec por país de origen

Países	2020	2019	2018	2017	2016	Media
Alemania	52,73%	50,89%	49,72%	46,27%	0,56%	40,03%
China	34,30%	30,08%	38,05%	45,13%	85,66%	46,65%
Otros	12,97%	19,02%	12,22%	8,60%	13,78%	13,32%

Fuente: Elaboración propia. En base a Statistics Canada [39].

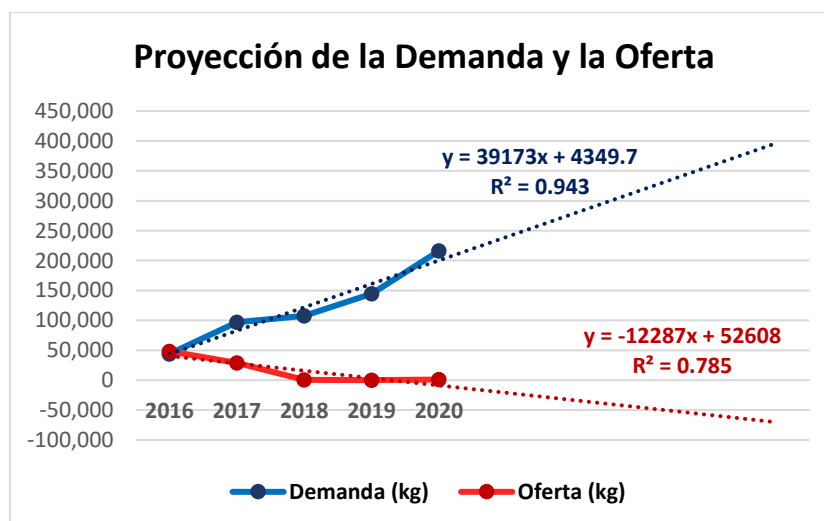


Figura 1A. Proyección de la demanda y oferta de la pectina en Quebec

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6A. Plan de ventas detallado 2023-2027

Período	Ventas (kg)	Precio (US\$/kg)	Ingresos (US\$)
Mes 1	3 990	16,05	64 040
Mes 2	3 990	16,05	64 040
Mes 3	3 990	16,05	64 040
1er trimestre	11 970	16,05	192 119
2do trimestre	11 970	16,05	192 119
3er trimestre	11 970	16,05	192 119
4to trimestre	11 970	16,05	192 119
Año 1 – 2023	47 880	16,05	768 474
Año 2 – 2024	55 716	16,24	904 828
Año 3 – 2025	63 552	16,42	1 043 524
Año 4 – 2026	71 376	16,57	1 182 700
Año 5 – 2027	79 212	16,71	1 323 633

Fuente: Elaboración propia. Tipo de cambio (abr. 2022): S/ 3,75.

Anexo 3: Determinación de la localización de planta

El puntaje de los departamentos evaluados se determinó multiplicando el peso asignado de cada factor por su correspondiente calificación, cuya escala va del 1 al 5, siendo 1.0 una calificación “mala o escasa” y 5.0 una calificación “excelente o muy abundante”.

Tabla 7A. Matriz de enfrentamiento de factores de macro localización

Matriz de factores ponderados	A	B	C	D	E	F	Total	Peso
A Disponibilidad de M.P.	■	1	1	1	1	1	5	24%
B Disponibilidad de energía	0	■	1	1	1	1	4	19%
C Disponibilidad de M.O.	0	1	■	1	1	1	4	19%
D Costo de materia prima	0	0	1	■	1	1	3	14%
E Vías de acceso y transporte	1	0	0	1	■	1	3	14%
F Cercanía al puerto marítimo	0	0	0	1	1	■	2	10%
Total							21	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8A. Descripción de factores para la selección de la macro localización

Localización	Productores de mango congelado	% de acceso a servicios básicos	PEA desocupada	Precio del mango (S/ por kg)	% de red vial local pavimentada	Cercanía al terminal portuario
Piura	2 locales y 3 contiguos	58,7%	46 942	1,00	18,8%	TP Paita
Lambayeque	3 locales y 5 contiguos	78,2%	27 527	1,20	24,4%	TP Paita
La Libertad	3 locales y 3 contiguos	75,5%	34 969	1,30	31,7%	TP Salaverry

Fuente: Elaboración propia. En base a Veritrade [50], IPE [52], INEI [53], MIDAGRI [70] y APN.

Tabla 9A. Evaluación de factores para la macro localización de la planta

Factores	Peso	Piura		Lambayeque		La Libertad	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Disponibilidad de M.P.	24%	3	0,71	4	0,95	3	0,71
Disponibilidad de energía	19%	2	0,38	4	0,76	4	0,76
Disponibilidad de M.O.	19%	4	0,76	3	0,57	3	0,57
Costo de materia prima	14%	5	0,71	4	0,57	4	0,57
Vías de acceso y transporte	14%	2	0,29	2	0,29	3	0,43
Cercanía al puerto marítimo	10%	5	0,48	4	0,38	5	0,48
Total	100%		3,33		3,52		3,52

Fuente: Elaboración propia.

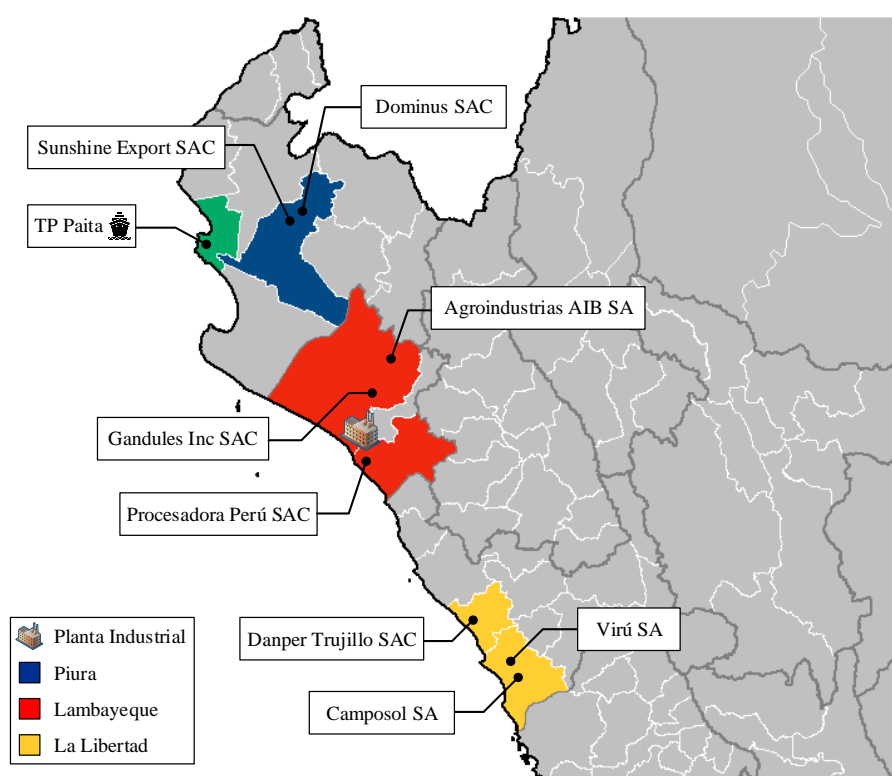


Figura 2A. Mapa de los 8 proveedores de cáscaras de mango seleccionados

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10A. Matriz de enfrentamiento de factores de micro localización

Matriz de factores ponderados	A	B	C	D	E	F	Total	Peso
A Costo del terreno	■	1	1	1	1	1	5	24%
B Cercanía a los proveedores	1	■	0	1	1	1	4	19%
C Disponibilidad de M.O.	0	1	■	1	1	1	4	19%
D Vías de acceso y transporte	0	0	1	■	1	1	3	14%
E Cercanía al puerto marítimo	0	0	1	0	■	1	2	10%
F Facilidades y servicios	0	1	0	1	1	■	3	14%
Total							21	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11A. Descripción de factores para la selección de la micro localización

Localización (Inmobiliaria)	Costo del terreno (US\$/m ²)	Cercanía a proveedores (km a la redonda)	PEA desocupada	Fácil acceso a carretera Panam. Norte	Cercanía al Terminal Portuario de Paita	Facilidades y servicios
Motupe	50	1 a < 10 km, 2 a < 80 km, 3 a < 300 km	527	A 350 m de Carr. F. B. Terry Km. 65	A 260 km del TP Paita	Agua, energía y transporte
Reque (Lula Botey)	45	3 a < 100 km, 1 a < 200 km, 4 a < 310 km	395	A 20 m de Carr. Panam Km. 754	A 284 km del TP Paita	Agua y energía
Lambayeque (La Mercantil)	120	1 a < 10 km, 2 a < 80 km, 5 a < 290 km	1 853	A 200 m de Carr. Panam Km. 776	A 262 km del TP Paita	Agua, energía y transporte

Fuente: Elaboración propia. En base a Veritrade [50], INEI [53], BASC [54], MTC [55] y Google.

Anexo 4: Proceso de producción

En la Figura 4A. se visualizan los flujos de entrada y salida de las máquinas y equipos utilizados durante el proceso de producción de pectina de mango, mientras que en la Figura 5A. se muestra el cronograma de actividades propuesto para la producción de pectina.

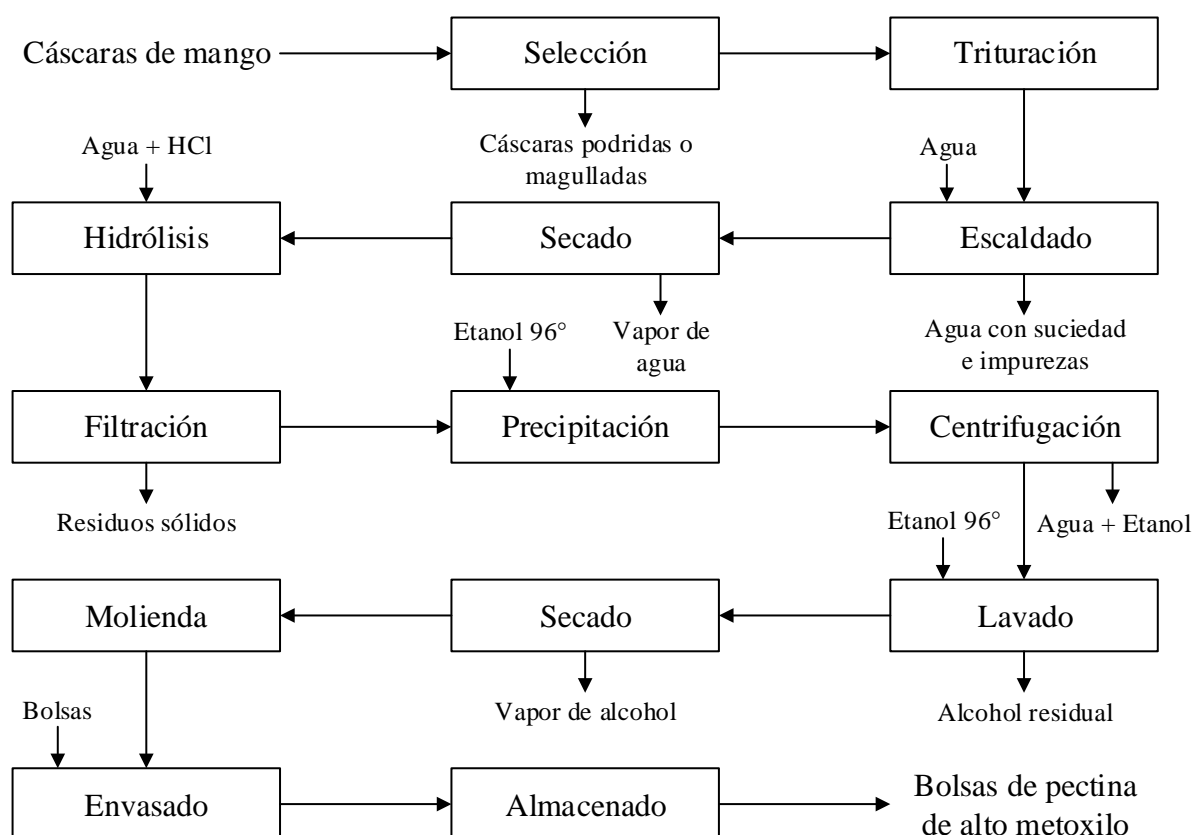


Figura 3A. Diagrama de bloques del proceso de producción de pectina

Fuente: Elaboración propia.

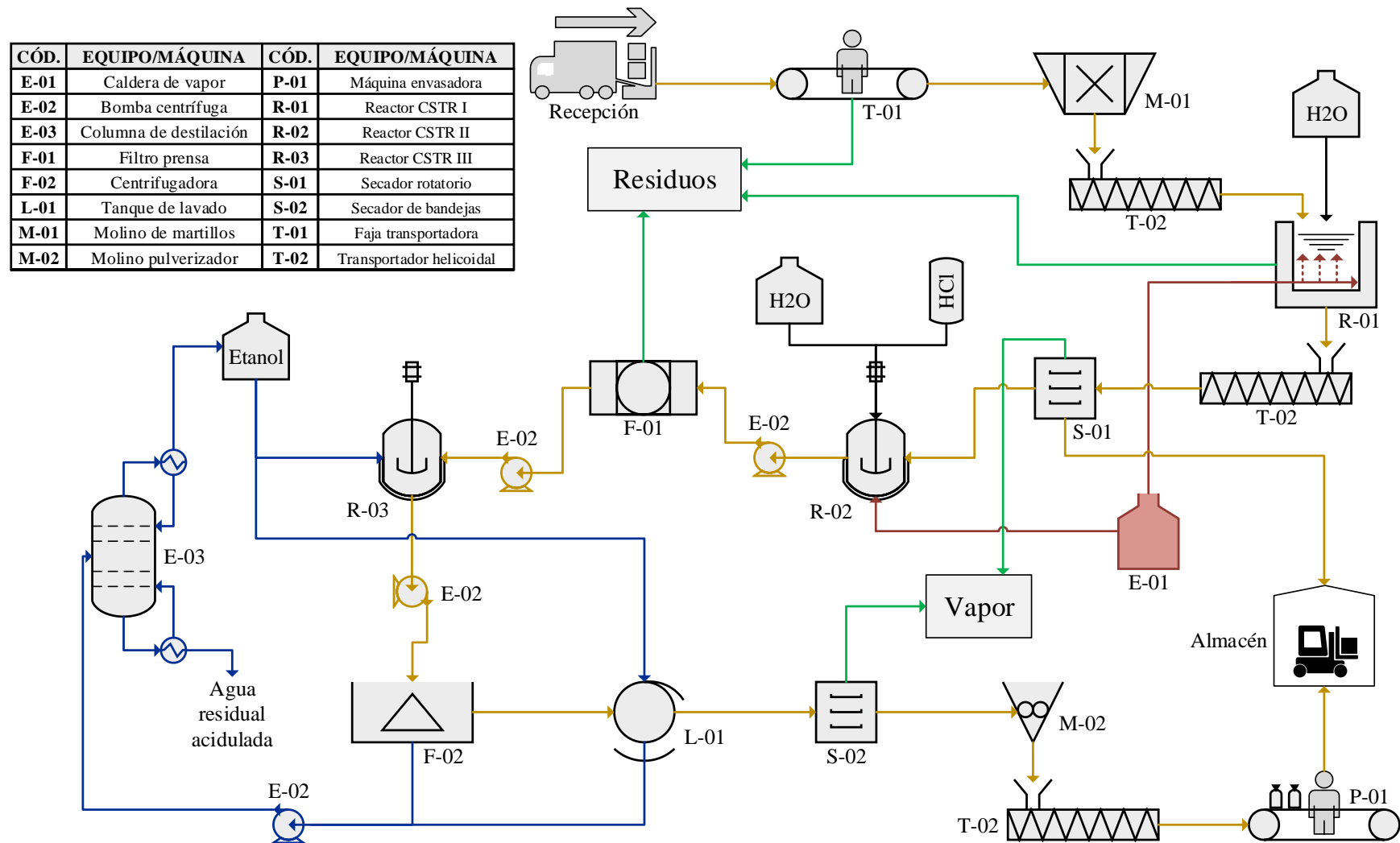


Figura 4A. Diagrama de flujo del proceso de producción de pectina
Fuente: Elaboración propia.

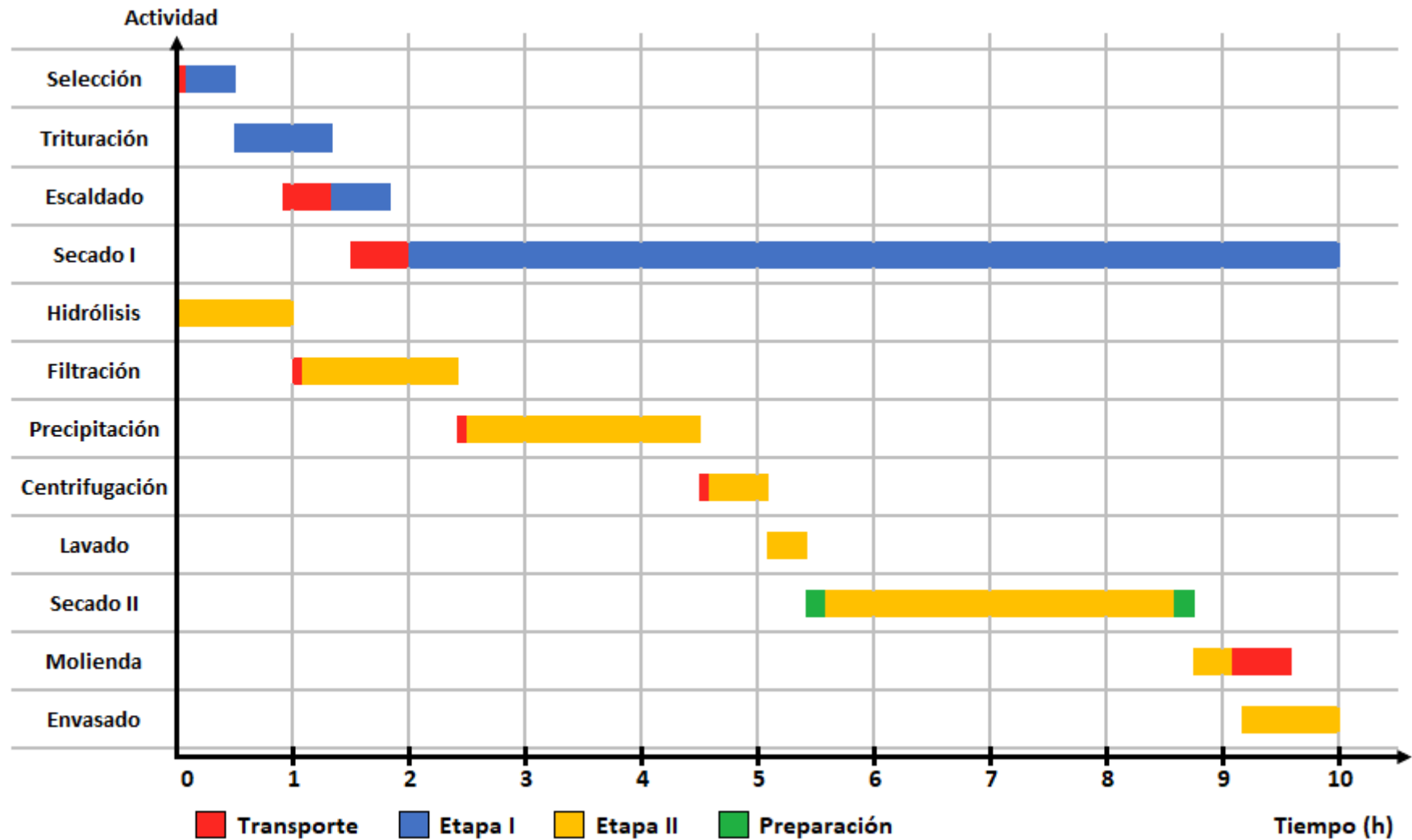


Figura 5A. Diagrama de Gantt del proceso de producción de pectina
 Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5: Plan de producción y requerimiento de materia prima e insumos

Para calcular la cantidad de cáscaras que representan las exportaciones de mango congelado en trozos se dividió entre el % de pulpa (82%) y se multiplicó por el % de cáscara (11%) [60].

Tabla 12A. Disponibilidad de mango congelado en trozos y de cáscaras de mango Kent procedente de los 8 proveedores localizados en Piura, Lambayeque y La Libertad

Año	2017		2018		2019		2020		2021	
Mes	Trozos mango (t)	Cáscara mango (t)	Trozos mango (t)	Cáscara mango (t)	Trozos mango (t)	Cáscara mango (t)	Trozos mango (t)	Cáscara mango (t)	Trozos mango (t)	Cáscara mango (t)
Ene	3 427	460	2 696	362	4 526	607	5 971	801	4 928	661
Feb	3 633	487	4 909	659	5 984	803	9 309	1 249	9 374	1 257
Mar	3 698	496	6 179	829	6 547	878	9 213	1 236	9 439	1 266
Abr	2 825	379	4 064	545	3 917	525	5 917	794	6 854	919
May	1 600	215	2 119	284	1 993	267	3 772	506	3 279	440
Jun	458	61	851	114	972	130	1 474	198	1 282	172
Jul	268	36	438	59	496	67	662	89	599	80
Ago	344	46	305	41	332	44	383	51	225	30
Set	170	23	300	40	169	23	597	80	358	48
Oct	47	6	240	32	76	10	135	18	610	82
Nov	245	33	844	113	1 289	173	533	72	1 179	158
Dic	780	105	3 230	433	3 113	418	3 801	510	3 473	466
Total	17 496	2 347	26 174	3 511	29 414	3 946	41 766	5 603	41 600	5 581

Fuente: Elaboración propia. En base a Veritrade [50].

Tabla 13A. Proyección de la disponibilidad y requerimiento de cáscaras de mango Kent

Año	2023		2024		2025		2026		2027	
Mes	Disponibilidad (t)	Requerimiento (t)	Disponibilidad (t)	Requerimiento (t)	Disponibilidad (t)	Requerimiento (t)	Disponibilidad (t)	Requerimiento (t)	Disponibilidad (t)	Requerimiento (t)
Ene	830,7	158,4	914,9	158,0	999,1	180,2	1 083,3	202,4	1 167,5	224,6
Feb	1 530,1	158,4	1 743,1	158,0	1 956,2	180,2	2 169,2	202,4	2 382,3	224,6
Mar	1 525,3	158,4	1 720,0	158,0	1 914,7	180,2	2 109,4	202,4	2 304,2	224,6
Abr	1 031,4	135,7	1 164,4	158,0	1 297,3	180,2	1 430,2	202,4	1 563,2	224,6
May	544,1	135,7	611,3	158,0	678,5	180,2	745,7	202,4	812,9	224,6
Jun	226,5	67,9	256,9	79,0	287,4	90,1	317,8	101,2	348,3	112,3
Jul	101,7	0	113,6	0	125,5	0	137,4	0	149,2	0
Ago	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Set	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov	159,8	0	169,0	0	177,0	0	184,1	0	190,4	0
Dic	575,5	67,9	610,5	79,0	640,8	90,1	667,5	101,2	691,4	112,3
Total	6 525,0	882,3	7 303,7	947,7	8 076,5	1 081,0	8 844,7	1 214,1	9 609,4	1 347,4

Fuente: Elaboración propia. En base a Veritrade [50].

Tabla 14A. Plan mensual de producción de pectina y de requerimiento de materia prima para el período 2023-2027

Año	2023		2024		2025		2026		2027	
Mes	Cáscara mango (kg)	Pectina mango (kg)	Cáscara mango (kg)	Pectina mango (kg)	Cáscara mango (kg)	Pectina mango (kg)	Cáscara mango (kg)	Pectina mango (kg)	Cáscara mango (kg)	Pectina mango (kg)
Ene	158 363	5 320	157 955	4 643	180 170	5 296	202 351	5 948	224 566	6 601
Feb	158 363	5 320	157 955	4 643	180 170	5 296	202 351	5 948	224 566	6 601
Mar	158 363	5 320	157 955	4 643	180 170	5 296	202 351	5 948	224 566	6 601
Abr	135 740	3 990	157 955	4 643	180 170	5 296	202 351	5 948	224 566	6 601
May	135 740	3 990	157 955	4 643	180 170	5 296	202 351	5 948	224 566	6 601
Jun	67 870	3 990	78 977	4 643	90 085	5 296	101 175	5 948	112 283	6 601
Jul	0	3 990	0	4 643	0	5 296	0	5 948	0	6 601
Ago	0	3 990	0	4 643	0	5 296	0	5 948	0	6 601
Set	0	3 990	0	4 643	0	5 296	0	5 948	0	6 601
Oct	0	3 990	0	4 643	0	5 296	0	5 948	0	6 601
Nov	0	3 990	0	4 643	0	5 296	0	5 948	0	6 601
Dic	67 870	3 990	78 977	4 643	90 085	5 296	101 175	5 948	112 283	6 601
Total	882 309	51 870	947 729	55 716	1 081 020	63 552	1 214 106	71 376	1 347 396	79 212

Fuente: Elaboración propia.

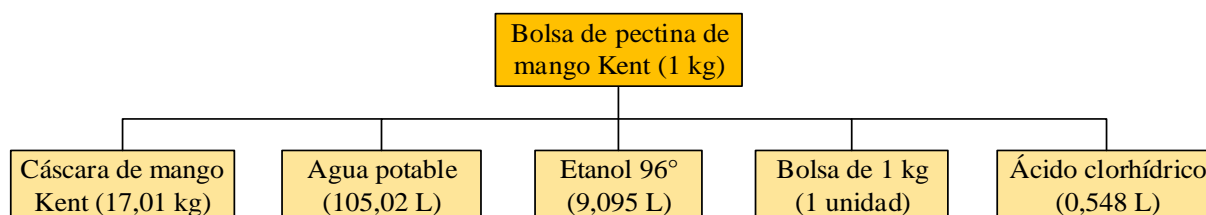


Figura 6A. Lista de materiales (BOM) de una bolsa de pectina de 1 kg
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15A. Índice de consumo por unidad

Materia prima o insumo	Proveedor nacional seleccionado	Unidad de compra	Índice de consumo	Valor por unidad de compra	Monto por unidad (US\$)
Directos					
Cáscara de mango Kent	Procesadoras de mango	kg	17,01	0,010	0,170
Indirectos					
Agua potable	EPSEL SA	L	105,02	0,002	0,228
Ácido clorhídrico	Quimpac SA	L	0,548	0,300	0,164
Alcohol etílico 96°	Sucroalcolera Chira SA	L	9,095	0,600	5,457
Bolsa PET trilaminada	Polybags Perú SRL	Unidad	1	0,170	0,170
Caja de cartón corrugado	Trupal SA	Unidad	0,071	1,800	0,129
Total					6,318

Fuente: Elaboración propia. Tipo de cambio (abr. 2022): S/ 3,75.

Anexo 6: Selección de máquinas/equipos y consumo de energía eléctrica

Tabla 16A. Matriz de enfrentamiento de factores de selección de tecnología

Matriz de factores ponderados	A	B	C	D	E	Total	Peso
A Capacidad		1	1	1	1	4	33%
B Precio	0		1	1	1	3	25%
C Dimensiones	0	0		1	1	2	17%
D Potencia	0	0	0		1	1	8%
E Fabricante	0	0	1	1		2	17%
Total						12	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17A. Selección de banda transportadora (Selección de materia prima)

Factores	Peso	Opción 1			Opción 2		
		Descripción	Valor	Puntaje	Descripción	Valor	Puntaje
Capacidad	33%	10 800 kg/h	3	0,99	22 000 kg/h	5	1,65
Precio (US\$)	25%	398,00	3	0,75	300,00	3	0,75
Dimensiones L*A*H (m)	17%	1,5			2,3		
		0,5	4	0,68	1	3	0,51
Potencia (kW)	8%	0,75			0,5		
		0,25	5	0,40	0,2	5	0,40
Fabricante	17%	Guangdong Chaomai	2	0,34	Dongguan Xinshen	2	0,34
Total	100%			3,16			3,65
Modelo seleccionado		XSF-78-2 (Opción 2)					

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba.

Tabla 18A. Selección de molino de martillos (Trituración)

Factores	Peso	Opción 1			Opción 2		
		Descripción	Valor	Puntaje	Descripción	Valor	Puntaje
Capacidad	33%	5 000 kg/h	4	1,32	2 000 kg/h	3	0,99
Precio (US\$)	25%	5 000,00	4	1,00	3 250,00	3	0,75
Dimensiones L*A*H (m)	17%	1,2			1		
		1,2	3	0,51	0,6	3	0,51
		1,8			1,5		
Potencia (kW)	8%	11	3	0,24	3	4	0,32
Fabricante	17%	Shanghai Joy Light	4	0,68	Wenzhou Longwan Jimei	4	0,68
Total	100%			3,75			3,25
Modelo seleccionado		CPS-5 (Opción 1)					

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba.

Tabla 19A. Selección de secador rotatorio (Secado I)

Factores	Peso	Opción 1			Opción 2		
		Descripción	Valor	Puntaje	Descripción	Valor	Puntaje
Capacidad	33%	12 000 kg	4	1,32	12 200 kg	4	1,32
Precio (US\$)	25%	10 000,00	4	1,00	11 500,00	3	0,75
Dimensiones L*A*H (m)	17%	12			12		
		2,2	2	0,34	2,2	2	0,34
Potencia (kW)	8%	2,5			2,5		
		18,5	2	0,16	22	2	0,16
Fabricante	17%	Henan Hongji M.	4	0,68	Henan Shunzhi M.	4	0,68
Total	100%			3,50			3,25
Modelo seleccionado				Ø2.2*12 (Opción 1)			

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba.

Tabla 20A. Selección de reactor CSTR 10K (Escaldado / Hidrólisis / Precipitación)

Factores	Peso	Opción 1			Opción 2		
		Descripción	Valor	Puntaje	Descripción	Valor	Puntaje
Capacidad	33%	10 000 L	4	1,32	10 000 L	4	1,32
Precio (US\$)	25%	20 000,00	4	1,00	25 000,00	3	0,75
Dimensiones L*A*H (m)	17%	2,4			2,3		
		2,4	3	0,51	2,3	3	0,51
Potencia (kW)	8%	5,2			5,2		
		15	3	0,24	22	2	0,16
Fabricante	17%	Qingdao Jiahe Wantong T.	4	0,68	Zhucheng Yuanyang T.	4	0,68
Total	100%			3,75			3,42
Modelo seleccionado				10000L (Opción 1)			

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba.

Tabla 21A. Selección de reactor CSTR 5K (Escaldado / Precipitación / Lavado)

Factores	Peso	Opción 1			Opción 2		
		Descripción	Valor	Puntaje	Descripción	Valor	Puntaje
Capacidad	33%	5 000 L	4	1,32	5 000 L	4	1,32
Precio (US\$)	25%	11 000,00	4	1,00	15 000,00	3	0,75
Dimensiones L*A*H (m)	17%	2			2		
		2	3	0,51	2	3	0,51
Potencia (kW)	8%	3,7			4		
		2,5	5	0,40	15	3	0,24
Fabricante	17%	Zhejiang Tanlet Machinery	4	0,68	Zhucheng Yuanyang T.	4	0,68
Total	100%			3,91			3,50
Modelo seleccionado				WJG 5000 (Opción 1)			

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba.

Tabla 22A. Selección de filtro prensa (Filtración)

Factores	Peso	Opción 1			Opción 2		
		Descripción	Valor	Puntaje	Descripción	Valor	Puntaje
Capacidad	33%	2 430 L (torta)	5	1,65	1 480 L (torta)	3	0,99
Precio (US\$)	25%	8 000,00	4	1,00	8 000,00	4	1,00
Dimensiones L*A*H (m)	17%	7,5			5,02		
		1,75	3	0,51	1,8	4	0,68
Potencia (kW)	8%	1,6			1,6		
		4	5	0,40	4	5	0,40
Fabricante	17%	Henan Jincheng Filter E.	4	0,68	Henan Dazhang Filter E.	3	0,51
Total	100%			4,24			3,58

Modelo seleccionado XMG150/1250-30U (Opción 1)

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba.

Tabla 23A. Selección de centrífuga de discos (Centrifugación)

Factores	Peso	Opción 1			Opción 2		
		Descripción	Valor	Puntaje	Descripción	Valor	Puntaje
Capacidad	33%	8 000 L	3	0,99	8 000 L	3	0,99
Precio (US\$)	25%	20 000,00	4	1,00	25 000,00	3	0,75
Dimensiones L*A*H (m)	17%	1,8			1,25		
		1,3	3	0,51	1	4	0,68
Potencia (kW)	8%	1,8			1,55		
		15	3	0,24	18,5	2	0,16
Fabricante	17%	Liaoyang Wanda M.	3	0,51	Chongqing Blossom M.	2	0,34
Total	100%			3,25			2,92

Modelo seleccionado DHY500 (Opción 1)

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba.

Tabla 24A. Selección de secador de bandejas (Secado II)

Factores	Peso	Opción 1			Opción 2		
		Descripción	Valor	Puntaje	Descripción	Valor	Puntaje
Capacidad	33%	1 000 kg/lote	4	1,32	480 kg/lote	3	0,99
Precio (US\$)	25%	6 850,00	3	0,75	5 000,00	4	1,00
Dimensiones L*A*H (m)	17%	3,8			4,5		
		1,9	4	0,68	2,2	3	0,51
Potencia (kW)	8%	2,4			2,3		
		22	2	0,16	54	1	0,08
Fabricante	17%	Zhengzhou Known	4	0,68	Shanghai Goingwind M.	3	0,51
Total	100%			3,59			3,09

Modelo seleccionado KNMY-192 (Opción 1)

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba.

Tabla 25A. Selección de molino pulverizador (Molienda)

Factores	Peso	Opción 1			Opción 2		
		Descripción	Valor	Puntaje	Descripción	Valor	Puntaje
Capacidad	33%	400 kg/h	3	0,99	400 kg/h	3	0,99
Precio (US\$)	25%	2 000,00	4	1,00	3 200,00	3	0,75
Dimensiones L*A*H (m)	17%	0,6			0,6		
		0,7	4	0,68	0,7	4	0,68
		1,5			1,5		
Potencia (kW)	8%	5,5	4	0,32	5,5	4	0,32
Fabricante	17%	Jiangsu Hongda Powder E.	4	0,68	Gongyi Hengyun M.	4	0,68
Total	100%			3,67			3,42
Modelo seleccionado				30B (Opción 1)			

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba.

Tabla 26A. Selección de máquina envasadora semiautomática (Envasado)

Factores	Peso	Opción 1			Opción 2		
		Descripción	Valor	Puntaje	Descripción	Valor	Puntaje
Capacidad	33%	600-2 400 kg/h	4	1,32	600-3 500 kg/h	5	1,65
Precio (US\$)	25%	3 000,00	3	0,75	2 600,00	3	0,75
Dimensiones L*A*H (m)	17%	2,2			3		
		1,2	3	0,51	1,06	3	0,51
		2,5			2		
Potencia (kW)	8%	1	4	0,32	1	4	0,32
Fabricante	17%	Luohe Tianheng M.	3	0,51	Luohe Guantuo M.	1	0,17
Total	100%			3,41			3,40
Modelo seleccionado				TH-PM-P-5 (Opción 1)			

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba.

Tabla 27A. Especificaciones de equipos y máquinas de producción complementarios

Factores	Caldera de vapor	Columna de destilación	Bomba centrífuga	Transportador helicoidal
Capacidad	3 000 kg/h (vapor)	5 000 L/día (etanol)	94 m ³ /h	11 m ³ /h
Precio (US\$)	28 000,00	50 000,00	530,00	1 000,00
Dimensiones L*A*H (m)	4,5	3	0,74	3,5
	2,15	3	0,32	0,5
	3	6,4	0,4	2
Potencia o consumo de gas natural	212 m ³ /h	20 kW	11 kW	2,2 kW
Fabricante	Henan Yuanda Boiler	Taian Gaodeng	Shanghai Yulong Vacuum Pump	Xinxiang Yongqing Screen
Modelo	WNS3	BM1000R-1503046	IZ100-80-160A	LS200

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba.

Tabla 28A. Consumo de energía eléctrica de las máquinas y equipos seleccionados

Máquina o equipo	Cant.	Tiempo de operación (min/día)	Tiempo de operación (h/día)	Potencia (kWh)	Consumo de energía (kWh/día)
Banda transportadora	1	25	0,42	0,20	0,08
Molino de martillos	2	50	0,83	11,00	18,33
Secador rotatorio	1	480	8,00	18,50	148,00
Reactor CSTR 10K L	6	60	1,00	15,00	90,00
Reactor CSTR 5K L	3	30	0,50	2,50	3,75
Filtro prensa	2	80	1,33	4,00	10,67
Centrífuga de discos	2	30	0,50	15,00	15,00
Secador de bandejas	1	180	3,00	22,00	66,00
Molino pulverizador	2	20	0,33	5,50	3,67
Máquina envasadora	1	50	0,83	1,00	0,83
Columna de destilación	3	600	10,00	20,00	600,00
Transportador helicoidal	4	30	0,50	2,20	4,40
Bomba centrífuga	9	5	0,08	11,00	8,25
Consumo diario total (kWh)					968,98

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba.

Anexo 7: Capacidad de planta e indicadores de producción

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Cantidad de pectina de mango producida}}{\text{Cantidad de cáscaras de mango requerida}} = \frac{254 \text{ kg}}{4\,320 \text{ kg}} = 5,88\%$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad de pectina de mango producida}}{\text{Cantidad de cáscaras de mango secas}} = \frac{254 \text{ kg}}{1\,411,3 \text{ kg}} = 18\%$$

$$N^{\circ} \text{ de estaciones}_{\text{Etapa I}} = \frac{\sum \text{tiempos de cada tarea}}{\text{mayor tiempo de ciclo}} = \frac{2,300 \text{ min/kg}}{1,890 \text{ min/kg}} = 1,217 \cong 2$$

$$N^{\circ} \text{ de estaciones}_{\text{Etapa II}} = \frac{\sum \text{tiempos de cada tarea}}{\text{mayor tiempo de ciclo}} = \frac{2,204 \text{ min/kg}}{0,709 \text{ min/kg}} = 3,109 \cong 4$$

$$\text{Eficiencia}_{\text{Etapa I}} = \frac{\sum \text{tiempos de cada tarea}}{(\text{tiempo de ciclo})(N^{\circ} \text{ estaciones})} = \frac{2,300 \text{ min/kg}}{(1,890 \text{ min/kg})(2)} = 60,8\%$$

$$\text{Eficiencia}_{\text{Etapa II}} = \frac{\sum \text{tiempos de cada tarea}}{(\text{tiempo de ciclo})(N^{\circ} \text{ estaciones})} = \frac{2,204 \text{ min/kg}}{(0,709 \text{ min/kg})(4)} = 77,7\%$$

Figura 7A. Cálculos para hallar la productividad, el número de estaciones y la eficiencia
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29A. Tiempo de ciclo y número de estaciones

Proceso	Tiempo de ciclo (min/kg)	Estación de trabajo asignada
Etapa I	2,300	
Selección	0,095	Estación 1
Trituración	0,197	Estación 1
Escaldado	0,118	Estación 1
Secado I	1,890	Estación 2
Etapa II	2,204	
Hidrólisis	0,236	Estación 3
Filtración	0,315	Estación 3
Precipitación	0,472	Estación 4
Centrifugación	0,118	Estación 4
Lavado	0,079	Estación 4
Secado II	0,709	Estación 5
Molienda	0,075	Estación 6
Envasado	0,200	Estación 6
Total	4,504	6 estaciones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30A. Capacidad de planta de la Etapa I

Año	Capacidad diseñada (kg)	Capacidad real (kg)	Utilización anual (%)	Capacidad diseñada mensual (kg)	Producción mensual máx. (kg)	Utilización mensual máx. (%)
2023	1 006 450	288 241	28,6%	83 871	44 345	52,9%
2024	1 006 450	309 613	30,8%	83 871	51 602	61,5%
2025	1 006 450	353 158	35,1%	83 871	58 860	70,2%
2026	1 006 450	396 636	39,4%	83 871	66 106	78,8%
2027	1 006 450	440 181	43,7%	83 871	73 363	87,5%

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8: Método de Guerchet y Planeamiento Sistemático de la Distribución (SLP)

Tabla 31A. Variables del Método de Guerchet

Abreviatura	Descripción
n	Cantidad de elementos requeridos
N	Número de lados de operación
SS	Superficie estática = Largo x Ancho
SG	Superficie gravitacional = SS x N
K	Coefficiente de superficie evolutiva = 0,5 x (hm/hf)
SE	Superficie evolutiva = K x (SS + SG)
ST	Superficie total = n x (SS + SG + SE)

Fuente: Elaboración propia. En base a Díaz *et al.* [43].

Tabla 32A. Cálculo del área del comedor

Elemento	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	SS (m ²)	SG (m ²)	K	SE (m ²)	ST (m ²)
Elementos móviles										
Personas	12	-	-	-	1,70	0,50	-	1,02	-	6,00
Elementos fijos										
Cocina a gas 4 hornillas	1	1	0,59	0,50	0,90	0,30	0,30	1,02	0,60	1,19
Frigobar	2	1	0,56	0,50	0,84	0,28	0,28	1,02	0,57	2,26
Horno microondas	2	1	0,45	0,33	0,25	0,15	0,15	1,02	0,30	1,20
Mueble base con lavaplatos	1	1	1,00	0,50	0,87	0,50	0,50	1,02	1,02	2,02
Mueble despensero	2	2	0,35	0,38	1,82	0,13	0,27	1,02	0,41	1,61
Mesa de comedor	3	4	1,10	0,60	0,76	0,66	2,64	1,02	3,36	19,99
Silla de comedor	12	1	0,44	0,45	0,85	0,20	0,20	1,02	0,40	9,59
Tacho de basura	1	2	0,20	0,20	0,28	0,04	0,08	1,02	0,12	0,24
Área Total (m²)										44,11

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33A. Cálculo del área de control de calidad

Elemento	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	SS (m ²)	SG (m ²)	K	SE (m ²)	ST (m ²)
Elementos móviles										
Supervisor de calidad	1	-	-	-	1,70	0,50	-	0,89	-	0,50
Elementos fijos										
Escritorio con archivador	1	1	1,20	0,53	0,74	0,64	0,64	0,89	1,13	2,40
Silla de oficina	1	1	0,50	0,53	0,79	0,27	0,27	0,89	0,47	1,00
Estante metálico	1	1	1,00	0,50	1,76	0,50	0,50	0,89	0,89	1,89
Mesa central para laboratorio	1	2	1,80	1,50	0,90	2,70	5,40	0,89	7,18	15,28
Mesa de trabajo de acero	1	2	1,10	0,50	0,90	0,55	1,10	0,89	1,46	3,11
Tacho de basura	1	2	0,20	0,20	0,28	0,04	0,08	0,89	0,11	0,23
Área Total (m²)										24,41

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34A. Cálculo del área de mantenimiento

Elemento	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	SS (m ²)	SG (m ²)	K	SE (m ²)	ST (m ²)
Elementos móviles										
Supervisor de mantenimiento	1	-	-	-	1,70	0,50	-	0,71	-	0,50
Elementos fijos										
Escritorio con archivador	1	1	1,20	0,53	0,74	0,64	0,64	0,71	0,90	2,18
Silla de oficina	1	1	0,50	0,53	0,79	0,27	0,27	0,71	0,38	0,91
Estante metálico	2	1	1,00	0,50	1,76	0,50	0,50	0,71	0,71	3,42
Mesa de trabajo de acero	1	2	1,10	0,50	0,90	0,55	1,10	0,71	1,17	2,82
Área Total (m²)										9,82

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35A. Cálculo del área de la oficina de producción

Elemento	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	SS (m ²)	SG (m ²)	K	SE (m ²)	ST (m ²)
Elementos móviles										
Jefe de producción	1	-	-	-	1,70	0,50	-	0,81	-	0,50
Elementos fijos										
Escritorio con archivador	1	2	1,20	0,53	0,74	0,64	1,27	0,81	1,55	3,46
Silla de oficina	2	1	0,50	0,53	0,79	0,27	0,27	0,81	0,43	1,92
Estante metálico	1	1	1,00	0,50	1,76	0,50	0,50	0,81	0,81	1,81
Tacho de basura	1	2	0,20	0,20	0,28	0,04	0,08	0,81	0,10	0,22
Área Total (m²)										7,92

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36A. Cálculo del área de administración

Elemento	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	SS (m ²)	SG (m ²)	K	SE (m ²)	ST (m ²)
Elementos móviles										
Gerente general	1	-	-	-	1,70	0,50	-	0,92	-	0,50
Jefe de logística	1	-	-	-	1,70	0,50	-	0,92	-	0,50
Jefe comercial	1	-	-	-	1,70	0,50	-	0,92	-	0,50
Jefe de contabilidad y finanzas	1	-	-	-	1,70	0,50	-	0,92	-	0,50
Elementos fijos										
Escritorio con archivador	4	2	1,20	0,53	0,74	0,64	1,27	0,92	1,75	14,65
Silla de oficina	10	1	0,50	0,53	0,79	0,27	0,27	0,92	0,49	10,17
Estante metálico	4	1	1,00	0,50	1,76	0,50	0,50	0,92	0,92	7,68
Mesa de reuniones	1	4	3,20	1,00	0,75	3,20	12,80	0,92	14,70	30,70
Sofá de espera	1	2	1,80	0,86	0,81	1,55	3,10	0,92	4,27	8,91
Tacho de basura	4	2	0,20	0,20	0,28	0,04	0,08	0,92	0,11	0,92
Área Total (m²)										75,03

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37A. Cálculo del área de SS. HH. de administración

Elemento	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	SS (m ²)	SG (m ²)	K	SE (m ²)	ST (m ²)
Elementos móviles										
Administrativos	4	-	-	-	1,70	0,50	-	0,75	-	2,00
Elementos fijos										
Lavatorio	4	1	0,45	0,34	0,18	0,15	0,15	0,75	0,23	2,14
Inodoro	2	1	0,72	0,36	0,66	0,26	0,26	0,75	0,39	1,81
Urinario	2	1	0,27	0,34	0,59	0,09	0,09	0,75	0,14	0,64
Cabina de ducha	2	2	0,80	0,80	2,00	0,64	1,28	0,75	1,43	6,70
Dispensador de papel toalla	2	1	0,31	0,18	0,33	0,06	0,06	0,75	0,08	0,39
Tacho de basura	2	2	0,20	0,20	0,28	0,04	0,08	0,75	0,09	0,42
Área Total (m²)										14,09

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38A. Cálculo del área de almacén de materia prima e insumos

Elemento	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	SS (m ²)	SG (m ²)	K	SE (m ²)	ST (m ²)
Elementos móviles										
Operarios	1	-	-	-	1,70	0,50	-	0,13	-	0,50
Elementos fijos										
Báscula de suelo industrial	1	1	1,20	1,20	0,15	1,44	1,44	0,13	0,39	3,27
Contenedor de residuos	5	1	1,78	1,19	1,39	2,12	2,12	0,13	0,57	24,02
Tanque de alm. de etanol	2	1	5,60	2,20	2,50	12,32	12,32	0,13	3,30	55,88
Silo de almacenamiento 50 ton	4	2	3,70	3,70	9,60	13,69	27,38	0,13	5,50	186,29
Estante metálico	2	1	1,00	0,50	1,76	0,50	0,50	0,13	0,13	2,27
Pallet americano de madera	2	1	1,20	1,00	0,15	1,20	1,20	0,13	0,32	5,44
Transpaleta manual	1	1	1,20	0,68	1,20	0,82	0,82	0,13	0,22	1,85
Área Total (m²)										279,53

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39A. Cálculo del área de almacén de producto terminado

Elemento	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	SS (m ²)	SG (m ²)	K	SE (m ²)	ST (m ²)
Elementos móviles										
Operarios	1	-	-	-	1,70	0,50	-	0,39	-	0,50
Elementos fijos										
Pallet americano de madera	24	1	1,20	1,00	0,15	1,20	1,20	0,39	0,95	80,29
Apilador manual	1	1	1,68	0,75	2,05	1,26	1,26	0,39	0,99	3,51
Mesa de trabajo de acero	1	1	1,10	0,50	0,90	0,55	0,55	0,39	0,43	1,53
Silla de oficina	1	1	0,50	0,53	0,79	0,27	0,27	0,39	0,21	0,74
Área Total (m²)										86,58

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40A. Cálculo del área de SS. HH. de producción y vestidores

Elemento	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	SS (m ²)	SG (m ²)	K	SE (m ²)	ST (m ²)
Elementos móviles										
Operarios	6	-	-	-	1,70	1,50	-	0,84	-	9,00
Elementos fijos										
Lavatorio	4	1	0,45	0,34	0,18	0,15	0,15	0,84	0,26	2,25
Inodoro	2	1	0,72	0,36	0,66	0,26	0,26	0,84	0,43	1,90
Urinario	2	1	0,27	0,34	0,59	0,09	0,09	0,84	0,15	0,67
Cabina de ducha	2	2	0,80	0,80	2,00	0,64	1,28	0,84	1,60	7,05
Dispensador de papel toalla	2	1	0,31	0,18	0,33	0,06	0,06	0,84	0,09	0,41
Locker 2 puertas	3	1	0,38	0,45	1,80	0,17	0,17	0,84	0,29	1,88
Banca de madera	2	2	1,80	0,40	0,50	0,72	1,44	0,84	1,80	7,93
Tacho de basura	2	2	0,20	0,20	0,28	0,04	0,08	0,84	0,10	0,44
Área Total (m²)										31,53

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41A. Cálculo del área de producción

Elemento	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	SS (m ²)	SG (m ²)	K	SE (m ²)	ST (m ²)
Elementos móviles										
Operarios	6	-	-	-	1,70	0,50	-	0,24	-	3,00
Elementos fijos										
Banda transportadora	1	2	2,30	1,00	0,50	2,30	4,60	0,24	1,68	8,58
Molino de martillos	2	2	1,20	1,20	1,80	1,44	2,88	0,24	1,05	10,75
Secador rotatorio	1	1	12,00	2,20	2,50	26,40	26,40	0,24	12,88	65,68
Reactor CSTR 10K L	6	2	2,40	2,40	5,20	5,76	11,52	0,24	4,22	128,98
Reactor CSTR 5K L	3	2	2,00	2,00	3,70	4,00	8,00	0,24	2,93	44,78
Filtro prensa	2	3	7,50	1,75	1,60	13,13	39,38	0,24	12,81	130,62
Centrífuga de discos	2	2	1,80	1,30	1,80	2,34	4,68	0,24	1,71	17,47
Secador de bandejas	1	1	3,80	1,90	2,40	7,22	7,22	0,24	3,52	17,96
Molino pulverizador	2	2	0,60	0,70	1,50	0,42	0,84	0,24	0,31	3,13
Máquina envasadora	1	1	2,20	1,20	2,50	2,64	2,64	0,24	1,29	6,57
Columna de destilación	3	1	3,00	3,00	6,40	9,00	9,00	0,24	4,39	67,18
Transportador helicoidal	4	1	3,50	0,50	2,00	1,75	1,75	0,24	0,85	17,42
Caldera de vapor	1	2	4,50	2,15	3,00	9,68	19,35	0,24	7,08	36,11
Bomba centrífuga	9	1	0,74	0,32	0,40	0,24	0,24	0,24	0,12	5,30
Tanque de alm. de etanol	1	1	5,60	2,20	2,50	12,32	12,32	0,24	6,01	30,65
Tanque de alm. de HCl	1	1	1,40	1,40	3,50	1,96	1,96	0,24	0,96	4,88
Área Total (m²)										599,06

Fuente: Elaboración propia.

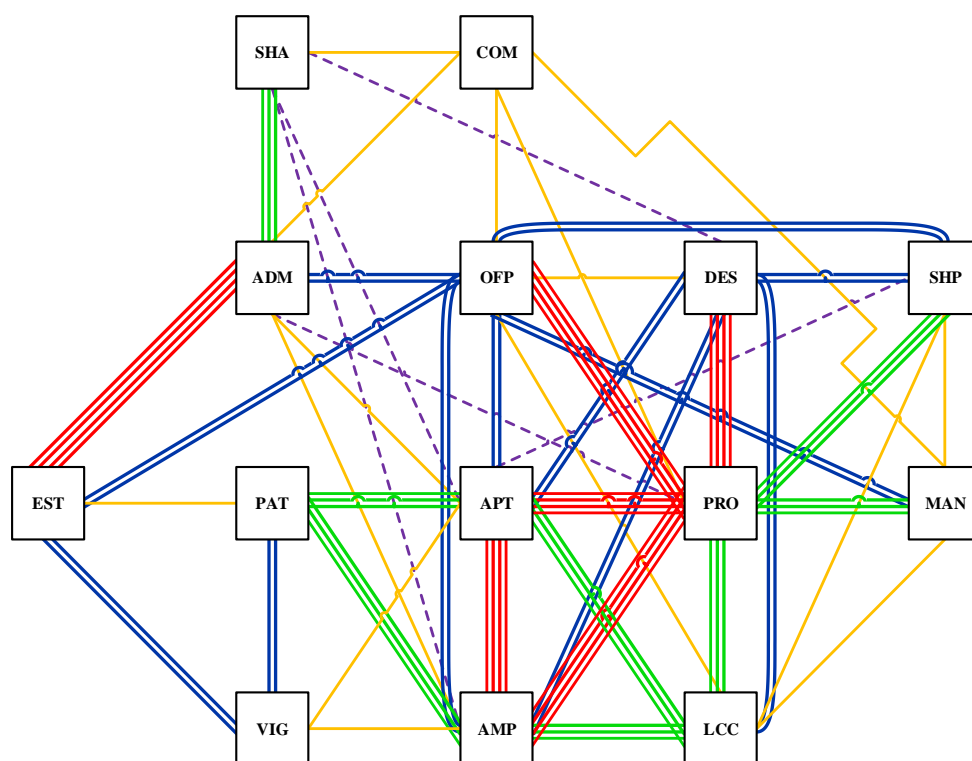


Figura 8A. Diagrama relacional de las áreas de la planta

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42A. Escala de valores de proximidad

Código	Nivel de proximidad	Símbolo
A	Absolutamente necesaria	
E	Especialmente importante	
I	Importante	
O	Ordinaria o normal	
U	No importante	
X	Indeseable	

Fuente: Elaboración propia. En base a Díaz *et al.* [43].

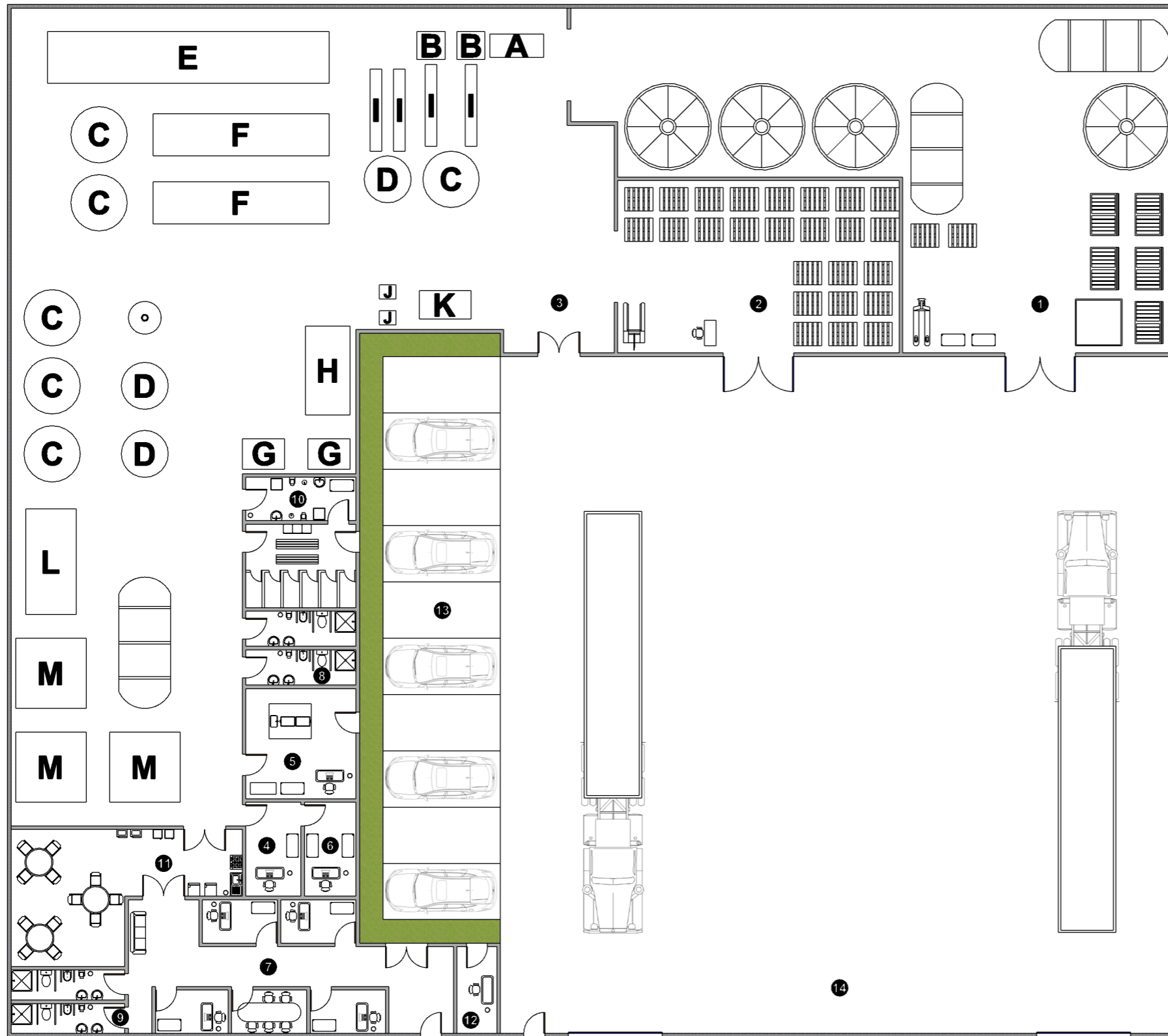
Tabla 43A. Motivos de proximidad

Código	Razón o motivo
1	Uso de información común
2	Comparten el mismo personal
3	Comparten el mismo espacio
4	Control e inspección
5	Contaminación cruzada
6	Secuencia de flujo de trabajo
7	Seguridad
8	Molestia por ruidos
9	Molestia por malos olores

Fuente: Elaboración propia.

AMP														
APT	A 2, 3													
PRO	A 6	A 6												
OFP	I 1	I 1	A 2, 4											
LCC	E 4	E 4	E 4, 6	O 1										
MAN	U -	U -	E 4, 7	I 1, 4	O 5, 7									
ADM	O 1	O 1	X 8	I 1, 4	U -	U -								
SHP	X 5, 9	X 5, 9	E 2, 6	I 2	O 2, 5	O 2	U -							
SHA	X 5, 9	X 5, 9	X 5, 9	U -	U -	U -	E 2	U -						
DES	I 2	I 2	A 2, 5	O 2	I 2, 5	U -	U -	I 2	X 5					
COM	U -	U -	O 2, 8	O 2	O 2	O 2	O 2	U -	O 2	U -				
VIG	O 1, 7	O 1, 7	U -	U -	U -	U -	U -	U -	U -	U -	U -			
EST	U -	U -	U -	I 2, 7	U -	I 2, 7	A 2, 7	U -	U -	U -	U -	I 3, 7		
PAT	E 2, 6	E 2, 6	U -	U -	U -	U -	U -	U -	U -	U -	U -	I 3, 7	O 3	

Figura 9A. Tabla relacional de las áreas de la planta
Fuente: Elaboración propia.



LEYENDA	
Núm.	Áreas
1	Almacén de materia prima e insumos
2	Almacén de producto terminado
3	Área de producción
4	Oficina de producción
5	Laboratorio de control de calidad
6	Área de mantenimiento
7	Área de administración
8	SS. HH. de producción y vestidores
9	SS. HH. de administración
10	Área de desinfección
11	Comedor
12	Puesto de vigilancia
13	Estacionamiento
14	Patio de maniobras
Letra	Máquinas/Equipos
A	Faja transportadora
B	Molino de martillos
C	Reactor CSTR 10 000 litros
D	Reactor CSTR 5 000 litros
E	Secador rotatorio
F	Filtro prensa
G	Centrifugadora
H	Secador de bandejas
I	Transportador helicoidal
J	Molino pulverizador
K	Máquina envasadora
L	Caldera de vapor
M	Columna de destilación

 UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
PROYECTO PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE CÁSCARA DE MANGO	
UBICACIÓN DISTRITO DE LAMBAYEQUE	ESCALA 1:210
AUTOR DIEGO ALONSO VILLEGAS CASTAÑEDA	FECHA 28/05/22
ASESOR DANNY ADOLFO BUSTAMANTE SIGUEÑAS	FECHA 30/05/22

Figura 10A. Plano de la planta de producción de pectina a partir de cáscara de mango
 Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9: Control de calidad y estructura organizacional de la planta

La “JECFA” es un comité científico internacional de expertos administrado conjuntamente por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Tabla 44A. Especificaciones de pureza de las pectinas comerciales

Especificaciones	FAO/WHO (JECFA)
Grado de esterificación (DE)	70% - 80%
Ácido galacturónico (GalA)	> 65%
Contenido de metoxilo (MeO)	< 25%
Humedad	< 12%
Cenizas	< 10%
pH	3,0 - 3,4
Tamaño de partícula (0,25 mm)	> 99%
Alcohol residual (Etanol)	< 1%
Contenido de nitrógeno (N)	< 2,5%
Dióxido de azufre (SO ₂)	< 50 mg/kg
Arsénico (As)	< 3 mg/kg
Plomo (Pb)	< 5 mg/kg
Mercurio (Hg)	< 1 mg/kg
Cadmio (Cd)	< 1 mg/kg
Microbios aerobios	< 1 000 cfu/g
Mohos y levaduras	< 100 cfu/g
E. coli (en 5g)	Ausencia
Salmonella (en 25g)	Ausencia

En base a Zeeb *et al.* [5] y Mortensen *et al.* [71].

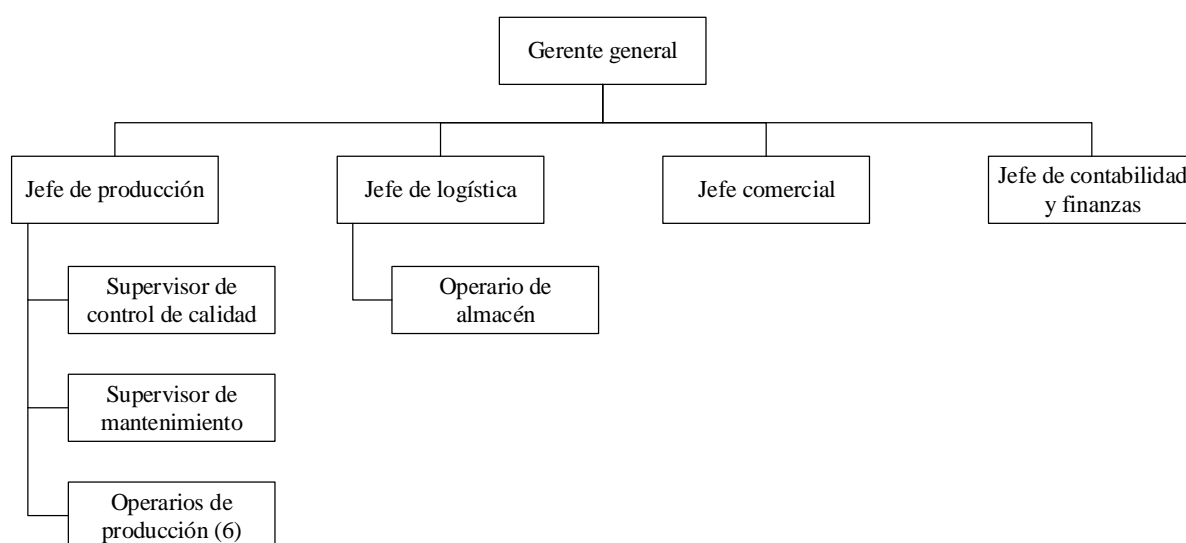


Figura 11A. Organigrama de la planta de producción

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10: Evaluación económica-financiera

Tabla 45A. Inversión en edificaciones e infraestructura

Descripción (Categoría)	Cantidad (m2)	Precio (US\$/m2)	Total (US\$)
Muros y columnas (C)	2 200	64,10	141 022,93
Techos (C)	1 203	47,29	56 884,26
Pisos (H)	1 359	6,81	9 255,70
Puertas y ventanas (D)	215	23,39	5 029,28
Revestimientos (E)	1 143	25,07	28 651,20
Baños (C)	60	15,04	902,24
Portón	10	135,63	1 356,32
Mano de obra		16 000,00	16 000,00
Total			259 101,93

Fuente: Elaboración propia. En base a [65].

Tabla 46A. Inversión en maquinaria y equipos de producción

Descripción	Cantidad	Precio (US\$)	Total (US\$)
Banda transportadora	1	300,00	300,00
Molino de martillos	2	5 000,00	10 000,00
Secador rotatorio	1	10 000,00	10 000,00
Reactor CSTR 10K L	6	20 000,00	120 000,00
Reactor CSTR 5K L	3	11 000,00	33 000,00
Filtro prensa	2	8 000,00	16 000,00
Centrífuga de discos	2	20 000,00	40 000,00
Secador de bandejas	1	6 850,00	6 850,00
Molino pulverizador	2	2 000,00	4 000,00
Máquina envasadora	1	3 000,00	3 000,00
Columna de destilación	3	50 000,00	150 000,00
Transportador helicoidal	4	1 000,00	4 000,00
Caldera de vapor	1	28 000,00	28 000,00
Bomba centrífuga	9	530,00	4 770,00
Tanque de alm. de etanol	3	4 000,00	12 000,00
Tanque de alm. de HCl	1	4 000,00	4 000,00
Silo de almacenamiento	4	6 000,00	24 000,00
Contenedor de residuos	5	517,00	2 585,00
Báscula de suelo industrial	1	622,00	622,00
Transpaleta manual	1	385,00	385,00
Apilador manual	1	840,00	840,00
Pallet americano de madera	26	12,00	312,00
Total			474 664,00

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba.

Tabla 47A. Inversión en equipos y materiales de laboratorio

Descripción	Cantidad	Precio (US\$)	Total (US\$)
Estufa eléctrica	2	24,00	48,00
Mufla	1	700,00	700,00
Balanza analítica	1	870,00	870,00
pHmetro	1	92,00	92,00
Refractómetro	1	76,00	76,00
Microscopio	1	772,00	772,00
Espectrofotómetro FTIR	1	600,00	600,00
Materiales de laboratorio	-	460,00	460,00
Reactivos	-	220,00	220,00
Total			3 838,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48A. Inversión en equipos y mobiliario de oficina, cocina y baño

Descripción	Cantidad	Precio (US\$)	Total (US\$)
Escritorio con archivador	8	80,00	640,00
Silla de oficina	16	26,67	426,67
Estante metálico	10	72,00	720,00
Impresora multifuncional	1	293,33	293,33
Computadora de escritorio	6	400,00	2 400,00
Sofá de espera	1	173,33	173,33
Mesa de reuniones	1	320,00	320,00
Mesa de trabajo de acero	3	181,33	544,00
Mesa central para laboratorio	1	1 390,00	1 390,00
Tacho de basura	12	8,00	96,00
Luminaria LED	36	6,40	230,40
Cocina a gas 4 hornillas	1	96,00	96,00
Frigobar	2	152,00	304,00
Horno microondas	2	72,00	144,00
Mueble base con lavaplatos	1	101,33	101,33
Mueble despensero	2	53,33	106,67
Juego de comedor	3	74,67	224,00
Lavatorio	10	15,47	154,67
Inodoro	4	85,33	341,33
Urinario	4	66,67	266,67
Cabina de ducha	4	240,00	960,00
Locker 2 puertas	3	106,67	320,00
Banca de madera	2	229,33	458,67
Dispensador de papel toalla	6	48,00	288,00
Dispensador de gel	2	44,00	88,00
Total			11 087,07

Fuente: Elaboración propia. En base a Sodimac y Promart.

Tabla 49A. Depreciación de activos fijos

Descripción	Activos totales (US\$)	Valor de recuperación (US\$)	Años a depreciar	Depreciación anual (US\$)				
				2023	2024	2025	2026	2027
Edificaciones e infraestructura	259 101,93	194 326,44	20	12 955,10	12 955,10	12 955,10	12 955,10	12 955,10
Maquinaria y equipos de producción	474 664,00	237 332,00	10	47 466,40	47 466,40	47 466,40	47 466,40	47 466,40
Equipos y materiales de laboratorio	3 838,00	0,00	5	767,60	767,60	767,60	767,60	767,60
Equipos de oficina, cocina y baño	11 087,07	5 543,53	10	1 108,71	1 108,71	1 108,71	1 108,71	1 108,71
Transporte	45 000,00	12 857,14	7	6 428,57	6 428,57	6 428,57	6 428,57	6 428,57
Total	793 690,99			68 726,37	68 726,37	68 726,37	68 726,37	68 726,37

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50A. Costos de producción (en US\$)

Ítems	2023	2024	2025	2026	2027
<u>Costos Directos de Producción</u>					
Materiales directos	8 823,09	9 477,29	10 810,20	12 141,06	13 473,96
Materiales indirectos	318 889,79	342 534,95	390 710,11	438 811,26	486 984,65
Mano de obra directa	28 992,00	28 992,00	28 992,00	28 992,00	28 992,00
Total de costos directos de producción	356 704,88	381 004,24	430 512,31	479 944,32	529 450,61
<u>Costos Indirectos de Producción</u>					
Mano de obra indirecta	37 671,48	37 671,48	37 671,48	37 671,48	37 671,48
Mantenimiento (repuestos y revisiones)	1 300,00	1 300,00	1 300,00	1 300,00	1 300,00
Suministros (electricidad, agua y gas)	68 845,51	68 845,51	68 845,51	68 845,51	68 845,51
Combustible (diésel para camión)	11 124,09	11 124,09	11 124,09	11 124,09	11 124,09
Costos para mitigar el impacto ambiental	9 690,13	2 131,43	2 131,43	2 131,43	2 131,43
Total de costos indirectos de producción	128 631,21	121 072,51	121 072,51	121 072,51	121 072,51
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN	485 336,09	502 076,75	551 584,81	601 016,83	650 523,12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51A. Sueldos y salarios de la mano de obra directa e indirecta

Colaborador	Cantidad	Salario (US\$)	Beneficio 51%	Sub total (mes/Op.)	Total anual (US\$)
Costo de mano de obra directa					
Operarios (por plazo indefinido)	5	320,00	163,20	483,20	28 992,00
Operarios (por temporada)	2	320,00	163,20	483,20	6 764,80
Costo de mano de obra indirecta					
Chofer de camión	1	300,00	153,00	453,00	3 171,00
Supervisor de control de calidad	1	500,00	255,00	755,00	9 060,00
Supervisor de mantenimiento	1	624,00	318,24	942,24	11 306,88
Jefe de producción	1	780,00	397,80	1 177,80	14 133,60
Jefe de logística	1	676,00	344,76	1 020,76	12 249,12
Jefe comercial	1	676,00	344,76	1 020,76	12 249,12
Jefe de contabilidad y finanzas	1	752,00	383,52	1 135,52	13 626,24
Gerente general	1	1 100,00	561,00	1 661,00	19 932,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52A. Presupuesto de compras de materiales directos e indirectos (en US\$)

Materiales	2023	2024	2025	2026	2027
Directos					
Cáscara de mango Kent	8 823,09	9 477,29	10 810,20	12 141,06	13 473,96
Indirectos					
Agua potable	11 820,83	12 697,31	14 483,08	16 266,12	18 051,89
Ácido clorhídrico	8 527,44	9 159,72	10 447,95	11 734,20	13 022,46
Alcohol etílico 96°	283 054,62	304 042,20	346 803,24	389 498,82	432 259,86
Bolsas PET trilaminadas	8 817,90	9 471,72	10 803,84	12 133,92	13 466,04
Cajas de cartón corrugado	6 669,00	7 164,00	8 172,00	9 178,20	10 184,40
Total	327 712,88	352 012,24	401 520,31	450 952,32	500 458,61

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53A. Costos del suministro eléctrico, de agua y de gas

Áreas	Tarifa (US\$)	Unidad	Consumo diario	Días laborables al año	Total anual (US\$)
Costo de energía eléctrica					
Producción Etapa I			181,42	182,00	6 277,91
Producción Etapa II	0,1901	kWh	787,56	312,00	46 719,32
De soporte y comunes			15,00	312,00	889,82
Costo de suministro de agua					
Producción			6,00	312,00	4 060,99
De soporte y comunes	2,1693	m ³	0,60	312,00	406,10
Costo de suministro de gas natural					
Producción Etapa I			112,74	182,00	3 847,39
Producción Etapa II	0,1875	m ³	135,72	312,00	7 939,90

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54A. Costos del combustible requerido para el transporte de materia prima

Proveedores	Ubicación de su planta	Distancia máx. (km)	Viajes (ida y vuelta)	Consumo de diésel (gal/km)	Precio (US\$/gal)	Total (US\$)
Lambayeque	Motupe	77	208			2 908,51
Piura	Tambogrande	290	78	0,05	3,632	4 107,79
La Libertad	Virú	290	78			4 107,79

Fuente: Elaboración propia. En base a BASC [54] y Repsol Perú.

Tabla 55A. Costos destinados a minimizar el impacto ambiental del proyecto (en US\$)

Ítems	2023	2024	2025	2026	2027
EPP (Casco, orejeras, guantes, gafas y botas de seguridad)	447,57	447,57	447,57	447,57	447,57
Uniforme de trabajo (Tela drill)	160,16	160,16	160,16	160,16	160,16
Mascarillas protectoras KN95	1 042,50	1 042,50	1 042,50	1 042,50	1 042,50
Sacos de 50 kg (Polipropileno)	83,20	83,20	83,20	83,20	83,20
Silenciadores acústicos	778,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pantalla acústica y alfombras de aislamiento (Neopreno)	6 780,70	0,00	0,00	0,00	0,00
Filtros de carbón activado	398,00	398,00	398,00	398,00	398,00
COSTO TOTAL	9 690,13	2 131,43	2 131,43	2 131,43	2 131,43

Fuente: Elaboración propia. En base a Sodimac, Promart, Amazon y Alibaba.

Tabla 56A. Gastos de comercialización (en US\$)

Ítems	2023	2024	2025	2026	2027
Sueldos de colaboradores	12 249,12	12 249,12	12 249,12	12 249,12	12 249,12
<i>Gastos de Marketing</i>					
Publicidad online	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00
Movilidad	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00
Total de gastos de marketing	804,00	804,00	804,00	804,00	804,00
<i>Gastos de Ventas</i>					
Papelería	164,00	164,00	164,00	164,00	164,00
Movilidad	980,00	980,00	980,00	980,00	980,00
Total de gastos de ventas	1 144,00	1 144,00	1 144,00	1 144,00	1 144,00
<i>Gastos de Distribución</i>					
Embalaje	144,00	144,00	144,00	144,00	144,00
Transporte interno	2 400,00	2 400,00	2 400,00	2 400,00	2 400,00
Documentación	1 536,00	1 536,00	1 536,00	1 536,00	1 536,00
Agente de aduanas	1 680,00	1 680,00	1 680,00	1 680,00	1 680,00
Costos portuarios	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00
Total de gastos de distribución	8 760,00	8 760,00	8 760,00	8 760,00	8 760,00
GASTO TOTAL	22 957,12	22 957,12	22 957,12	22 957,12	22 957,12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57A. Gastos administrativos (en US\$)

Ítems	2023	2024	2025	2026	2027
Sueldos administrativos	45 807,36	45 807,36	45 807,36	45 807,36	45 807,36
Materiales y útiles de oficina	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Consumo de energía eléctrica	889,82	889,82	889,82	889,82	889,82
Teléfono e internet	384,00	384,00	384,00	384,00	384,00
Agua	406,10	406,10	406,10	406,10	406,10
Servicio seguridad y limpieza	4 847,00	4 637,00	4 637,00	4 637,00	4 637,00
GASTO TOTAL	52 454,28	52 244,28	52 244,28	52 244,28	52 244,28

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58A. Análisis de sensibilidad del precio de venta (en US\$)

	2023	2024	2025	2026	2027
INGRESOS	704 434,50	893 465,02	1 031 965,84	1 171 102,28	1 311 888,17
4%	676 257,12	857 726,42	990 687,21	1 124 258,19	1 259 412,64
8%	648 079,74	821 987,82	949 408,57	1 077 414,10	1 206 937,12
11%	626 946,71	795 183,87	918 449,60	1 042 281,03	1 167 580,47
EGRESOS	745 118,09	761 648,75	811 156,82	860 588,83	910 095,12
SALDO	-40 683,59	131 816,27	220 809,02	310 513,45	401 793,05
SALDO 1	-68 860,97	96 077,67	179 530,39	263 669,36	349 317,52
SALDO 2	-97 038,35	60 339,07	138 251,76	216 825,27	296 841,99
SALDO 3	-118 171,38	33 535,12	107 292,78	181 692,20	257 485,35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59A. Análisis de sensibilidad de los materiales indirectos (en US\$)

	2023	2024	2025	2026	2027
INGRESOS	704 434,50	893 465,02	1 031 965,84	1 171 102,28	1 311 888,17
MAT. INDIRECTO	318 889,79	342 534,95	390 710,11	438 811,26	486 984,65
10%	350 778,77	376 788,44	429 781,12	482 692,39	535 683,12
20%	382 667,75	411 041,94	468 852,13	526 573,51	584 381,58
26%	401 801,14	431 594,04	492 294,74	552 902,19	613 600,66
SALDO	-40 683,59	131 816,27	220 809,02	310 513,45	401 793,05
SALDO 1	-72 572,57	90 448,28	175 956,42	262 181,60	349 976,76
SALDO 2	-104 461,55	56 194,79	136 885,41	218 300,47	301 278,29
SALDO 3	-123 594,93	35 642,69	113 442,80	191 971,80	272 059,21

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60A. Resultados del análisis de sensibilidad del precio y materiales indirectos

Análisis	Escenario	TIR	Reducción	Análisis	Escenario	TIR	Reducción
Reducción del precio de venta	Actual	35,30%	0,00%	Aumento del costo de los materiales indirectos	Actual	35,30%	0,00%
	4%	27,97%	-7,33%		10%	27,30%	-8,00%
	8%	20,46%	-14,84%		20%	19,86%	-15,45%
	11%	14,66%	-20,64%		26%	15,32%	-19,98%

Fuente: Elaboración propia.