

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Diseño de una planta de producción de almidón de papa como espesante
para satisfacer la demanda nacional**

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

AUTOR

Yelitza Analith Idrogo Heredia

ASESOR

Rocio del Carmen Leon Castro de Quispe

<https://orcid.org/0000-0002-9932-3672>

Chiclayo, 2026

**Diseño de una planta de producción de almidón de papa como
espesante para satisfacer la demanda nacional**

PRESENTADA POR
Yelitza Analith Idrogo Heredia

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Edith Anabelle Zegarra Gónzales
PRESIDENTE

Pedro Martín Vizconde Melendez
SECRETARIO

Rocío del Carmen León Castro de Quispe
VOCAL

Dedicatoria

A mis queridos padres, Emelina y Ermitaño, por ser mi pilar inquebrantable a lo largo de mi carrera universitaria, por su guía constante, su apoyo incondicional y por haberme inculcado los valores que hoy me permiten culminar esta etapa. Su ejemplo ha sido fundamental en mi formación personal y profesional.

A mi hermana Milagros, por su compañía, comprensión y aliento en los momentos que más necesitaba, ella ha sido un respaldo valioso y maravilloso a lo largo de este proceso.

Con amor y gratitud, dedico este logro a ustedes tres, mi familia.

Diseño de una planta de producción de almidón de papa como espesante para satisfacer la demanda nacional (1)

 Mathematics II

Document Details

Submission ID

trn:oid:::3618:143256028

Submission Date

Jun 16, 2026, 9:36 AM GMT-5

Download Date

Jun 16, 2026, 9:53 AM GMT-5

File Name

Diseño de una planta de producción de almidón de papa como espesante para satisfacer la de....docx

File Size

2.4 MB

64 Pages

22,813 Words

122,020 Characters



Page 2 of 73 - Integrity Overview

Submission ID trn:oid:::3618:143256028




12% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text

Top Sources

- 10%  Internet sources
 - 2%  Publications
 - 9%  Submitted works (Student Papers)
-

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	10
Materiales y métodos	17
Resultados y discusión	20
Conclusiones	40
Recomendaciones	41
Referencias	42
Anexos	48

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la viabilidad de instalar una planta de producción de almidón de papa como espesante para satisfacer la demanda nacional. Estableciendo un enfoque cuantitativo, descriptivo, con diseño no experimental, aplicando como técnica al análisis documental para evaluar la factibilidad comercial, técnica y económica de la instalación de la planta en la provincia de Puno.

Obteniendo como resultados que, existe una demanda creciente de almidón de papa en el país, con una brecha proyectada entre oferta y demanda de 22 507,6 toneladas de almidón en el 2025, justificando la instalación de una planta, planteando alcanzar el 5% de participación de mercado (durante los primeros cinco años) y generar ingresos anuales superiores a S/15,38 millones.

Respecto a la viabilidad técnica fue confirmada con la elección de Puno tras la macro y micro localización, proyectando una producción de hasta 1 257 420 kg/año al 2029 y requiriendo 18 trabajadores, 16 maquinarias, un área de 1055,34 m² según el método de Guerchet y una distribución de plantas mediante el SLP.

Respecto a la viabilidad económica-financiera y ambiental, el proyecto tuvo una inversión de \$673 205,48, con ingresos totales hasta de \$3 430 676,28 y costos de producción hasta de \$2 556 889,03 en el quinto año, resultando rentable con un VAN de \$386 735,35, TIR del 45,17% y un B/C de 1,07, y a nivel ambiental, pese a impactos negativos moderados, identificados en la matriz de Leopold, se proponen medidas de mitigación que aseguran una operación sostenible.

Palabras clave: Almidón de papa, viabilidad, diseño de planta.

Abstract

The objective of this research was to determine the feasibility of installing a potato starch production plant as a thickener to meet national demand. A quantitative, descriptive approach was adopted with a non-experimental design, applying documentary analysis as a technique to evaluate the commercial, technical, and economic feasibility of installing a plant in the province of Puno.

The results showed that there is a growing demand for potato starch in the country, with a projected gap between supply and demand of 22,507.6 tons of starch in 2025. This justifies the installation of a plant, aiming to achieve a 5% market share (during the first five years) and generate annual revenues exceeding S/15.38 million.

Regarding technical feasibility, it was confirmed with the selection of Puno after the macro and micro location, projecting a production of up to 1,257,420 kg/year by 2029 and requiring 18 workers, 16 machines, an area of 1,055.34 m² according to the Guerchet method, and a plant layout using the SLP.

Regarding the economic-financial and environmental viability, the project had an investment of \$673,205.48, with total income up to \$3,430,676.28 and production costs up to \$2,556,889.03 in the fifth year, resulting profitable with an NPV of \$386,735.35, IRR of 45.17% and a B/C of 1.07, and at an environmental level, despite moderate negative impacts, identified in the Leopold matrix, mitigation measures are proposed that ensure a sustainable operation.

Keywords: Potato starch, feasibility, plant design.

Introducción

El almidón de papa es un recurso ampliamente utilizado, tanto en el ámbito doméstico como en aplicaciones de carácter tradicional y productivo, en diversas regiones del Perú, definiéndose como el polisacárido más significativo, solo detrás de la celulosa, desde una perspectiva comercial, a causa de sus diversas aplicaciones alimentarias e industriales, puede ser encontrado en diferentes segmentos de las plantas, tales como hojas, tallos, raíces (incluyendo tubérculos), frutos, semillas y polen. En los tubérculos, particularmente en la patata, su presencia se encuentra principalmente en la pulpa y el cuerpo, aunque puede ser extraído de cualquiera de sus partes, a su vez, este almidón obtenido de dichos tubérculos es el más apreciado debido a sus propiedades y usos industriales [1].

A nivel internacional, la papa es uno de los alimentos más consumidos alrededor del mundo, ubicándose como el tercer cultivo de alimentos más accesible, solo por debajo del arroz y el trigo [2]. Siendo China, el principal productor, con una producción de 93,41 millones de toneladas de papa en el 2023, seguida por India y Ucrania, con una producción de 60,14 y 21,35 millones de toneladas de papa respectivamente [3]. Sin embargo, las papas contienen aproximadamente un 80% de agua, según [4], considerándose como alimentos con un alto contenido de humedad, por lo que, sufre un rápido deterioro de su calidad debido a cambios biológicos y químicos; debido a esto existen países que diversifican el uso de la papa, tal es el caso de Japón, que la emplea para la obtención de almidón (34,3%), como alimento crudo (25,8%), como alimento procesado (25,8%), entre otros [5].

En el caso del almidón, según [6], su producción anual en el 2020 se encontró entre 88,1 y 97,7 millones de toneladas, el cual se obtuvo en un 75% de maíz, en un 14% de yuca, en un 7% de trigo y en un 4% de papa, siendo Estados Unidos y China los productores principales de almidón de maíz y Europa el principal productor de almidón de papa y trigo. Asimismo, según [7], la demanda de productos en el sector alimentario ha incrementado la necesidad de almidón de fuentes vegetales como la papa; además, [8] destacan que el mercado global de almidones vegetales ha experimentado un crecimiento anual del 5% debido a las necesidades de la industria alimentaria y farmacéutica. Por lo que, el mercado de almidón de papa, según datos de [9], alcanzó un valor de 10 270 millones de dólares en 2022, con una proyección de crecimiento del 4,8% anual hasta el 2032, a causa de la creciente demanda en Asia y Europa.

En Latinoamérica, según [10] la demanda de almidón de papa en América Latina creció un 7% entre 2020 y 2023, especialmente en países como Brasil, Argentina y México, donde la industria alimentaria está en constante expansión. En el caso de Perú, este es uno de los principales productores de papa a nivel mundial; sin embargo, no cuenta con una infraestructura

adecuada para transformar este cultivo en productos derivados, como el almidón. Según [11], Perú produjo alrededor de 6,58 millones de toneladas de papa en el 2024; pero menos del 1% de esa producción se destina a la industria de transformación para la obtención de almidón [12]. Esto provoca que el país dependa de importaciones para satisfacer la demanda interna, afectando tanto a la competitividad de la industria local como a la economía de los agricultores. Asimismo, según [13], se muestra que Perú importó aproximadamente 31,89 mil toneladas de almidón de papa en el 2024, lo que representa un déficit considerable en la capacidad de producción nacional.

Diversos factores contribuyen a la complejidad de esta situación en el Perú, según [14], la falta de incentivos y financiamiento para la instalación de plantas procesadoras en áreas rurales ha frenado el desarrollo de esta industria; por otra parte, acorde a lo señalado por [15], en base al análisis elaborado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), es necesario que el estado peruano prosiga con el desarrollo de actividades en beneficio de la agricultura y la industria, como la Ley N° 30754, debido a que según [16], a los pequeños productores de papa en Perú se les dificulta acceder a capital y tecnología, reduciendo así, su capacidad para transformar sus cultivos en productos con valor agregado, como el almidón; además, la limitada cooperación entre los sectores público y privado ha obstaculizado la creación de proyectos de inversión en este ámbito [17].

En cuanto a las soluciones que se han planteado desde una perspectiva técnica y económica, varios países han implementado programas de cooperación entre productores agrícolas y la industria alimentaria para mejorar la producción de almidón de papa, tal es el caso del modelo implementado en Canadá [18] y el de Holanda [19], sirviendo estos ejemplos de referencia para establecer una planta productora de almidón en el Perú. Asimismo, existe una oportunidad, ya que según [20], las principales zonas productoras de papa en Perú, como la sierra central y sur, tienen una alta disponibilidad de materia prima, pero carecen de infraestructura para la transformación, por lo que, la ausencia de plantas procesadoras en estas áreas ha obligado a los productores a depender de mercados informales y ventas directas, lo que reduce sus ingresos y limita su capacidad de crecimiento económico.

En los últimos 3 años, el Perú ha importado alrededor de 19 848 toneladas en el 2021 y 8 611 toneladas en el 2024 de fécula de papa, teniendo una mayor relevancia en el 2022, donde hubo una importación de 31 914 toneladas, obteniendo un valor de CIF de 23,05 millones de dólares en ese año [13], demostrando que, estas importaciones han atendido a una demanda nacional en aumento, principalmente orientada a la industria de alimentos y otros usos técnicos. Por su parte, en el Perú, considerando datos del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

(MIDAGRI) [11] y otros, se estimó que para el año 2025 se tendrá una demanda de almidón de papa de 82 812,6 toneladas, y solo una oferta de 60 305,0 toneladas, dejando una demanda insatisfecha de 22 507,6 toneladas, la cual se presenta como una oportunidad de mejora en la presente investigación.

Frente a esta situación, la presente investigación se formula con la interrogante: ¿Cuál es la viabilidad de diseñar una planta de producción de almidón de papa como espesante para satisfacer la demanda nacional? Por ello, se estableció el siguiente objetivo general, determinar la viabilidad de instalar una planta de producción de almidón de papa como espesante para satisfacer la demanda nacional; y, como objetivos específicos, determinar la viabilidad comercial de instalar una planta de producción de almidón de papa como espesante para satisfacer la demanda nacional, determinar la viabilidad técnico tecnológica de instalar una planta de producción almidón de papa como espesante para satisfacer la demanda nacional, y determinar la viabilidad económica-financiero y ambiental de instalar una planta de producción de almidón de papa como espesante para satisfacer la demanda nacional.

La investigación se justifica en diversos niveles. A nivel técnico-productivo, el análisis del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) muestra un aumento en la oferta de papa en regiones como Apurímac y Puno, debido a condiciones agroclimáticas favorables, mientras que otras como Piura y Arequipa registraron descensos posiblemente por factores climáticos [19,20]. A nivel social, el establecimiento de una planta procesadora contribuiría al incremento de ingresos de pequeños agricultores, promoviendo su integración a cadenas de valor y formalización del mercado. En el aspecto económico, se espera reducir costos de importación y aprovechar la producción nacional, fortaleciendo la economía regional, particularmente en Puno. Finalmente, a nivel ambiental, se promueve un uso más eficiente y sostenible de los recursos agrícolas disponibles, considerando el impacto en la huella de carbono [21].

Revisión de literatura

Antecedentes

Respecto a los antecedentes, se encontraron estudios internacionales como el de los autores Chuiza-Rojas, Haro-Velasteguí y Brito-Moína [22], en su artículo titulado “*Identificación de las variables de proceso óptimas para la producción del almidón de papa china (Colocasia esculenta)*” plantearon como objetivo identificar las variables de proceso óptimas para la producción de almidón a partir de la papa china (*Colocasia esculenta*), como alternativa sostenible para su aplicación alimentaria e industrial en la región amazónica del Ecuador. Respecto a la metodología, se basó en un diseño factorial 2^k , complementada con caracterización físico-química y microbiológica del tubérculo y del almidón extraído.

Obteniendo como resultados que, el tratamiento con 6800 revoluciones por minuto y un tiempo de 60 segundos permitió obtener el mayor rendimiento de almidón, con un 22,8%, caracterizado por presentar una humedad de 10,33%, un contenido de carbohidratos de 71,46%, un diámetro promedio del gránulo de 6,2 μm y una temperatura de gelatinización de 61,2°C, a la par, el índice de absorción de agua fue de 1,87 g gel/g muestra y la solubilidad alcanzó el 11,25%, con un contenido de amilosa del 19,28% y amilopectina del 80,72%, cumpliendo los parámetros establecidos por norma. Concluyendo que, el análisis de varianza (ANOVA) determinó que no existían diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Del mismo modo, Sato, Shimizu y Nakajima [5] en su estudio titulado "*Techno economic analysis of the production of potato powder applying potato starch purification system in Japan*", tuvieron como objetivo evaluar la viabilidad técnica y económica de una planta de producción de polvo de papa deshidratado, utilizando un sistema de purificación de almidón. Estableciendo en la metodología que, se realizó una simulación del proceso productivo mediante el software SuperPro Designer, considerando parámetros reales de operación en una planta japonesa. Obteniendo como resultados que, se determinó una capacidad de producción anual estimada de 15 786 585 kg, con un costo unitario de 1056 JPY/kg, estableciendo una inversión total de capital en 16,6 mil millones de JPY y los costos anuales de operación en 16,7 mil millones de JPY, calculando un Valor Actual Neto (VAN) de 8,87 mil millones de JPY, una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 12,48%, un margen bruto del 11,99%, un ROI (retorno sobre la inversión) del 11,59% y un tiempo de recuperación de 8,63 años, evidenciando la rentabilidad del proyecto, revelando que las variables con mayor impacto en la rentabilidad fueron el precio de compra de la papa cruda y el precio de venta del polvo de papa. Concluyendo que, la pulverización de papas no estándar es una alternativa viable y rentable frente a su uso tradicional, siempre que se asegure una demanda estable.

Sumado a ello, Tesfaye *et al.* [23] en su artículo denominado "*A techno-economic feasibility of a process for extraction of starch from waste avocado seeds*", tuvieron como objetivo evaluar la viabilidad técnica y económica de un proceso de extracción de almidón a partir de semillas de palta desechadas. Estableciendo como metodología que, la extracción del almidón empleando 0,3% (p/v) de metabisulfito de sodio durante 3 horas a 40 °C, logrando un rendimiento del 56% de almidón de grado industrial; respecto al análisis financiero evidenció un ROI del 75,12%, un punto de equilibrio del 82% y un periodo de recuperación de dos años, vendiendo el producto final a \$0,8375 por kilogramo; a su vez, el proceso demostró ser ambientalmente sostenible al minimizar el uso de productos químicos y permitir la valorización de subproductos. Concluyendo que, la implementación de esta tecnología permite la generación

de beneficios económicos, la creación de empleo y el aprovechamiento de residuos agroindustriales sin comprometer la seguridad alimentaria, ya que utiliza materia prima no comestible.

Por otro lado, Rashwan *et al.* [24] elaboraron un estudio denominado “*Plant starch extraction, modification, and green applications: a review*”, en donde plantearon como objetivo examinar la estructura y propiedades del almidón, así como los métodos de extracción y modificación, considerando su impacto ambiental y sus aplicaciones en industrias como la alimentaria, farmacéutica y de bioplásticos. Estableciendo como metodología, la realización de una revisión de literatura. Obteniendo como resultados que, la molienda húmeda alcanzó una pureza del 99,5%, y la modificación enzimática incrementó el rendimiento del almidón en un 20% y redujo el consumo energético en un 30%; a su vez, se evidenció que la modificación sostenible del almidón disminuye su huella de carbono hasta en un 40%. Concluyendo que, el almidón de papa es una fuente de carbohidratos con una alta influencia en la seguridad alimentaria global, experimentando un crecimiento acelerado en el mercado cárnico y de bioplásticos.

Por su parte, Dahal *et al.* [25] en su estudio titulado “*Analysis of economic, production, and marketing aspects of potato farming in Changuarayan Municipality of Bhaktapur, Nepal*”, los cuales plantearon como objetivo determinar la rentabilidad del cultivo mediante un análisis costo-beneficio, identificando factores que influyen en la producción y en la comercialización del producto en el municipio de Changuarayan. Estableciendo en la metodología que, se realizaron encuestas a 100 agricultores, procesamiento estadístico con Excel y SPSS, y la aplicación del modelo Cobb-Douglas para evaluar la función de producción. Obteniendo que, a pesar del elevado costo de producción de NRs 370 662,58 por hectárea, la rentabilidad fue positiva con una relación beneficio-costos de 1,68 y un rendimiento de 22 021 Mt/ha, superando el promedio nacional de 16,73 Mt/ha; sin embargo, se evidenció que los agricultores dependen de canales de comercialización con múltiples intermediarios, reduciendo sus márgenes de ganancia. Concluyendo que, se debe implementar un sistema de comercialización más equitativo y mecanismos de fijación de precios justos para mejorar los ingresos de los productores.

Así como, Hari [26] en su artículo “*The effect of potato starch and xanthan gum addition on cilantro sauce product development*”, planteó como objetivo evaluar el efecto de agentes espesantes (almidón de papa y goma xantana) en la aceptabilidad sensorial y propiedades fisicoquímicas de una salsa de cilantro en Indonesia, 2023. Estableciendo en la metodología que, se optó por un enfoque cuantitativo, diseño experimental, realizando 5 formulaciones,

siendo la última el control. Obteniendo como resultados que, se logró identificar que la formulación adecuada corresponde a F2 (0,75% almidón de papa y 0,25% goma xantana), ya que presentó la mayor aceptación por parte de los panelistas sin afectar significativamente el pH. Concluyendo que, se demuestra diferencias significativas en la viscosidad, lo que demuestra la importancia de combinar los espesantes para una mejora en los productos.

Calapiña y Cruz [27] en su investigación titulada “*Obtención del almidón de papa (Solanum tuberosum l.) para la aplicación en un embutido*” consideraron como objetivo obtener almidón de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum l.*), utilizando dos métodos de obtención (físico y químico), evaluando su aplicación en la formulación de embutido tipo jamón. Estableciendo como metodología que, se empleó un diseño factorial AxB para comparar las variables. Obteniendo como resultados que, se seleccionó el tratamiento T5 (a2b2), correspondiente al método químico aplicado a la variedad Gabriela, como el más eficiente (con un rendimiento de 5,51% a través del método físico), el cual presentó una humedad del 11,20%, contenido de ceniza del 0,22%, viscosidad de 1565 cp, índice de absorción de agua de 8,99%, solubilidad de 0,22%, poder de hinchamiento de 7,65% y temperatura de gelatinización de 72,5 °C; además, los análisis microbiológicos del jamón elaborado estuvieron dentro de los límites permitidos según la norma NTE INEN 1339:96, sin presencia de Salmonella; a nivel bromatológico, el contenido proteico fue del 21%, superando el mínimo exigido (18%), y el pH fue de 6,1, dentro del rango normativo. Concluyendo que, el almidón de papa obtenido mediante el tratamiento T5 posee propiedades fisicoquímicas y funcionales óptimas para su uso como aglutinante, espesante y gelificante natural en productos cárnicos, garantizando calidad microbiológica y valor nutricional.

Ramírez [28], en su investigación titulada “*Diseño de un proceso industrial para la obtención de etanol a partir del almidón de dos variedades de papa (Solanum tuberosum)*” planteó como objetivo diseñar un proceso industrial para fabricar etanol en base al almidón extraído de dos variedades de papa, utilizando el simulador de procesos SuperPro Designer V9.0. Estableciendo en la metodología que, la extracción del almidón se realizó por vía húmeda, seguida de procesos de hidrólisis enzimática, fermentación y destilación, empleando enzimas como Gamalpha Spezial y Gammadex Cal, y una fermentación con *Saccharomyces cerevisiae* durante diez días a 34 °C. Consiguiendo como resultados que, hubo un rendimiento de almidón de 12,16 % para la variedad Súper Chola y de 11,14 % para la variedad Gabriela, mientras que el rendimiento de etanol alcanzó el 33,33 %, con un grado alcohólico de 71°; sin embargo, el análisis económico evidenció que la recuperación del capital requeriría 10,55 años, lo que determinó la inviabilidad financiera del proyecto en las condiciones planteadas. Concluyendo

que, es necesario optimizar el proceso mediante el uso de enzimas alternativas y un mejor aprovechamiento del tubérculo completo.

Martínez [29] en su estudio titulado “*Estudio de factibilidad de una empresa productora y modificadora de almidón de yuca en la ciudad de Montería*” planteó como objetivo evaluar la factibilidad económica, técnica y de mercado de implementar una planta para la producción y modificación de almidón de yuca. Estableciendo en la metodología que, el estudio fue aplicado, cuantitativo. Obteniendo como resultados que, se identificó una demanda insatisfecha de 9600 toneladas anuales de almidón catiónico, con un consumo mensual de 808 toneladas, siendo Smurfit Kappa y Empacor S.A. los mayores consumidores; por consiguiente, en el 2022, Colombia importó 11 000 toneladas de fécula de mandioca, cubriendo apenas entre el 30% y 50% del consumo nacional entre 2017 y 2021; ahora, respecto a la viabilidad proyectada fue positiva, se obtuvo un Valor Presente Neto (VPN) mayor a cero y una TIR del 48% para el proyecto y 52% para el inversionista, con un periodo de recuperación de 3,2 años. Concluyendo que, existe una oportunidad significativa para sustituir importaciones mediante producción local con ventajas logísticas en la región.

También se encontraron antecedentes nacionales, tales como el de Guerra [30] en su estudio “*Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de bolsas de almidón de papa peruana*” tuvo como objetivo evaluar la factibilidad técnica, económica y financiera para la implementación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de bolsas biodegradables elaboradas a base de almidón de papa peruana. Estableciendo en la metodología, los siguientes procedimientos, el análisis del entorno, la estrategia comercial, la selección de materia prima, localización, dimensionamiento, impacto ambiental, estructura organizacional y evaluación financiera. Obteniendo como resultados, que se determinó un crecimiento proyectado de la demanda del 33% anual, motivado por una demanda insatisfecha de bolsas plásticas (28% anual) y un incremento en la participación del mercado (5% anual); requiriendo una inversión inicial de S/ 251,283, compuesta por un 64% de aporte propio y un 36% de financiamiento externo; a su vez, la evaluación financiera arrojó un VAN económico de S/ 29 642, un VAN financiero de S/ 22 551, una TIR económica de 12,39% y una TIR financiera de 12,78%, todas superiores al WACC (10,38%) y al COK (11,05%), además de un ratio beneficio/costo de 1,01 y un periodo de recuperación de la inversión de 5 años. Concluyendo que, el proyecto es viable técnica y financieramente, aunque es sensible a variaciones en el precio del producto y costos bajo contextos de alto riesgo.

Asimismo, Arce [1] en su investigación titulada “*Implementación de una línea de producción de almidón a base de la cáscara de papa como subproducto*”, tuvo como objetivo

validar la viabilidad técnica, comercial y económica de producir almidón a partir de residuos generados por la industria arequipeña del procesamiento de papa, específicamente viruta y cáscara, que alcanzan entre 600 y 800 kilos diarios. Estableciendo en la metodología que, se incluyó el diseño del proceso mediante extracción continua, análisis de mercado con encuestas a 119 personas y un estudio financiero con horizonte de evaluación de cinco años. Entre los principales resultados, se evidenció un rendimiento del 15% de almidón respecto a la materia prima, logrando una producción diaria aproximada de 120 kg de almidón con 13% de humedad; además, el producto tuvo una aceptación del 97% de los encuestados; lo cual, se vio reflejado en el análisis económico y financiero, obteniendo un VAN de S/ 345 136,08 y una TIR del 79%, lo que confirmó la alta viabilidad del proyecto. Concluyendo que, el aprovechamiento de residuos agroindustriales mediante procesos sostenibles es viable y ambientalmente responsable, al contribuir a la reducción de desechos.

A la par, Díaz *et al.* [31] elaboraron un estudio innovador, denominado “*Bandejas biodegradables de almidón de papa con fibra de tocón de espárrago (Asparagus officinalis L.)*”, propusieron como objetivo determinar la viabilidad de productor bandejas compostables a partir de almidón de papa, fibra de espárrago y glicerina para reducir el uso de envases de poliestireno expandido. Estableciendo en la metodología, la aplicación de un proceso de termoformado con presión de 24 bar a 150 °C durante 20 minutos, utilizando un diseño de Mezclas Simplex Centroides para determinar la formulación óptima, evaluando propiedades físicas, como espesor y densidad; y propiedades mecánicas, incluyendo fracturabilidad, dureza, resistencia a la tracción y porcentaje de elongación. Obteniendo que, la mezcla óptima contenía 85% de almidón de papa, 6,89% de fibra de espárrago y 13,11% de glicerina, logrando una dureza de 19,19 kg y una resistencia a la tracción de 0,133 MPa, características adecuadas para el envasado de alimentos. Concluyendo que, se determinó que el uso de almidón de papa en combinación con fibra de espárrago es una alternativa sostenible para el desarrollo de envases biodegradables, contribuyendo a la reducción de residuos plásticos.

Bases teóricas

Según [32], la papa (*Solanum tuberosum L.*) es originaria de la vasta Cuenca del Lago Titicaca, ubicada en la meseta del Collao entre Perú y Bolivia, una región donde se concentra aproximadamente el 50% de las especies silvestres de papa y varias especies cultivadas; este tubérculo ha sido una planta empleada en la alimentación de las culturas preincaicas, como lo demuestran las representaciones en cerámicas de las civilizaciones Moche y Chimú, que la destacaban como un elemento clave en la dieta de los antiguos habitantes. El Perú es

ampliamente reconocido como el eje de origen de la papa, un alimento de gran valor nutricional y cultural que ha perdurado a lo largo de los siglos.

Asimismo, según [33] el almidón se conoce como un polisacárido compuesto de glucosa, que se encuentra en muchas plantas como reserva de energía, también afirma que está presente en diversos cultivos como el maíz, trigo, y la papa; además de ser utilizado en diferentes industrias por sus propiedades espesantes, gelificantes y estabilizantes. Respecto al almidón de papa, es un almidón que se extrae de los tubérculos de la papa (*Solanum tuberosum L.*), se caracteriza por su alto contenido de amilopectina y su baja tendencia a formar geles rígidos, debido a su alta viscosidad y capacidad de hinchamiento, es muy valorado en la industria alimentaria como espesante y en otros sectores como la producción de bioplásticos y papel [34].

Por consiguiente, el diseño de planta, según [35] es la planificación y estructuración de los espacios, equipos y flujos de trabajo dentro de una instalación, con el fin de alcanzar una producción previamente establecida; incluyendo procesos como la identificación de los requisitos del proyecto, la disposición estratégica de las áreas operativas, la selección de maquinaria y tecnología adecuadas, y la evaluación de aspectos como el movimiento de materiales, la ergonomía, la seguridad laboral y el cumplimiento de normativas ambientales. En donde se establece que, un diseño bien concebido tiene como objetivo maximizar el aprovechamiento de recursos, reducir los costos operativos, perfeccionar la calidad del producto final y facilitar el mantenimiento de las instalaciones.

Mientras que, según [36] la producción se refiere al conjunto de actividades mediante las cuales se convierten insumos en bienes y servicios, entrelazando la utilización de diferentes recursos y técnicas para transformar materias primas, mano de obra y capital en productos que satisfacen las demandas del mercado. Todas las empresas, independiente de su magnitud o estructura organizativa, se involucran en este proceso para generar valor, fomentando el crecimiento económico.

Además, según [37] la oferta se define como el volumen de productos o servicios que los productores están preparados a proporcionar en el mercado para su consumo, considerando un período de tiempo específico, un precio determinado y condiciones establecidas, como los costos de producción, la tecnología disponible y las expectativas del mercado, esta disponibilidad depende de elementos como el precio de los bienes, los costos de los insumos, la competencia y la capacidad de producción, por lo que, la conexión entre el nivel de oferta y el precio es directa; generalmente, cuando el precio sube, la oferta tiende a crecer, y a la inversa.

Sumado a ello, según [38] el layout es la planificación y organización de los espacios dentro de una planta de producción, incluyendo la disposición de máquinas, equipos, áreas de trabajo

y almacenamiento, teniendo como objetivo mejorar el flujo de materiales y personas, reducir tiempos y costos de transporte interno, y asegurar una producción continua. Infiriendo que, un buen layout integra las etapas del proceso productivo, disminuye cuellos de botella, y mejora la ergonomía y seguridad laboral.

Por su parte, según [39] el método de Guerchet es una técnica que facilita la determinación del espacio necesario para un puesto de trabajo, garantizando que se asignen áreas para cada máquina y equipo fundamental en el proceso de producción, permitiendo calcular las dimensiones requeridas para organizar los equipos, considerando su cantidad, tamaño y función, con el objetivo de maximizar la productividad. Por lo que, tras evitar la congestión y asegurar que las máquinas operen sin interferencias, se optimiza el flujo de trabajo, mejorando la ergonomía y permitiendo una distribución flexible que se ajuste a cambios o expansiones en la producción.

Materiales y métodos

El estudio adopta un enfoque cuantitativo, dado que, se analizaron variables del mercado a través de diversas pruebas estadísticas, cuyo objetivo es identificar patrones y tendencias sin intervenir ni modificar el entorno donde se desarrollan dichas variables [40]; caracterizado por un nivel descriptivo, en donde se define un fenómeno, situación o población, detallando sus propiedades, comportamientos o características sin establecer relaciones; y, de tipo transversal, es decir, se analiza y recopila datos en un momento específico (un solo punto en el tiempo) para estudiar variables en una población [41].

La población de estudio fue determinada mediante un enfoque de estimación indirecta basado en registros empresariales, identificándose inicialmente 184 empresas vinculadas al rubro de almidones según el código CIU 1062 en el Perú [78]. No obstante, tras aplicar criterios de depuración como: formalidad, actividad operativa y pertenencia a sectores industriales relevantes (alimentario, farmacéutico y químico); se estimó una población entre 80 y 120 organizaciones formales.

Esta población representa a los potenciales consumidores del almidón de papa, el cual es ampliamente utilizado como agente espesante, estabilizante y excipiente en diversos procesos industriales [79], [80]. En concordancia, la demanda fue estimada mediante un enfoque agregado basado en el consumo aparente del mercado, integrando producción, importaciones y exportaciones, lo que garantiza coherencia metodológica entre la población definida y el volumen proyectado de consumo.

Por su parte, el diseño de investigación fue no experimental, caracterizado por la evaluación de las variables en su contexto natural, sin que estas sean intervenidas o manipuladas

deliberadamente, de esta forma, se comprenden las tendencias actuales y las relaciones dentro del mercado objetivo tal como se presentan en el momento de la investigación [42].

En el contexto de esta investigación, la población se encuentra compuesta por el conjunto de empresas, industrias o sectores productivos nacionales que utilizan almidón de papa como espesante, siendo los usuarios finales que determinan la demanda nacional, dentro de las cuales se encuentra el Centro Nacional de Abastecimiento de Recursos Estratégicos en Salud (CENARES), Programa Nacional de Asistencia Alimentaria (PRONAA), Peruvian Snacks S.A.C., Molitalia S.A., entre otros. Respecto a la muestra, se estableció que la muestra fue censal, ya que, la población fue del mismo tamaño de la muestra. Respecto a la parte de técnicas e instrumentos de recolección de datos se estableció que dentro de los procedimientos, se deberá realizar la recopilación de datos adecuada acorde a las características, conceptos o variables sin dejar de lado la muestra [43], considerando como principal técnica al análisis documental, siendo su instrumento la ficha de análisis documental. Para dimensionar a las variables de estudio, se elaboró la matriz de operacionalización (ver Anexo 1), estructurando la variable independiente (Diseño de una planta) y dependiente (Producción de almidón de papa).

Respecto a los procedimientos, para el primer objetivo específico, se determinó la viabilidad comercial de instalar una planta de producción de almidón de papa, recopilando información a través de fuentes oficiales como el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) [11], Veritrade [13], el INEI [44] y [45], con el fin de conocer la situación actual del mercado nacional de papa y almidón importados y/o producidos localmente entre los años 2021 y 2024, identificando, a la par, las principales regiones productoras de papa a nivel nacional, la producción de almidón y sus canales de distribución; posteriormente, se elaboró un análisis de la demanda histórica mediante el procesamiento de datos del consumo de almidón a nivel nacional, considerando las toneladas producidas, importadas y exportadas; por su parte, se estableció la oferta proyectada, y se determinó la demanda insatisfecha de almidón, empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Demanda Insatisfecha} = \text{Demanda} - \text{Oferta} \quad (1)$$

Con la finalidad de proyectar la demanda futura, se aplicó el método de regresión lineal utilizando Microsoft Excel para los próximos cinco años, tomando como referencia los datos históricos obtenidos; asimismo, se definió un porcentaje de participación estimado del proyecto en el mercado, basado en la metodología de Baca [46] para, finalmente, analizar los precios históricos del almidón de papa y sus productos sustitutos, elaborar un plan de ventas y establecer la estrategia de comercialización.

Para el segundo objetivo específico, se determinó la viabilidad técnico tecnológica de instalar una planta de producción de almidón de papa, para ello, se realizó un análisis de macro localización considerando criterios como proximidad a zonas de cultivo de papa, disponibilidad de servicios básicos, infraestructura vial, disponibilidad de mano de obra, entre otros, realizando la evaluación para cuatro departamentos potenciales dada la producción de papa: Puno, Junín, Huánuco y Ayacucho; posteriormente, se aplicó el método de jerarquización de factores ponderados, seleccionando el departamento de Puno; y, para la micro localización, se evaluaron cuatro provincias, seleccionadas en base a la disponibilidad de materia prima, siendo evaluadas según criterios como costo de terreno, accesibilidad, disponibilidad de mano de obra y condiciones climáticas, utilizando datos del INEI, el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), WeatherSpark y otros.

Luego, se describió el proceso productivo del almidón de papa a través de un diagrama de flujo y se elaboró el balance de materiales y de energía; continuando con el desarrollo, se tomó como base el modelo de Heizer y Render [47], calculando los indicadores de capacidad:

$$\text{Capacidad utilizada} = \frac{\text{Capacidad real (año 1)}}{\text{Capacidad diseñada (año 5)}} \quad (2)$$

Asimismo, se calcularon indicadores de producción, productividad y los requerimientos de maquinaria, equipos y recursos humanos para los próximos cinco años:

$$\text{Productividad MP} = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Insumos materiales}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{Productividad MO} = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Insumos de mano de obra}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\# \text{ de estaciones} = \frac{\sum \text{Tiempos de cada etapa}}{\text{Tiempo estándar}} \quad (5)$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\sum \text{Tiempos de cada etapa}}{(\# \text{ de estaciones}) \times (\text{Tiempo estándar})} \times 100\% \quad (6)$$

$$\# \text{ de operarios} = \frac{\# \text{ de productos} \times \text{tiempo estándar}}{\text{Tiempo de trabajo}} \% \quad (7)$$

$$\# \text{ maquinarias} = \frac{(\text{Cantidad por procesar}) \times (\text{Capacidad de la máquina})}{(\text{Eficiencia}) \times (\text{Utilización})} \% \quad (8)$$

Con la finalidad de verificar la coherencia del dimensionamiento del sistema productivo, se procedió a realizar la validación y ajuste del número de estaciones mediante Takt Time:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda}} \quad (9)$$

A partir de dicho valor, se determinó el número mínimo teórico de estaciones requeridas:

$$\text{Nmín} = \frac{\text{Tiempo total}}{\text{Takt Time}} \quad (10)$$

Posteriormente, se estimó el área de planta mediante el método de Guerchet propuesto por Plua *et al.* [39], a través de la identificación de las dimensiones de equipos, máquinas y estaciones de trabajo, calculando lo siguiente:

$$\text{Superficie estática (Ss)} = \text{Largo (L)} \times \text{Ancho (W)} \quad (11)$$

$$\text{Superficie gravitacional (Sg)} = \text{Ss} \times \text{N (Número de lados de trabajo)} \quad (12)$$

$$\text{Superficie de evolución (Se)} = (\text{Ss} + \text{Sg}) \times \text{k (Coeficiente de evolución)} \quad (13)$$

$$\text{St} = (\text{Ss} + \text{Sg} + \text{Se}) \times \text{n (número de elementos)} \quad (14)$$

Con esta información, se diseñó la distribución de planta mediante el método Systematic Layout Planning (SLP), siguiendo los procedimientos establecidos por Muther & Hales [48], elaborando la matriz y diagrama de relaciones, definiendo el tipo de distribución y realizando el diseño de layout; por último, se propuso un organigrama estructural con funciones específicas por área y se establecieron los parámetros de control de calidad del producto.

Para el tercer objetivo específico, se determinó la viabilidad económica-financiera y ambiental de instalar una planta de producción de almidón de papa, empleando la metodología propuesta por Sapag *et al.* [47], calculando la inversión inicial tangible e intangible, el capital de trabajo, los costos fijos y variables; a su vez, con los ingresos proyectados del plan de ventas, se elaboró el flujo de caja, estado de resultados, punto de equilibrio y se calcularon los indicadores financieros, tales como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el coeficiente Beneficio/Costo (B/C) y la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR); por consiguiente, se realizó un análisis de sensibilidad con relación a tres variables, el precio del producto, costo de mano de obra y costo de materia prima, evaluando variaciones de la TIR.

En cuanto a la viabilidad ambiental, se identificaron los principales impactos ambientales asociados al proceso de producción del almidón, considerando el uso de agua, energía y generación de residuos orgánicos; en base a ello, se establecieron estrategias y medidas de mitigación para las etapas de aprovisionamiento, procesamiento, almacenamiento y disposición de residuos, asegurando de esta forma la sostenibilidad ambiental del proyecto.

Resultados y discusión

Determinar la viabilidad comercial

Para ello, se realizó un estudio de mercado con el objetivo de evaluar la viabilidad comercial de instalar una planta de producción de almidón de papa como espesante para satisfacer la demanda nacional. Siendo el producto principal el almidón de papa, el cual se caracteriza por ser un polvo fino, color blanco, inodoro e insípido, exento de materias extrañas y grumos, el

cual debe cumplir con los requerimientos establecidos por el programa Wasi Mikuna (ver Anexo 2) del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (MIDIS) [49].

A su vez, se identificaron tres subproductos del proceso, el primero, la fibra de papa, útil como ingrediente alimentario o forrajero por su alto contenido de fibra; el segundo, el agua de maceración, rica en azúcares, proteínas y minerales, potencialmente reutilizable tras tratamiento; y, el tercero, el jugo de papa, fuente de antioxidantes y compuestos fenólicos con aplicaciones agroindustriales; estos pueden ser valorizados generando un ingreso adicional para la empresa y reduciendo el impacto ambiental [1].

En la industria alimentaria, el almidón de papa se utiliza como espesante, estabilizante y agente de textura en sopas, salsas, embutidos, panadería y productos sin gluten, y al compararlo con otros espesantes en el mercado peruano (ver Anexo 3), se observa que tiene un precio entre \$0,95 a \$2,85 por kg, y una disponibilidad alta en el Perú; siendo sus principales productos sustitutos la fécula de maíz, el almidón de trigo y el almidón de yuca [50].

Dentro de los principales compradores se menciona a instituciones públicas y programas del Estado, tales como, el CENARES, PRONAA, Programa Nacional de Alimentación Escolar Comunitaria Wasi Mikuna, entre otros; y empresas privadas pertenecientes al rubro alimentario que requieran el almidón de papa como materia prima o insumo dentro de sus procesos, tales como, Peruvian Snacks S.A.C., Molitalia S.A., Avelino Inc S.A.C., entre otros.

Se analizó el mercado peruano como zona de influencia del proyecto, considerando importaciones y exportaciones de almidón de papa como factores que determinan el área de mercado. Durante el periodo 2016 - 2024, las importaciones de almidón de papa en Perú (ver Anexo 4) crecieron de 15 981,1 a 28 176,7 Tn. El valor importado aumentó de USD 10,7 a 26,8 millones. Esto refleja una tendencia creciente y una alta dependencia del mercado externo [50].

Respecto a las exportaciones (ver Anexo 4), el Perú alcanzó su punto máximo en 2018 con USD 152 941,4 y 60,9 toneladas, pero desde 2019 han caído significativamente, llegando a solo USD 17 644,0 y 6,0 toneladas en 2024, las exportaciones peruanas fueron principalmente a Estados Unidos (72,74%) [50].

Por lo que, el mercado nacional representa una oportunidad considerable para el desarrollo de una industria local de almidón de papa, debido al potencial agrícola, la diversidad de papas nativas y comerciales, y el crecimiento de la industria alimentaria; sin embargo, existen factores limitantes como la disponibilidad de materia prima, ya que una gran parte de la producción de papa se destina al consumo directo; la estacionalidad, la ausencia de tecnificación, y el acceso restringido a financiamiento para pequeños agricultores podría dificultar el abastecimiento continuo de papa para procesamiento industrial.

Con base en los datos del MIDAGRI [11], la producción nacional de papa tuvo un crecimiento continuo entre los años 2016 y 2024, pasando de 4 555 915,1 toneladas a 7 267 207,6 toneladas (ver Anexo 4), generando también, un incremento en la producción de almidón de papa, que pasó de 40 480,7 a 64 571,3 toneladas en el mismo periodo, evidenciando una correlación entre la disponibilidad de materia prima y la producción de almidón.

Posteriormente, al analizar la demanda interna aparente, calculada como la suma de la producción nacional más las importaciones, menos las exportaciones, se observa una tendencia ascendente (ver Anexo 4), mostrando que, en 2021, la demanda interna fue de 72 196,7 toneladas y aumentó a 92 742,1 toneladas en 2024. En base a ello, se realizó una proyección de la demanda, según lo mostrado en la Tabla 1, empleando un modelo de regresión exponencial (para la producción y las exportaciones) y potencial (para las importaciones), proyectando que la demanda será de 94 305,4 toneladas en 2029, iniciando en 82 812,6 toneladas en 2025 [11].

Tabla 1. Proyección de la demanda interna aparente

Año	Producción (Tn)	Importación (Tn)	Exportación (Tn)	Demanda Interna Aparente (Tn)
2025	58 562,3	24 256,0	5,8	82 812,6
2026	60 952,3	24 625,0	4,4	85 572,9
2027	63 439,8	24 966,7	3,4	88 403,2
2028	66 028,8	25 285,3	2,6	91 311,5
2029	68 723,5	25 583,9	2,0	94 305,4

Fuente: Elaboración propia.

Continuando con el análisis de la oferta, primero se evaluaron características actuales de la oferta nacional de almidón de papa, cual está relacionada con la disponibilidad de papa amarilla (ya que esta es la que mayor almidón tiene en seco, 85,10%) y de papas nativas (entre 84,50% y 78,00%) [51], principal materia prima para su producción. Por lo que, para determinar la oferta histórica del almidón, se ha considerado lo mencionado por [44] en donde se indica que del total de papa producida en Perú, el 13% corresponde a la cosecha de papa amarilla y el 22% a la papa nativa (35% en total); asimismo, [45] establece que el 13,3% de los agricultores emplean la papa producida para la producción de almidón; considerando esos datos se realizó la proyección de la oferta de almidón en el Perú. La oferta de almidón aumentó de 40 428,3 toneladas en 2016 a 64 565,4 toneladas en 2024 (ver Anexo 5), representando así, un crecimiento del 59,7%. En la Tabla 2, se muestra la determinación de la oferta futura, empleando también el modelo de regresión lineal, determinando una producción de almidón de 60 305,0 toneladas en 2025 y 69 157,0 toneladas en 2029.

Tabla 2. Proyección de la oferta nacional de almidón de papa

Año	Oferta proyecta (Tn)
2025	60 305,0
2026	62 518,0
2027	64 731,0
2028	66 944,0
2029	69 157,0

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, se determinó la demanda insatisfecha restando la demanda proyectada menos la oferta proyectada (Tabla 3). Obteniendo 22 507,6 Tn en 2025 y 25 148,4 Tn en 2029.

Tabla 3. Determinación de la demanda insatisfecha de almidón de papa

Año	Demanda (Tn)	Oferta (Tn)	Demanda insatisfecha (Tn)
2025	82 812,6	60 305,0	22 507,6
2026	85 572,9	62 518,0	23 054,9
2027	88 403,2	64 731,0	23 672,2
2028	91 311,5	66 944,0	24 367,5
2029	94 305,4	69 157,0	25 148,4

Fuente: Elaboración propia.

Esta brecha obtenida entre oferta y demanda justifica que existe una oportunidad de mercado, por lo que, con el proyecto se espera cubrir un 5% de esta demanda insatisfecha, tal y como se muestra en la Tabla 4. Esta participación se estableció en base a lo indicado por Quintero, Flórez y Castillo [52], quienes sostienen que el porcentaje de participación de mercado debe situarse entre el 5% y el 10% en contextos donde existen numerosos competidores pequeños con productos similares, a su vez, se cumple con el criterio planteado por Baca [46], quien señala que cuando la demanda es claramente superior al tamaño propuesto, este debe ser tal que solo cubra un bajo porcentaje de la misma (no mayor al 10%).

Tabla 4. Determinación de la demanda del proyecto

Año	Demanda insatisfecha (Tn)	Demanda del proyecto (Tn)	Participación
2025	22 507,6	1 125,4	5,0%
2026	23 054,9	1 152,7	5,0%
2027	23 672,2	1 183,6	5,0%
2028	24 367,5	1 218,4	5,0%
2029	25 148,4	1 257,4	5,0%

Fuente: Elaboración propia.

Por consiguiente, se realizó la proyección del precio del almidón de papa, tal y como se muestra en la siguiente tabla, indicando que el precio parte de S/ 9,33 por kilogramo en 2025 y asciende progresivamente hasta S/ 12,23 por kilogramo en 2029, esta proyección se basa en un precio promedio del almidón en el mercado peruano, considerando como referencias el precio establecido por Campo Grande [53], Doña Elsa [54] y Mitú Alimentaria [55], obteniendo un

promedio de S/9,33 por kilogramo, al cual se le ha aplicado un incremento del 7% anual. Este aumento se justifica conforme a lo señalado por Data Bridge Market Research [56], que prevé una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 7,0% para el mercado de almidón de papa durante el periodo 2022-2029, impulsado por el aumento de la demanda en sectores como el alimentario, farmacéutico y textil.

Tabla 5. Planificación de ventas a 5 años

Año	Ventas (kg)	Precio proyectado (S/. /kg)	Ingresos (S/.)
2025	1 125 379	9,33	10 503 541,3
2026	1 152 744	9,99	11 512 070,1
2027	1 183 608	10,69	12 647 722,6
2028	1 218 377	11,43	13 930 602,3
2029	1 257 420	12,23	15 383 399,2

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las ventas se expresan en kg, equivalentes a sacos de 50 kg (unidad comercial del producto). Los ingresos se presentan en soles, moneda utilizada en el mercado nacional.

Determinar la viabilidad técnico-tecnológica

Para evaluar la viabilidad técnico-tecnológica de instalar una planta productora de almidón de papa como espesante, primero, se llevó a cabo un análisis de localización (ver Anexo 6), iniciando con lo macro localización, para ello, se establecieron criterios como la disponibilidad de materia prima, disponibilidad de mano de obra, disponibilidad de servicios de agua potable, entre otros, considerando el método de factores ponderados con una escala binaria para determinar la importancia de cada criterio, obteniendo que, la disponibilidad de materia prima obtuvo la mayor ponderación (20,8%), seguido de los servicios de energía eléctrica y agua potable, ambos con 16,7%, y así para el resto de criterios. Teniendo en claro ello, se seleccionaron los departamentos que iban a ser evaluados, siendo elegidos Puno, Junín, Huánuco y Ayacucho, debido a su alta producción de papa, los cuales fueron comparados, y en base a ello, se realizó la selección del departamento, empleando la escala de Likert, siendo elegido Puno con una calificación de 4,17, destacando por la alta disponibilidad de materia prima, de mano de obra, las condiciones de la red vial y la disponibilidad de servicios como la energía eléctrica y el agua potable.

Tras ser elegido el departamento de Puno, se continuó con el análisis de micro localización, siguiendo el mismo procedimiento, estableciendo esta vez ocho criterios, el costo de terrenos, el costo de combustible, el acceso a establecimientos de salud, entre otros, dándole mayor importancia a la disponibilidad de energía eléctrica y a las condiciones de vida de la comunidad (cada uno con un 15,6%). Una vez definidos los criterios, se realizó la evaluación y selección de la provincia donde se desarrollaría el proyecto, considerando previamente a cuatro para su

evaluación, Puno, Azángaro, Carabaya y Huancané, debido a la alta producción de papa en cada una, siendo seleccionada la provincia de Puno con una calificación de 3,69, destacando principalmente por su alta disponibilidad de mano de obra, de servicios de energía eléctrica, su bajo costo de combustible y su acceso a establecimientos de salud. Posteriormente, se realizó la búsqueda específica de la localidad de la planta, estableciendo que esta se instalará en un terreno de 25 118 m² ubicado en la Av. Mártires del 4 de noviembre, en la zona industrial de la ciudad de Puno, que ofrece adecuadas condiciones de acceso e infraestructura urbana para su construcción [57].

Continuando, se realizó el análisis de ingeniería y tecnología del proyecto, considerando como estudios preliminares las investigaciones de Zárate [58], en donde se realizó una extracción y caracterización del almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja), obteniendo un rendimiento promedio del 19,09%; y el estudio de Vargas *et al.* [59], que permitió comprender en mayor detalle el proceso de obtención del almidón, incluyendo aspectos como los tiempos de procesamiento, los insumos requeridos, las etapas de tamizado, entre otros.

En el mercado peruano, el almidón de papa se comercializa en forma de polvo blanco seco en presentaciones de 25 kg y 50 kg, empleando sacos de polipropileno laminado con interior de polietileno. Además, según lo reportado en estudios previos [60], [61], el almidón de papa presenta parámetros técnicos específicos que permiten evaluar su calidad y funcionalidad (ver Anexo 7), considerando una humedad entre 10% y 12%, un contenido de cenizas de 0,26 % ± 0,03 %, un pH entre 6,3 y 6,93, entre otros, las cuales cumplen con los estándares establecidos por la R.D.E. N° D000233-2021-MIDIS/PNAEQW-DE [49], que considera márgenes de tolerancia durante el procesamiento industrial para asegurar la conformidad del producto sin afectar su funcionalidad, esto garantiza que el almidón mantenga su comportamiento funcional, especialmente en lo relacionado a procesos de gelatinización, desarrollo de viscosidad y capacidad de retrogradación.

En relación con la capacidad de producción, se proyectó que la planta industrial de almidón de papa alcanzará una producción máxima de 1 257 420 kilogramos para el año 2029, conforme al crecimiento progresivo de la demanda, esto considerando un incremento desde los 1 125 379 kilogramos en 2025, hasta llegar a la cifra máxima estimada, a partir de esta última, se calculó la capacidad diseñada, considerando una jornada laboral de 24 días por mes durante 12 meses al año, así, se obtuvo una capacidad diaria teórica de 4366,04 kilogramos, y por su parte, la capacidad real en el primer año de operación, 2025, se estimó en 3907,57 kilogramos diarios. Obteniendo así una capacidad utilizada durante dicho año de 89,50 % del total diseñado.

Ahora, respecto al plan de producción (ver Anexo 8) se diseñó en función de la demanda estimada, contemplando una presentación de almidón en sacos de 50 kg como unidad de medida, por ser el formato estándar de comercialización de almidón en el mercado nacional, no se considera el uso de Big Bag debido a que estos están orientados a operaciones de mayor escala o exportación, mientras que el presente proyecto se enfoca en un mercado con requerimientos de distribución más flexibles. Se contempla un stock de seguridad equivalente a 1 875 unidades mensuales (producción promedio de un mes, considerando la demanda del primer año) a partir del segundo mes, produciendo 24 382 sacos en el primer año hasta alcanzar los 25 148 sacos en el quinto año. Para elaborar cada saco, se requieren 261,95 kg de papa blanca, además de insumos químicos como metabisulfito de sodio (0,193 kg), hidróxido de sodio (0,018 kg) y ácido clorhídrico (0,030 L), y un saco laminado como material indirecto (ver Anexo 9).

Por consiguiente, se elaboró el requerimiento de materiales (ver Anexo 10), en donde el requerimiento de papa blanca supera los 6,58 millones de kg en el quinto año. En cuanto al presupuesto de materiales (Ver Anexo 11), el costo total se incrementa anualmente, siendo de S/ 8 423 115 en el primer año y aproximando los S/ 8 687 741 en el quinto año, destacando la papa amarilla como la materia prima más costosa.

Respecto a la disponibilidad de materia (ver Anexo 12), se muestra que se aplicó un modelo de regresión lineal con datos de producción de papa en Puno (2016–2024) para proyectar su disponibilidad entre 2025 y 2029, estimándose entre 1 036 744 y 1 181 948 toneladas anuales, de las cuales, alrededor de 17 925 y 20 436 toneladas podrían destinarse a la producción de almidón, evidenciando que se cuenta con suficiente materia prima disponible. Además, se identificaron insumos como metabisulfito de sodio, hidróxido de sodio y ácido clorhídrico, todos disponibles en el mercado, y para asegurar su abastecimiento, se propusieron estrategias como contratos con proveedores certificados, diversificación de fuentes y acuerdos programados.

El proceso de producción de almidón de papa, mostrado en la Figura 1, incluye diversas etapas, iniciando con la recepción de materia prima e insumos como metabisulfito de sodio, NaOH y HCl, siguiendo con la limpieza por inmersión y duchas de alta presión [62], seguida del pelado, trozado y molienda húmeda con agua (1:1) y metabisulfito al 0,075 % [58], [59]; posteriormente la mezcla se filtra y decanta en cuatro fases: reposo (4 h), adición de agua (0,5:1 por 1,5 h), NaOH al 0,02 % (1:2 por 3 h), y ajuste de pH a 7.0 con HCl 2N (1,5 h) [59], logrando una recuperación de almidón del 65–70 % del peso seco [59]; el secado se realiza a 45 ± 2 °C durante 14 h, reduciendo la humedad de 58,0% a 11,2% [62], [63], seguido de molienda (3 h)

y tamizado con malla N°100 [59], [64]; para, finalmente, envasarlo en sacos de 50 kg y se almacena en condiciones controladas; además, se generan residuos como fibras, cáscaras y agua residual, que deben ser gestionados adecuadamente. El diagrama de operaciones (ver Anexo 13) incluye 13 actividades, 9 operaciones y 4 inspecciones.

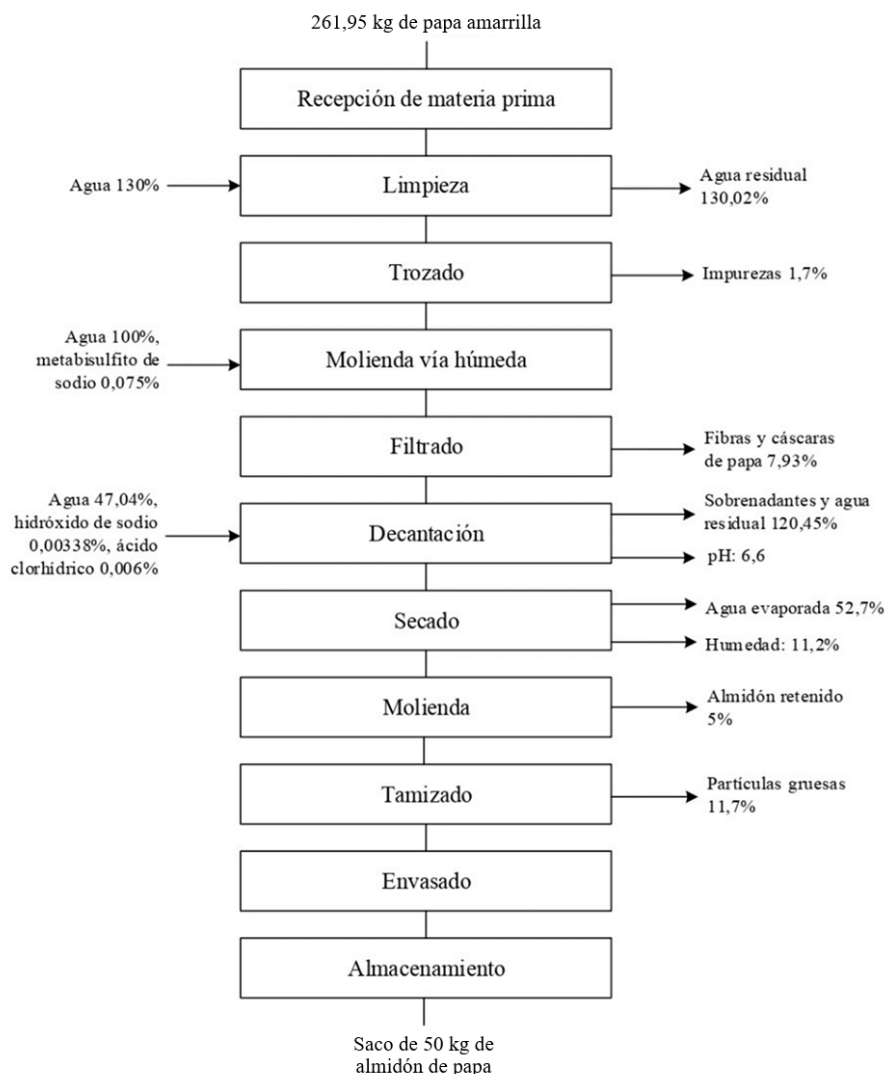


Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de obtención de almidón a base de papa

Fuente: Elaboración propia. En base a [58], [59].

Para cubrir la demanda proyectada al 2029 de 1 257 420,17 kg/año de almidón de papa, se requiere procesar 2 287,36 kg/h de papa amarilla, obteniendo como resultado final 436,60 kg/h de almidón, pasando por el proceso de limpieza, trozado, molienda húmeda, filtrado, decantado, secado, molienda y tamizado, hasta la obtención de 436,60 kg/h de almidón final listo para envasado (ver Anexo 14). Del balance de materia se determina que, para la obtención de un saco de 50 kg de almidón, se requieren aproximadamente 261,95 kg de papa fresca, lo que corresponde a una relación de conversión de 5,24:1. Concluido el balance de materiales, se

realizó el balance de energía, enfocándose exclusivamente en el proceso de secado por ser la etapa de mayor demanda energética, donde se requiere elevar la temperatura del almidón húmedo desde la temperatura ambiente promedio de Puno (15 °C) hasta 45 °C para facilitar la evaporación del agua, considerando una masa de 1 101,36 kg/h de almidón húmedo (42% de almidón y 58% de agua) y un calor específico promedio de 1,7 kJ/kg °C, se determinó un requerimiento energético de 56 169,34 kJ/h, para suplir esta energía, se calculó un flujo de aire necesario de 203,82 kg/h, utilizando un calor específico del aire de 275,58 kJ/kg °C.

Para elegir las maquinarias adecuadas, Baca [46] sugiere tener en cuenta varios criterios clave que inciden directamente en la decisión, tales como la capacidad de producción en relación con la capacidad necesaria en cada etapa del proceso según el balance de materia, el costo, el consumo de energía y las dimensiones, lo que facilitará la identificación del equipo más conveniente (ver Anexo 15). Y, posteriormente realizar un ranking de estos criterios para seleccionar las maquinarias (ver Anexo 16).

El análisis de eficiencia por proceso (ver Anexo 17) muestra que las etapas de limpieza, trozado, molienda y tamizado presentan altos niveles de aprovechamiento, mientras que procesos como la decantación (26,61%) y el secado (47,28%) evidencian significativas pérdidas de masa, principalmente por la eliminación de agua e impurezas; por su parte, la molienda húmeda registra una eficiencia superior al 100% (200,08%) debido a la adición de líquidos. Posteriormente, se analizó el tiempo estándar del proceso de cada maquinaria considerando su capacidad en kg/h, obteniéndose que las máquinas con mayor capacidad, como la limpiadora y la mezcladora industrial, presentan los tiempos estándar más bajos, mientras que procesos como el filtrado, decantación, secado y molienda tienen tiempos más altos. En base a ello, se determinó la cantidad de maquinaria necesaria en cada etapa, considerando la demanda máxima, la capacidad por hora y una eficiencia del 100%, obteniéndose un total de 16 maquinarias; y, un requerimiento de 4 operarios para el área de producción; así mismo, se determinó el número de estaciones mediante tiempos estándar las cuales fueron 10 y con la finalidad de verificar la coherencia del dimensionamiento del sistema productivo, se procedió a realizar el cálculo como referencia del ritmo de producción requerido para satisfacer la demanda del proyecto, considerando una jornada laboral de 8 horas diarias y una demanda de 4366,04 kg/día.

Por consiguiente, con la finalidad de validar el número mínimo teórico de estaciones (ver Anexo 17) obtenido mediante Takt Time, se procedió a agrupar las operaciones del proceso productivo en cinco estaciones, considerando una o dos operaciones por estación y respetando la secuencia lógica del proceso. El Takt Time calculado fue de 6,60 seg/kg, obtenido a partir

de una jornada diaria de 28 800 segundos y una demanda de 4366,04 kg/día. En ese sentido, se conformaron las siguientes estaciones: la Estación 1 agrupó almacenamiento en tolva y elevador de cangilones, con un tiempo de ciclo de 2,22 seg/kg; la Estación 2 integró limpieza y trozado, con 2,22 seg/kg; la Estación 3 agrupó molienda húmeda y filtrado por hidrociclón, con 4,74 seg/kg; la Estación 4 integró decantación y secado, con 4,98 seg/kg; y la Estación 5 agrupó molienda/tamizado final y envasado, con 3,78 seg/kg. En todos los casos, los tiempos de ciclo se ubicaron por debajo del Takt Time, por lo que se demuestra cuantitativamente que la conformación de cinco estaciones es factible y que la línea productiva no presenta cuellos de botella bajo las condiciones de diseño propuestas. Por otro lado, se estimaron los requerimientos energéticos de la planta en función de la potencia de cada máquina y su tiempo de operación, determinándose que el consumo total es de 1 538,44 kWh/día.

Respecto al diseño de la planta se basa en una distribución por producto o en línea, ideal para procesos continuos de alto volumen, siguiendo la secuencia lógica desde la recepción de la papa hasta el envasado del almidón, aplicando el método de Guerchet y se respetaron los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones para garantizar funcionalidad y seguridad en la disposición de los equipos (ver Anexo 18).

Tabla 6. Resumen de la dimensión por áreas

Áreas	Dimensión (m²)
Área administrativa	33,34 m ²
Área de almacén de materia prima	261,79 m ²
Área de almacén de producto terminado	257,53 m ²
Área de control de calidad	11,39 m ²
Área de tratamiento	110,83 m ²
Área de embarque y patio de maniobra	199,73 m ²
Área de mantenimiento	9,77 m ²
Área de producción	152,65 m ²
Área de servicios higiénicos	18,31 m ²
Total	1055,34 m²

Fuente: Elaboración propia.

Una vez definidas las áreas de la planta y sus dimensiones, se aplicó el método SLP (Systematic Layout Planning), para organizar los espacios según la relación entre actividades, representadas en una matriz que clasificó las interacciones según su grado de cercanía, a partir de esta se elaboró un diagrama relacional que sirvió de guía para la disposición espacial, priorizando relaciones críticas; para, por último, elaborar un plano arquitectónico con zonas operativas y de soporte estratégicamente ubicadas, así como un diagrama de recorrido que muestra el flujo de la materia prima hasta el producto final, reduciendo traslados innecesarios

(ver Anexo 19). En base a ello, se elaboró el plano de la planta productora de almidón de papa (ver Anexo 20).

Por consiguiente, el control de calidad garantiza que el almidón de papa cumpla con los estándares de la NTP 209.001:2001 y el Codex Alimentarius CXS 172-1985, asegurando su aceptación en el mercado nacional. Para ello, se establecen controles desde la recepción de la papa, evaluando visualmente cada lote para descartar tubérculos con pudrición, hongos o daños, y registrando datos de trazabilidad como origen, variedad y fecha de cosecha; además, las papas se almacenarán a 4–10 °C en condiciones controladas para evitar germinación o descomposición, y el producto final será sometido a análisis fisicoquímicos, microbiológicos (ausencia de *Salmonella* spp. Y *E. coli*), inspección del empaque y almacenamiento a <20 °C y <65 % de humedad relativa.

Analizando los indicadores de producción, se establece que, la planta debe producir 1 257 420 kg de almidón al año, equivalente a 25 148,40 sacos, lo que resulta en una producción mensual de 2 095,70 sacos y diaria de 87,32 sacos, la productividad es de 8,7 sacos por hora y 0,191 kg de almidón por kg de papa procesada, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 7. Indicadores de producción proyectados al 2029

Indicador	Cálculo	Valor
Producción mensual	$\frac{25\ 148,40 \frac{\text{sacos}}{\text{año}}}{12 \frac{\text{meses}}{\text{año}}}$	$2\ 095,70 \frac{\text{sacos}}{\text{mes}}$
Producción diaria	$\frac{2\ 095,70 \frac{\text{sacos}}{\text{año}}}{24 \frac{\text{días}}{\text{mes}}}$	$87,32 \frac{\text{sacos}}{\text{día}}$
Productividad total	$\frac{25\ 148,40 \frac{\text{sacos}}{\text{año}}}{12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} * 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} * 10 \frac{\text{horas}}{\text{día}}}$	$8,73 \frac{\text{sacos}}{\text{hora}}$
Productividad materia prima	$\frac{25\ 148,40 \frac{\text{sacos}}{\text{año}} * 50 \frac{\text{kg de almidón}}{\text{saco}}}{6\ 587\ 609,69 \frac{\text{kg de papa}}{\text{año}}}$	$0,191 \frac{\text{kg de almidón}}{\text{kg de papa}}$
Prod. Mano de obra (sacos/operario)	$\frac{87,32 \frac{\text{sacos}}{\text{día}}}{4 \text{ operarios}}$	$21,83 \frac{\text{sacos}}{\text{operario}}$

Fuente: Elaboración propia.

No obstante, en un contexto real, existen factores no controlables que pueden afectar el desempeño del sistema productivo, tales como: Variabilidad en la disponibilidad de materia prima (papa), fallas imprevistas en maquinaria, incremento en costos de insumos, fluctuaciones en la demanda del mercado, problemas logísticos en transporte y abastecimiento.

Con la finalidad de evaluar la variabilidad del sistema productivo frente a condiciones externas, se plantearon tres escenarios de producción: optimista, corresponde a la producción

máxima proyectada del sistema en condiciones ideales; medio, con un factor de ajuste de 0,975 y pesimista, con un factor de ajuste de 0,945.

Tabla 8: Análisis de escenarios de producción

Escenario	Factor de ajuste	Producción (kg/año)
Optimista	1	1 257 420
Medio	0,975	1 225 985
Pesimista	0,945	1 188 262

Fuente: Elaboración propia

En función a la producción anual el escenario optimista considera condiciones ideales, alcanzando una producción de 1 257 420 kg/año; en el escenario medio, debido a condiciones moderadamente adversas, obteniéndose una producción de 1 225 985 kg/año y el escenario pesimista, refleja condiciones más restrictivas, alcanzando 1 188 262 kg/año. Estos resultados evidencian que, aun ante variaciones en el entorno, el sistema productivo mantiene niveles de producción estables, lo que respalda la viabilidad técnica del proyecto.

Respecto a la estructura organizacional, se establece que, la empresa productora de almidón de papa en Puno implementará una estructura funcional con jerarquía piramidal, encabezada por una Gerencia General que supervisa seis áreas, Producción, Mantenimiento, Calidad, Logística, Finanzas y Marketing-Ventas. Cada área está liderada por profesionales con experiencia específica y cuenta con equipos operativos alineados a los objetivos de la empresa, totalizando a 18 trabajadores en toda la empresa, de los cuales 4 corresponden a operarios directos del área de producción y el resto al personal administrativo, quienes contarán con una remuneración mensual acorde al mercado y perfil del puesto, gratificaciones legales (julio y diciembre), CTS (Compensación por Tiempo de Servicios), seguro de salud (EsSalud), vacaciones anuales remuneradas (30 días) y participación en capacitaciones técnicas y de desarrollo personal.

Asimismo, la empresa ha establecido políticas institucionales para guiar su gestión administrativa. Estas incluyen control de inventarios con modelos EOQ y FIFO, compras estratégicas con proveedores locales y pagos puntuales; las ventas se realizan mediante cotizaciones en dólares y precios competitivos; la comercialización está dirigida a industrias y distribuidores con precios competitivos y promociones; además, promueve la seguridad laboral y sostenibilidad ambiental con capacitaciones y manejo responsable de recursos y residuos.

Determinar la viabilidad económica-financiero y ambiental

Para la evaluación económica-financiera, los ingresos, costos e inversión, fueron inicialmente estimados en soles y posteriormente convertidos a dólares americanos utilizando un tipo de cambio de S/3.80 por USD, con la finalidad de estandarizar los indicadores

financieros. Primero se analizó la inversión, en donde se muestra una inversión total de \$673 205,48, compuesta por activos tangibles e inversiones intangibles que incluyen estudios y permisos por \$2 430,03, capital de trabajo estimado en \$116 233,08 y un fondo de imprevistos equivalente al 5% del total. Resumiendo todo ello en la Tabla 9, donde se muestra que, la inversión será financiada en un 40% con capital propio del promotor (\$269 282,19) y en un 60% mediante financiamiento externo (\$403 923,29), asegurando los recursos necesarios para la operatividad del proyecto.

Tabla 9. Inversión total

Descripción	Inversión total	Promotor del proyecto	Financiamiento
Capital de trabajo	\$116 233,08	\$116 233,08	\$ -
<i>Inversión tangible</i>			
Terrenos	\$266 963,93	\$153 049,11	\$113 914,82
Construcciones	\$144 172,12	\$ -	\$144 172,12
Maquinaria	\$104 187,12	\$ -	\$104 187,12
Equipo de producción	\$3 585,00	\$ -	\$3 585,00
Equipos de tratamiento	\$27 840,20	\$ -	\$27 840,20
Equipos de oficina	\$7 794,00	\$ -	\$7 794,00
Transporte	\$-	\$ -	\$-
Total de inversión tangible	\$554 542,37	\$235 741,07	\$401 493,26
<i>Inversión intangible</i>			
Estudios	\$2 292,93	\$ -	\$2 292,93
Gastos preoperativos	\$137,11	\$ -	\$137,11
Total inversión intangible	\$2 430,03	\$ -	\$2 430,03
Imprevisto 5%	\$33 660,27	\$ -	\$33 660,27
Inversión total	\$673 205,48	\$269 282,19	\$403 923,29
Porcentaje		40%	60%

Fuente: Elaboración propia.

Durante los cinco años del proyecto, se proyecta un pago total de intereses de \$94 518,05 y un desembolso acumulado de \$498 441,34. Respecto al plan de ventas, estas crecen de \$2 342 387,75 a \$3 430 676,28, mientras que los costos totales alcanzan \$2 615 345,05 en el último año, reflejando una gestión equilibrada orientada al crecimiento sostenible del proyecto.

Tabla 10. Resumen del costo total

	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
Costos de producción	\$2 346 009,77	\$2 225 279,03	\$2 281 462,46	\$2 344 646,10	\$2 415 648,14
Costos administrativos	\$51 202,11	\$51 202,11	\$51 202,11	\$51 202,11	\$51 202,11
Gastos de comercialización	\$61 408,95	\$61 408,95	\$61 408,95	\$61 408,95	\$61 408,95
Gastos financieros	\$112 290,67	\$105 989,47	\$99 688,27	\$93 387,06	\$87 085,86
Total	\$2 570 911,50	\$2 443 879,55	\$2 493 761,78	\$2 550 644,22	\$2 615 345,05

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al punto de equilibrio económico, que indica el nivel mínimo de ventas necesario para cubrir todos los costos sin pérdidas ni ganancias, se sitúa en solo pérdidas en el primer año debido a los altos costos variables y financieros, superando los ingresos proyectados y evidenciando una etapa inicial crítica; no obstante, a partir del segundo año, este valor mejora hasta alcanzar \$674 952,19 (4 948 unidades) en el quinto año.

Tabla 11. Punto de equilibrio económico

Ítems	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
Costos de producción					
Materiales directos	\$2 211 155,31	\$2 090 721,62	\$2 146 766,82	\$2 209 794,99	\$2 280 622,33
Materiales indirectos	\$5 453,87	\$5 156,82	\$5 295,05	\$5 450,51	\$5 625,21
Mano de obra directa	\$19 285,61	\$19 285,61	\$19 285,61	\$19 285,61	\$19 285,61
Gastos generales de fabricación	\$110 114,98	\$110 114,98	\$110 114,98	\$110 114,98	\$110 114,98
Costo variable total	\$2 346 009,77	\$2 225 279,03	\$2 281 462,46	\$2 344 646,10	\$2 415 648,14
Gastos de operaciones					
Gastos administrativos	\$51 202,11	\$51 202,11	\$51 202,11	\$51 202,11	\$51 202,11
Gastos de comercialización	\$61 408,95	\$61 408,95	\$61 408,95	\$61 408,95	\$61 408,95
Gastos financieros	\$112 290,67	\$105 989,47	\$99 688,27	\$93 387,06	\$87 085,86
Costo fijo total	\$224 901,73	\$218 600,52	\$212 299,32	\$205 998,12	\$199 696,91
Costos totales	\$2 570 911,50	\$2 443 879,55	\$2 493 761,78	\$2 550 644,22	\$2 615 345,05
Ingresos totales	\$2 342 387,75	\$2 567 268,21	\$2 820 614,18	\$3 106 666,06	\$3 430 676,28
Pto. de equilibrio (económico)	-	\$1 641 005,64	\$1 110 660,43	\$839 830,17	\$674 952,19
Pto. de equilibrio (unidades)	-	14 736	9 321	6 587	4 948

Fuente: Elaboración propia.

El estado de resultados muestra una pérdida neta de \$250 852,39 en el primer año debido a que los costos y gastos superan los ingresos, reflejando una etapa inicial de ajuste; sin embargo, a partir del segundo año, la empresa obtiene utilidades netas crecientes, alcanzando \$559 066,82 en el quinto año, gracias al aumento constante de ingresos por ventas y la reducción de gastos financieros.

Tabla 12. Estado de ganancias y pérdidas

Ítems	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
Ingresos totales	\$2 342 387,75	\$2 567 268,21	\$2 820 614,18	\$3 106 666,06	\$3 430 676,28
Costo de producción	\$2 346 009,77	\$2 225 279,03	\$2 281 462,46	\$2 344 646,10	\$2 415 648,14
Utilidad bruta	-\$3 622,03	\$341 989,18	\$539 151,71	\$762 019,96	\$1 015 028,14
Gastos administrativos	\$51 202,11	\$51 202,11	\$51 202,11	\$51 202,11	\$51 202,11
Gastos de comercialización	\$61 408,95	\$61 408,95	\$61 408,95	\$61 408,95	\$61 408,95
Depreciación	\$22 328,64	\$22 328,64	\$22 328,64	\$22 328,64	\$22 328,64
Utilidad operativa	-\$138 561,72	\$207 049,49	\$404 212,02	\$627 080,27	\$880 088,45
Gastos de financiamiento	\$112 290,67	\$105 989,47	\$99 688,27	\$93 387,06	\$87 085,86
Utilidad antes del impuesto	-\$250 852,39	\$101 060,02	\$304 523,76	\$533 693,21	\$793 002,59
Impuesto a la renta (29,5%)		\$29 812,71	\$89 834,51	\$157 439,50	\$233 935,76
Utilidades netas	-\$250 852,39	\$71 247,31	\$214 689,25	\$376 253,71	\$559 066,82

Fuente: Elaboración propia.

El flujo de caja muestra un saldo negativo de \$228 523,75 en el primer año debido a altos egresos frente a ingresos limitados; sin embargo, desde el segundo año se vuelve positivo y crece progresivamente hasta alcanzar \$557 563,99 en el quinto año, mientras que la utilidad acumulada se vuelve positiva en el cuarto año, llegando a \$870 488,92 al final del periodo. Estos resultados, junto con un VAN de \$386 735,35, una TIR del 45,17% y un ratio B/C de 1,07, confirman la viabilidad económica financiera del proyecto.

Tabla 13. Cálculo de indicadores de viabilidad económica

Indicadores	Valor
Valor actualizado neto (VAN)	\$386 735,35
Tasa interna de retorno (TIR)	45,17%
TMAR	14,24%
VAN ingresos	\$9 496 543,26
VAN egresos	\$8 834 059,91
B/C	1,07

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados económicos obtenidos muestran un Valor Actual Neto (VAN) de \$386 735,35 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 45,17%, superior a la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR) de 14,24%, lo que evidencia la rentabilidad financiera del proyecto. Asimismo, el coeficiente Beneficio/Costo (B/C) alcanzó un valor de 1,07, indicando que por cada dólar invertido se obtiene un retorno de \$1,07, generándose un beneficio neto de \$0,07. Si bien este resultado confirma la viabilidad económica del proyecto, el margen de beneficio es relativamente estrecho, por lo que resulta necesario evaluar la sensibilidad del proyecto frente a posibles variaciones en variables críticas.

El análisis de sensibilidad evidencia que el precio de venta, la mano de obra directa y el costo de materia prima influyen en la rentabilidad del proyecto. Una disminución del 7% en el precio reduce la TIR de 45,17% a 5,47%, comprometiendo la viabilidad; respecto a la mano de obra, la TIR mantiene niveles aceptables, bajando solo a 42,33%; los aumentos de hasta 9% en el costo de materia prima también reducen el margen, pero con menor impacto; sin comprometer su viabilidad financiera, evidenciando una sensibilidad moderada frente a esta variable.

Asimismo, debe considerarse que el proyecto ha sido dimensionado para cubrir únicamente el 5% de la demanda insatisfecha nacional de almidón de papa. Por tanto, aun cuando la demanda real resultara inferior a la proyectada, existe un margen de seguridad asociado a la amplia brecha existente entre la oferta y la demanda nacional, reduciendo el riesgo de sobreestimación del mercado objetivo y fortaleciendo la sostenibilidad económica del proyecto.

Como parte del estudio de sostenibilidad ambiental para la planta productora de almidón de papa, se realizó una evaluación detallada de los impactos ambientales generados en las distintas etapas del proceso, a través de la matriz de Leopold [65], [66]. Obteniendo que, en primer lugar, la calidad del agua tuvo un impacto total de -57 puntos, siendo el factor más afectado de todo el análisis, este impacto fue causado por actividades como el almacenamiento de materia prima, limpieza, transporte, operación de maquinaria, y lavado de equipos, que implican un uso intensivo del recurso hídrico y potencial generación de aguas residuales.

Con el objetivo de mitigar este impacto, se propone la instalación de un sistema de recirculación y tratamiento de aguas industriales, según lo mencionado por los autores Muñoz y León [67], en donde se desarrolló el diseño de una unidad de tratamiento de agua de una extractora de almidón del municipio de Pasca (Cundinamarca), donde se demostró la viabilidad técnica, económica y ambiental de ubicar las unidades de tratamiento cercanas a los puntos de generación de vertimientos y cuerpos receptores.

En este sistema, se compone de 2 partes, una planta de potabilización para el agua de proceso y una planta de tratamiento de aguas residuales industriales. El tratamiento del agua de proceso incluirá unidades para la remoción de turbiedad y desinfección microbiológica, mediante filtros de arena, tanque de contacto y desinfección con lámparas UV, dado que se ha evidenciado la presencia de coliformes en el agua cruda. Y, en cuanto al tratamiento de las aguas residuales, se proyecta un tren de tratamiento constituido por un tamiz estático para la retención de sólidos suspendidos (SS), un tanque de igualación para estabilizar el caudal, un filtro percolador con tratamiento biológico aerobio para reducir la DBO5 y DQO, un pozo de bombeo, un reactor de lodos activados para la depuración biológica avanzada, y finalmente, lechos de secado para la disposición de los lodos generados; todos estos componentes responden a la caracterización fisicoquímica del efluente, en donde se mostraron valores críticos de DBO5 (2918 mg/L), DQO (3512 mg/L), SS (8 mg/L) y SST (5917 mg/L), todos muy por encima de los límites máximos permisibles [67].

Dentro de la investigación de Muñoz y León [67], se detalla que hubo un caudal de 0,081 L/s, es decir 291,60 L/h, y 6 998,40 L/h, por lo que, en el caso de la presente investigación, el caudal máximo que sale del proceso de limpieza (el proceso que mayor efluentes genera) es de 29 741,20 L/día, por lo que, se tiene que dimensionar el sistema de tratamiento propuesto en la investigación de Muñoz y León [67], por lo que se ha realizado un nuevo dimensionamiento de los componentes (filtros de arena, tanque de contacto, tanque de almacenamiento, sedimentador, tanque de igualación, filtro percolador, pozo de bombeo, reactor de lodos activados, y lecho de secado) para poder satisfacer el caudal de 29 741,20 L/día,

multiplicándolo el caudal por 5 para hacer el dimensionamiento, planteando un caudal de 34 992,0 L/día, para poder realizar el tratamiento de los 29 741,20 L/día (del área de lavado) y dejando un margen de 5250,8 L/día para los procesos de decantación.

Finalmente, en cuanto a la generación de ruido, se evidenció un impacto acumulado de -48, especialmente en actividades como la instalación de maquinaria, transporte de materiales, molienda, secado y almacenamiento, generado por el funcionamiento continuo de los equipos, que puede afectar negativamente la salud ocupacional de los trabajadores; por lo que, para contrarrestar este impacto, se propone la instalación de barreras acústicas, el uso de cabinas insonorizadas, la implementación de límites horarios para actividades ruidosas y el uso obligatorio de equipos de protección personal auditiva.

Tabla 14: Resumen de sostenibilidad del proyecto

Dimensión	Indicador	Resultado	Juicio
Económica	VAN	\$386 735,35	Favorable
	TIR	45,17% >TMAR (14,24%)	Favorable
	B/C	1,07	Favorable
	Sensibilidad al costo de materia prima	Incrementos de hasta 9% no comprometen la viabilidad	Favorable
Social	Generación de empleo	Personal administrativo y operativo requerido para la planta	Favorable
	Dinamización de la cadena productiva de la papa	Incremento de la demanda de materia prima a productos locales	Favorable
Ambiental	Impactos ambientales identificados	Moderados y mitigables mediante medidas de control	Favorable
	Gestión del recurso hídrico	Sistema de tratamiento y recirculación de las aguas propuesto	Favorable
	Gestión de residuos	Aprovechamiento de subproductos y medidas de mitigación ambiental	Favorable

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos permiten concluir que el proyecto presenta sostenibilidad integral en sus dimensiones económica, social y ambiental. Desde el punto de vista económico, los indicadores demuestran rentabilidad y capacidad de recuperación de la inversión. En la dimensión social, el proyecto contribuye a la generación de empleo y al fortalecimiento de la cadena agroindustrial de la papa. Finalmente, en la dimensión ambiental, los impactos identificados son controlables y mitigables mediante las estrategias propuestas, permitiendo el desarrollo sostenible de la planta de producción de almidón de papa.

En concordancia con la operacionalización de variables, se presenta el resumen de los principales indicadores del proyecto, considerando únicamente los resultados obtenidos.

Tabla 15: Resumen de indicadores del proyecto

Variable	Dimensión	Indicador	Resultado
Variable independiente: Diseño de una planta	Estudio de mercado	Demanda proyectada	94 305,4 Tn
		Oferta proyectada	69 157,0 Tn
		Demanda insatisfecha del proyecto	25 148,4 Tn
	Estudio técnico	Localización y tamaño de la planta	Puno/25 118m ²
		Capacidad teórica	4 366,04 kg/h
		Tiempo estándar	0,446 min/kg
		Número de estaciones de trabajo	5
		Cantidad de maquinarias	16
		Cantidad de operarios y colaboradores	4 operarios y 14 colaboradores
		Estudio económico y ambiental	VAN
	TIR		45,17%
	TMAR		14,24%
	B/C		1,07
		Impacto ambiental	Recurso hídrico (-57 según Matriz de Leopold)
Variable dependiente: Producción de almidón	Volumen de producción	Producción anual	1 257 420,17 kg/año
		Producción mensual	2 095,70 sacos/mes
		Producción diaria	87,32 sacos/día
		Productividad	8,73 sacos/hora
		Rendimiento	19,1%
		Relación de conversión	5,24 kg/kg
	Calidad del producto	Cumplimiento de estándares	100%
	Impacto económico	Impacto económico directo	\$557 563,99

Fuente: Elaboración propia

Los resultados evidencian la viabilidad técnica, productiva y económica del proyecto.

Discusión de resultados

Esta investigación es comparable a la realizada por Arce [1], la cual consideró las mismas dimensiones del presente estudio, a diferencia que, la producción de almidón se centró en satisfacer los requerimientos del poblado arequipeño, mientras que este estudio se planteó satisfacer a la demanda nacional de empresas, industrias o sectores productivos que usen el almidón de papa como espesante; por lo que, Arce [1] consideró encuestas para el estudio de mercado, a diferencia del presente estudio en donde la principal técnica fue el análisis documental de bases de datos de MIDAGRI e INEI. Por consiguiente, para el estudio técnico tecnológico, se realizó un análisis de macro y micro localización, estableciendo la capacidad de

planta, evaluando las maquinarias, el personal operativo, los indicadores de productividad, el tamaño de las áreas según Guerchet y su distribución según SLP, comparable a lo realizado por Guerra [30]; aunque, el presente estudio consideró a la provincia de Puno para la instalación de planta debido a la disponibilidad de materia prima, a diferencia de Guerra, que seleccionó al distrito de Lurigancho (Chosica) debido a la disponibilidad terrenos y a la cercanía con clientes y proveedores; por otro lado, Guerra, consideró a la papa Yungay como principal materia prima, distinto a lo establecido en el presente estudio, en donde se consideró a la papa amarilla, debido a lo mencionado por Aguilar [51], en donde indica que la papa amarilla tiene mayor contenido de almidón, a diferencia de la papa nativa y blanca; lo cual, tiene relación con el rendimiento obtenido por Guerra (que fue de 13,64%) y el obtenido en el presente estudio (19,09 %), de acuerdo a los procedimientos de Zárate [58] y Vargas *et al.* [59]. Ahora, en el estudio económico financiero, se emplearon los mismos procedimientos establecidos por Sato, Shimizu y Nakajima [5], calculando los mismos indicadores de viabilidad económica (VAN, TIR, y Payback), aunque los resultados no fueron los mismo, ya que en el estudio de Sato, Shimizu y Nakajima el Paybak fue de 8,63 años, duplicando el periodo de recuperación obtenido en el presente estudio.

Ahondando en el estudio de mercado, se obtuvo una demanda interna proyectada de 94,3 mil toneladas en 2029, mientras que la oferta proyectada cubriría solo 69,1 mil toneladas, generando una demanda insatisfecha de 25,2 mil toneladas ese año, por lo que, con el proyecto se espera cubrir esta brecha, iniciando con el 5% de participación durante los primeros 5 años, siguiendo la recomendación de Quintero, Flórez y Castillo [52], lo cual fue comparable con el estudio de mercado realizado por Guerra [30], quien proyectó un crecimiento de la demanda del 33% anual para productos a base de almidón de papa, especialmente en aplicaciones biodegradables, evidenciando una demanda insatisfecha del 28% anual y estableciendo un 5% en la participación de mercado. Por otro lado, analizando el mercado colombiano para la producción de yuca, se evidenciando que entre el 30% y el 50% de la producción se destinaba al mercado local, mostrando una oportunidad comercial para la producción de almidón en este mercado [29]. De igual forma, en el estudio de Arce [1], realizó un estudio de mercado, pero aplicando encuestas a 119 personas para conocer la situación del mercado arequipeño con respecto al almidón, obteniendo que el 97% estaría dispuesto a comprar almidón de cáscara de papa, mostrando también, que no existe una competencia directa en este mercado.

Por consiguiente, en el estudio técnico-tecnológico se obtuvo que, la localización adecuada fue la ciudad de Puno, tras un análisis multicriterio que priorizó la disponibilidad de materia prima (20,8%), servicios básicos y condiciones logísticas, proyectando una capacidad máxima

de producción de 1 257 420 kg/año al 2029, partiendo de 1 125 379 kg en 2025, con una capacidad diaria teórica de 4366,04 kg/h, aunque en el primer año solo considerará una utilización del 89,50% de capacidad; ahora, respecto al rendimiento, se consideró un aproximado de 19,09% respecto a la papa procesada, siendo necesario tomar como procesos a la limpieza, molienda, filtración, decantación, secado, molienda y envasado, acorde con Zárate [58], obteniendo así, almidón envasado en sacos de 50 kg, requiriendo de 18 trabajadores y 16 maquinarias en las diversas áreas para lograr satisfacer la demanda proyectada. Esto fue comparable con los procedimientos establecidos por Sato, Shimizu y Nakajima [5], quienes simularon una planta con una capacidad anual de 15 786 585 kg de polvo de papa utilizando un sistema de purificación de almidón, estableciendo esa capacidad con el fin de satisfacer la demanda, y considerando que el rendimiento del almidón fue del 16%. Dentro del estudio, conocer el rendimiento de la materia prima es un requisito para realizar una adecuada proyección de la producción, la cual fue comparable con el estudio de Mojo *et al.* [68], encontrando que el rendimiento del almidón de papa estuvo entre 14,53 y 20,26%, y con el estudio Chuiza-Rojas *et al.* [22] quienes lograron un rendimiento de 22,8%, cumpliendo así con el rendimiento establecido dentro del presente estudio; sin embargo, en el estudio de Ramirez [28], se obtuvo un rendimiento muy bajo del almidón, entre 11,14% y 12,16%, ocasionado por la variedad de papa Gabriela y Super chola respectivamente, confirmando la idea de solo procesar papa amarilla debido a su alto contenido de almidón.

Asimismo, en estudio económico – financiero, se obtuvo que, para la instalación de la planta a partir del segundo año, el proyecto genera utilidades netas, alcanzando al quinto año un flujo de caja positivo de \$557 563,99, con una utilidad acumulada de \$870 488,92 al cierre del periodo, demostrando una alta viabilidad económica, con un VAN de \$386 735,35, una TIR del 45,17% y un ratio beneficio/costo de 1,07. Lo cual fue comparable al resultado obtenido por Sato, Shimizu y Nakajima [5], quienes en el contexto japonés evaluaron una planta de polvo de papa utilizando un sistema de purificación de almidón, obteniendo una TIR del 12,48%, un VAN de 8,87 mil millones de JPY y un ROI del 11,59%, con un periodo de recuperación de 8,63 años, demostrando que la industrialización del almidón de papa puede ser rentable a largo plazo siempre que exista una demanda estable y se mantengan los costos de insumos. Asimismo, los resultados se alinean con lo reportado por Tesfaye *et al.* [23], quienes al evaluar la viabilidad del almidón de semillas de palta obtuvieron un ROI del 75,12% y un periodo de recuperación de dos años, aunque emplearon materia prima desechable, lo que redujo significativamente los costos operativos. Esto es coherente con el estudio de Guerra [30], quien proyectó un crecimiento anual del 33% en la demanda de productos derivados del almidón de

papa en el Perú, destacando una TIR financiera de 12,78% y un VAN financiero de S/ 22 551; a su vez, se relaciona con lo concluido por Dahal *et al.* [25], quienes indicaron que, la rentabilidad del proyecto de producción de papa fue positiva, con una relación beneficio/costo de 1,68. Sin embargo, Ramírez [28] obtuvo resultados diferentes, ya que, obtuvo una viabilidad económica negativa, tras obtener una recuperación de la inversión 10,55 años, debido al bajo aprovechamiento del tubérculo (a causa del bajo rendimiento).

Y, respecto al estudio ambiental, se realizó una matriz de Leopold, demostrando que se está generando un impacto negativo sobre la calidad física del agua (-57 puntos), el ruido (-48 puntos) y la calidad del suelo (-46 puntos), lo cual estuvo alineado con los estudios de Perez [60] y Salinas [61], quienes realizaron una evaluación del impacto ambiental de una productora de almidón. En base a ese análisis, se consideró el principal impacto, que fue sobre la calidad física del agua, proponiendo un sistema de tratamiento de efluentes dentro de la planta industrial, adecuándose al diseño elaborado por Muñoz y León [67], quienes realizando un sistema para tratar efluentes de una planta de almidón. Esta evaluación fue comparable con la del estudio de Guerra [30], obtuvo resultados similares, en donde aplicó la matriz IRA para la evaluación ambiental de su proyecto, determinando que los impactos más significativos fueron la generación de efluentes que contaminan el agua (IRA=48), el consumo excesivo de agua (IRA=36) y el consumo de energía (IRA=33), dejando en evidencia que el principal impacto ambiental está vinculado con el recurso hídrico, justificando la decisión de proponer un sistema de tratamiento de efluentes como estrategia de mitigación.

Conclusiones

Se concluye, de acuerdo con el objetivo general, se concluye que, el diseño de la planta productora de almidón a base de papa en la provincia de Puno es un proyecto de inversión viable en el aspecto comercial, técnico-tecnológico y económico-financiero y ambiental, desarrollados en la presente investigación

De acuerdo con el primer objetivo específico, se concluye que, la producción nacional de papa presenta un crecimiento sostenido y una proyección de 127 008,1 toneladas al 2029. Respecto al almidón, se identificó una brecha creciente entre oferta y demanda, estimada en 25 148,4 toneladas para ese año, lo que respalda la implementación de la planta con una participación de mercado proyectada del 5% y ventas anuales de S/15,38 millones.

De acuerdo con el segundo objetivo específico, se concluye que, es técnicamente viable, siendo la ubicación de la planta en Puno, seleccionada mediante análisis multicriterio, la cual tendrá una capacidad máxima de 1 257 420 kg/año en 2029, procesando 2 287,36 kg/h de papa

para obtener 436,60 kg/h de almidón, necesitando un área de 1 055,34 m², 18 trabajadores y 16 equipos principales.

De acuerdo con el tercer objetivo específico, se concluye que, es económica, financiera y ambientalmente viable, con un VAN de \$386 735,35, una TIR del 45,17% y un B/C de 1,07; a pesar de que en el primer año se presentan pérdidas, desde el segundo se proyectan utilidades crecientes, alcanzando \$557 563,99 en el quinto año; y, ambientalmente, se identificaron impactos negativos moderados mitigables, con mayor impacto en la calidad del agua, planteando un sistema de tratamiento de efluentes.

Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios para el aprovechamiento de los residuos generados en la producción de almidón, como la fibra de papa, el agua de maceración y el jugo de papa, los cuales pueden ser empleados para la fabricación de forraje, biocompuestos (envases o platos biodegradables), fertilizantes líquidos, entre otros.

Se recomienda proponer la implementación de las energías renovables con la finalidad de reducir los costos energéticos en la producción del almidón de papa.

Se recomienda estudiar el potencial de otras opciones de materias primas (como la yuca u otro tubérculo rico en almidón) para la producción de almidón, dado que, la tecnología planteada tiene el potencial producir el almidón de otras materias primas.

Se recomienda determinar viabilidad del mercado de almidón de papa en otras industrias, como la industria cosmética, farmacéutica, textil y de envases biodegradables.

Referencias

- [1] D. F. Arce, «Implementación de una línea de producción de almidón a base de la cáscara de papa como sub producto», Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, 2023. Accedido: 15 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12773/19021>
- [2] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, «Una guía sobre el día internacional de la papa», FAO, 2024. Accedido: 15 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/wMfus7>
- [3] ARGENPAPA, «Estadísticas mundiales: La producción mundial de papa se incrementa en el 2024 aún con menor superficie», argenpapa.com. Accedido: 15 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/LReUDc>
- [4] M. C. de Landeta, A. F. Pighín, y G. A. Gómez, «Contenido de minerales en papas crudas, procesadas industrialmente y cocidas por diferentes métodos», *Diaeta*, vol. 35, n.º 159, pp. 17-24, jun. 2017.
- [5] N. Sato, N. Shimizu, y M. Nakajima, «Techno economic analysis of the production of potato powder applying potato starch purification system in Japan», *Discov. Appl. Sci.*, vol. 6, n.º 5, p. 253, may 2024, doi: 10.1007/s42452-024-05937-8.
- [6] O. F. Vilpoux y J. F. Santos Silveira Junior, «Global production and use of starch», en *Starchy Crops Morphology, Extraction, Properties and Applications*, Academic Press, 2023, pp. 43-66. doi: 10.1016/B978-0-323-90058-4.00014-1.
- [7] Y. Xu, J. Ding, S. Gong, M. Li, T. Yang, y J. Zhang, «Physicochemical properties of potato starch fermented by amylolytic *Lactobacillus plantarum*», *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 158, pp. 656-661, 2020, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.04.245.
- [8] H. Onyeaka, K. Obileke, G. Makaka, y N. Nwokolo, «Current Research and Applications of Starch-Based Biodegradable Films for Food Packaging», *Polymers*, vol. 14, n.º 6, p. 1126, 2022, doi: 10.3390/polym14061126.
- [9] Persistence Market, «Potato Starch Market», Persistence Market Research. Accedido: 3 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/potato-starch-market.asp>
- [10] A. Chauhan *et al.*, «A review on waste valorization, biotechnological utilization, and management of potato», *Food Sci. Nutr.*, vol. 11, n.º 10, pp. 5773-5785, 2023, doi: 10.1002/fsn3.3546.
- [11] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, «Perfil Productivo y Competitivo de los Principales Cultivos del Sector». Accedido: 19 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYjYwYTk5MDgtM2M0MS00NDMyLTgzNDUzMjNhNjEzYWQyOTNlIiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9>
- [12] D. M. Cervantes y J. M. Quevedo, «The industrialization of potatoes and the socioeconomic development of family farming in Lima, Peru», *Peruvian Agric. Res.*, vol. 2, n.º 2, Art. n.º 2, 2020, doi: 10.51431/par.v2i2.640.
- [13] Veritrade, «Importaciones y Exportaciones de fécula de papa», VERITRADE. Accedido: 25 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.veritrade.com/es/peru/importaciones-y-exportaciones/fecula-de-papa-patata/110813>
- [14] K. Hameed, R. Rashid, y A. Fatah, «The Economic Sustainability of Industrial Potato Production Within Entrepreneurial Strategies», *Bull. Univ. Agric. Sci. Vet. Med. Cluj-Napoca Hort.*, vol. 81, pp. 59-74, 2024, doi: 10.15835/buasvmcn-hort:2023.0028.

- [15] D. P. R. Arana y N. Moggiano, «Agriculture and water resources: UNFCCC influence on Peruvian adaptation regulations to increase resilience against climate change», *Sci. Agropecu.*, vol. 13, n.º 3, pp. 221-230, 2022, doi: 10.17268/sci.agropecu.2022.020.
- [16] R. Vargas *et al.*, «Health crisis and quarantine measures in Peru: Effects on livelihoods of coffee and potato farmers», *Agric. Syst.*, vol. 187, p. 103033, 2021, doi: 10.1016/j.agsy.2020.103033.
- [17] O. Velásquez, «Agudización de la pobreza del campesinado peruano y el subsidio al bienestar de la ciudad», *Alfa Rev. Investig. En Cienc. Agronómicas Vet.*, vol. 5, n.º 14, pp. 331-345, 2021, doi: 10.33996/revistaalfa.v5i14.121.
- [18] C. Potter, S. Sarapura, P. VanderZaag, D. Salari, y R. Zink, «Best management practice adoption amongst potato producers in Ontario: a study of drivers and barriers», *Front. Sustain. Food Syst.*, vol. 8, 2024, doi: 10.3389/fsufs.2024.1358515.
- [19] H. Li *et al.*, «Recovery and purification of potato proteins from potato starch wastewater by hollow fiber separation membrane integrated process», *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, vol. 63, p. 102380, 2020, doi: 10.1016/j.ifset.2020.102380.
- [20] S. De los Reyes, R.-M. Gómez, R.-A. Diez, y E.-N. Fernández, «Metodologías de evaluación ex-ante de los beneficios económicos de la biotecnología en el cultivo de papa en Perú», *An. Científicos*, vol. 84, n.º 1, Art. n.º 1, 2023, doi: 10.21704/ac.v84i1.1363.
- [21] H. Nabipour, J. Ahmed, B. Mobin Siddique, N. Khairuddin, y A. Hassan, «A comprehensive review on carbon footprint of regular diet and ways to improving lowered emissions», *Results Eng.*, vol. 18, p. 101054, 2023, doi: 10.1016/j.rineng.2023.101054.
- [22] M. R. Chuiza-Rojas, C. V. Haro-Velasteguí, y H. L. Brito-Moína, «Identificación de las variables de proceso óptimas para la producción del almidón de papa china (*Colocasia esculenta*)», *Dominio Las Cienc.*, vol. 7, n.º 1, Art. n.º 1, ene. 2021, doi: 10.23857/dc.v7i1.1680.
- [23] T. Tesfaye, M. Ayele, E. Ferede, M. Gibril, F. Kong, y B. Sithole, «A techno-economic feasibility of a process for extraction of starch from waste avocado seeds», *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 23, n.º 2, pp. 581-595, mar. 2021, doi: 10.1007/s10098-020-01981-1.
- [24] A. K. Rashwan *et al.*, «Plant starch extraction, modification, and green applications: a review», *Environ. Chem. Lett.*, vol. 22, n.º 5, pp. 2483-2530, 2024, doi: 10.1007/s10311-024-01753-z.
- [25] S. Dahal *et al.*, «Analysis of economic, production, and marketing aspects of potato farming in Changuarayan Municipality of Bhaktapur, Nepal», *Arch. Agric. Environ. Sci.*, vol. 8, n.º 4, pp. 545-552, 2023, doi: 10.26832/24566632.2023.0804013.
- [26] G. I. Hari, «The effect of potato starch and xanthan gum addition on cilantro sauce product development», *IOP Conf Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 6, n.º 1, 2022, [En línea]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1169/1/012104/pdf>
- [27] J. A. Calapiña Malliquinga y J. P. Cruz Chugchilan, «Obtención del almidón de papa (*Solanum tuberosum* L.) para la aplicación en un embutido.», Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2024. Accedido: 3 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/12417>
- [28] C. L. Ramirez, «Diseño de un proceso industrial para la obtención de etanol a partir del almidón de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*)», Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2022. Accedido: 13 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/d9z7hL>
- [29] J. L. Martínez, «Estudio de factibilidad de una empresa productora y modificadora de almidón de yuca en la ciudad de Montería», Tesis de maestría, Universidad EIA, Envigado, 2023. Accedido: 13 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/GmyIEw>

- [30] A. B. Guerra, «Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de bolsas de almidón de papa peruana», Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2021. Accedido: 14 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/20816>
- [31] E. Díaz, C. Cabrera, Y. Díaz, J. S. Chumacero, y P. W. Gamboa, «Bandejas biodegradables de almidón de papa con fibra de tocón de espárrago (*Asparagus officinalis* L.)», *Rev. Agrotecnológica Amaz.*, vol. 3, n.º 1, Art. n.º 1, 2023, doi: 10.51252/raa.v3i1.429.
- [32] F. Cobos, E. Hasang, R. Medina, y E. Orellana, «El cultivo de papa, recursos genéticos y retos para el futuro.», *J. Sci. Res.*, vol. 7, n.º CININGEC II, Art. n.º CININGEC II, 2022.
- [33] K. Trejo, G. Rodríguez, J. Reyes, C. Lizarazo, y C. Hernández, «Almidón, una plataforma versátil en la industria de alimentos», *Rev. Boliv. Quím.*, vol. 41, n.º 1, pp. 59-66, 2024, doi: 10.34098/2078-3949.41.1.6.
- [34] S. Cárdenas, E. Pérez, y F. Gonzáles, «Contenido de almidón nativo de variedades nativas de papa (*Solanum spp.*)», *Rev. Investig. Agrar.*, vol. 2, n.º 1, Art. n.º 1, 2020, doi: 10.47840/ReInA.2.1.832.
- [35] Y. Anacona, J. A. Segura, y H. Paz, «Optimización de la distribución en planta con formulación QAP y simulación de eventos discretos», *Inf. Téc.*, vol. 87, n.º 1, pp. 13-28, 2023.
- [36] V. M. Loor, «Análisis sobre el consumo, producción y mercado», *E-IDEA J. Bus. Sci.*, vol. 4, n.º 14, Art. n.º 14, 2022, doi: 10.53734/eidea.vol4.id188.
- [37] O. D. Fernández, «Oferta y Demanda de Productos Electrónicos, (computadoras, celulares) Pilar, Paraguay; durante la Pandemia Covid – 19», *Cienc. Lat. Rev. Científica Multidiscip.*, vol. 5, n.º 3, Art. n.º 3, 2021, doi: 10.37811/cl_rcm.v5i3.502.
- [38] T. Nenzhelele, J. A. Trimble, J. A. Swanepoel, y M. G. Kanakana-Katumba, «MCDM Model for Evaluating and Selecting the Optimal Facility Layout Design: A Case Study on Railcar Manufacturing», *Processes*, vol. 11, n.º 3, Art. n.º 3, 2023, doi: 10.3390/pr11030869.
- [39] S. Plua, N. Carrión, J. Madruñero, y P. C. Verdezoto, «Estimación de la superficie requerida y distribución de planta de una industria metalmeccánica», *Innov. Dev. Eng. Appl. Sci.*, vol. 4, n.º 2, Art. n.º 2, 2022, doi: 10.53358/ideas.v4i2.876.
- [40] L. Jimenez, «Impacto de la investigación cuantitativa en la actualidad», *Converg. Tech*, vol. 4, pp. 59-68, 2020, doi: 10.53592/convtech.v4iIV.35.
- [41] J. L. Arias y M. Covinos, *Diseño y metodología de la investigación*. Arequipa: Enfoques Consulting EIRL, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/eDFesr>
- [42] S. E. Calle, «Diseños de investigación cualitativa y cuantitativa», *Cienc. Lat. Rev. Científica Multidiscip.*, vol. 7, n.º 4, Art. n.º 4, 2023, doi: 10.37811/cl_rcm.v7i4.7016.
- [43] R. Hernández, C. Fernández, y P. Baptista, *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education, 2014.
- [44] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Producción de papa superó las 869 mil toneladas en primer trimestre del presente año». Accedido: 19 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-papa-supero-las-869-mil-toneladas-en-primer-trimestre-del-presente-ano-9078/>
- [45] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Número de Productores en cada Actividad Agropecuaria». Accedido: 19 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0386/cap0402.htm
- [46] G. Baca Urbina, *Evaluación de proyectos*, 7ma edición. México: McGraw-Hill, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/N6cw2V>

- [47] J. H. Heizer y B. Render, *Principios de administración de operaciones*, 7ma edición. México: Pearson Educación, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/CzzqxZ>
- [48] R. Muther y L. Hales, *Systematic Layout Planning*, 4ta edición. Marietta, GA: Management & Industrial Research Publications, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/VqRmgX>
- [49] Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social, *Resolución Directoral Ejecutiva N.º 347-2022-MIDIS/PNAEQW-DE*. 2022. Accedido: 19 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/wasimikuna/normas-legales/3481058-347-2022-midis-pnaeqw-de>
- [50] Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria, «Acumulado Anual Subpartida Nacional/País», [aduanet.gob.pe](http://www.aduanet.gob.pe). Accedido: 6 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://www.aduanet.gob.pe/cl-ad-itestadispartida/resumenPPaisS01Alias>
- [51] D. S. Aguilar, «Análisis químico del almidón de papa para la obtención de papel higiénico», *Ingenium*, vol. 01, n.º 02, pp. 24-28, dic. 2016, doi: 10.18259/ing.2016010.
- [52] H. N. Quintero, G. U. Flórez, y C. C. Castillo, «Plan de negocios para la creación de la empresa Miscompetencias.com S.A.S.», Trabajo de especialización, Universidad EAN, Bogotá, 2012. Accedido: 13 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10882/1961>
- [53] Campo Grande Perú, «Fécula De Papa (Chuño) X 1 Kg», Campo Grande. Accedido: 13 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://campograndeperu.com/producto/fecula-de-papa-chuno/>
- [54] Doña Elsa, «Chuño Fécula de Papa Granel», Doña Elsa. Accedido: 13 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://donaelsa.com.pe/producto/chuno-fecula-de-papa>
- [55] Mitú Alimentaria, «Almidón Fécula De Papa - Chuño 1kg», Mitú Alimentaria. Accedido: 13 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://mitualimentaria.pe/producto/almidon-fecula-de-papa-chuno-1kg/>
- [56] Data Bridge Market Research, «Segmentación Del Mercado De Almidón De Papa e Informe De Crecimiento De La Industria Para 2029», Data Bridge Market Research. Accedido: 13 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/e6vs4I>
- [57] Facilito, «Diesel y Gasolina: Precio Reportado por los operadores de las Estaciones de Servicio y Grifos». Accedido: 22 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.facilito.gob.pe/facilito/pages/facilito/menuPrecios.jsp>
- [58] L. Zárate, «Extracción y caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja)», *Rev. Latinoam. Papa*, vol. 18, n.º 1, pp. 1-24, 2014.
- [59] G. Vargas, P. Martínez, y C. Velezmoro, «Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación», *Sci. Agropecu.*, vol. 7, pp. 223-230, oct. 2016, doi: 10.17268/sci.agropecu.2016.03.09.
- [60] Y. Diaz Barrera, «Determinación de las propiedades físicas, químicas, tecnofuncionales y la estabilidad en congelación/ descongelación del almidón de cuatro variedades de *solanum tuberosum* ssp. *andigenum* (papa nativa).», Tesis de titulación, Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, 2015. Accedido: 29 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/213>
- [61] A. J. Quezada Moncada, «Propiedades fisicoquímicas y térmicas del almidón extraído de papa nativa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Santa Rosa cultivada en el Distrito de Chugay – Provincia de Sánchez Carrión», Tesis de titulación, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, 2017. Accedido: 29 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14414/10057>

- [62] E. M. Villacrés, Á. A. Valencia, y A. Rivadeneira, «Creación de una planta procesadora de almidón de papa en el cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo.», Tesis de maestría, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 2014. Accedido: 23 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/30485>
- [63] Y. T. Romero y T. P. Hurtado, «Creación de una empresa productora y comercializadora de almidón de yuca en la ciudad de Montería, Córdoba», Tesis de titulación, Universidad de Cordoba, Montería, 2021. Accedido: 6 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/4589>
- [64] R. A. Paredes, «Propuesta de elaboración de bioplástico en base a almidón de yuca para vasos descartables», Tesis de bachiller, Universidad Continental, Arequipa, 2020. Accedido: 23 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12438>
- [65] W. E. Perez Vidaurre, «Diseño de una planta procesadora de papa para Dalibry SAC. que permita cumplir con las exigencias del reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebida», Tesis de titulación, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2019. Accedido: 13 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/8ckDeb>
- [66] L. O. Salinas Oñate, «Modelo de negocio para una empresa productora de almidón de papa de la provincia de Tungurahua», Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2014. Accedido: 13 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/VQi9Hb>
- [67] L. F. Muñoz y L. D. León, «Propuesta para el diseño de las unidades de tratamiento del agua de una empresa de extracción de almidones en el municipio de Pasca, Cundinamarca», Tesis de titulación, Universidad de la Salle, Bogotá, 2022. Accedido: 13 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14625/22468>
- [68] A. Mojo *et al.*, «Physicochemical properties of starch of four varieties of native potatoes», *Heliyon*, vol. 10, n.º 16, p. e35809, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e35809.
- [69] ComexPerú, «Desempeño del mercado laboral peruano: Resultados en 2023», 2024. Accedido: 22 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.comexperu.org.pe/upload/articles/reportes/reporte-laboral-009.pdf>
- [70] Ministerio de Energía y Minas, «Estadística eléctrica por regiones», Anuario Estadístico de Electricidad 2023, ene. 2025. Accedido: 22 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7549011/6411602-capitulo-2-estadistica-por-regiones-2023.pdf?v=1738082244>
- [71] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Acceso a los servicios básicos en el Perú 2023», Lima, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6755317/5857246-acceso-a-los-servicios-basicos-en-el-peru-2023.pdf>
- [72] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, «Compendio de mapas», Lima, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5839813/5137608-compendio-de-mapas-2023-i.pdf>
- [73] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Estadísticas: Condiciones físicas». Accedido: 22 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/a1-condiciones-fisicas-12696/>
- [74] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Puno: Compendio Estadístico 2023», Lima, dic. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6067439/5373689-compendio-estadistico-puno-2023.pdf>

- [75] Urbania, «Venta Local industrial en Zona Industrial», Urbania. Accedido: 22 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://urbania.pe/inmueble/clasificado/veclniin-venta-de-local-industrial-en-zona-industrial-juliaca-4048876>
- [76] Doomos, «Terreno en Venta de 4500 m² en Plena Carretera Interoceánica», Doomos. Accedido: 22 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: http://www.doomos.com.pe/de/317894_terreno-en-venta-de-4500-m-en-plena-carretera-interoceanica---puno.html?utm_source=Lifull-connect&utm_medium=referrer
- [77] Urbania, «Venta Terreno: Lote en carretera a Huancané», Urbania. Accedido: 22 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://urbania.pe/inmueble/clasificado/vecltein-venta-de-terreno-en-juliaca-san-roman-145368930>
- [78] RUC360, “Elaboración de almidones y productos derivados del almidón (CIU 1062) en el Perú,” 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ruc360.info/ciu/v4/detalle/1062>
- [79] Química Industrial Perú, “Almidón de papa: aplicaciones industriales,” 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.quimicaindustrial.pe/producto/almidon-papa/>
- [80] Datos Perú, “Empresas del sector elaboración de almidones y derivados en el Perú,” 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.datosperu.org/actividad-elaboracion-de-almidones-y-derivados-15329.php>

Anexos

Anexo 1.

Tabla 16. Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Técnicas de recolección	Instrumentos de recolección
Variable independiente: Diseño de una planta	Estudio de mercado	Demanda proyectada	Análisis documental	Bases de datos del MIDAGRI, SUNAT e INEI
		Oferta proyectada		Bases de datos de la INEI
		Demanda insatisfecha del proyecto		Investigaciones científicas sobre participación en el mercado
	Estudio técnico	Localización y tamaño de la planta	Análisis documental	Informes del INEI, MIDAGRI, ComexPerú, MINEM, MTC, Facilito, Urbana
		Capacidad teórica		Fichas técnicas de maquinaria
		Tiempo estándar		Fichas de cálculo para determinar el tiempo estándar del proceso
		Número de estaciones de trabajo		Cálculo de balance de línea
		Cantidad de maquinarias Cantidad de operarios y colaboradores		Sitio web de Alibaba Fichas de cálculo para determinar la cantidad mínima de operarios
	Estudio económico y ambiental	VAN	Análisis documental	Flujo de caja proyectado
		TIR		Flujo de caja proyectado
TMAR		Flujo de caja proyectado		
B/C		Flujo de caja proyectado		
Variable dependiente: Producción de almidón	Volumen de producción	Impacto ambiental	Análisis documental	Matriz de Leopold
		Producción anual		Cálculos de producción
	Producción mensual	Cálculos de producción		
	Producción diaria	Cálculos de producción		
	Productividad	Cálculos de producción		
	Rendimiento	Balance de materia		
	Relación de conversión	Balance de materia		
Calidad del producto	Cumplimiento de estándares	Análisis documental	Requerimientos de calidad como la R.D.E. N° D000233-2021-MIDIS/PNAEQW-DE	
Impacto económico	Impacto económico directo	Análisis documental	Flujo de caja proyectado	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2.

Tabla 17. Requerimientos de calidad del almidón de papa

Categoría	Especificación
Descripción general	Polvo fino, color blanco, inodoro e insípido, exento de materias extrañas y grumos
Características físico-químicas	Humedad: Máximo 21% pH: 5 – 8 Sulfitos (SO ₂): Máximo 10 mg/kg
Características microbiológicas	Mohos: Clase 3, m = 10 ² , M = 10 ⁴ por g Escherichia coli: Clase 3, m = 10, M = 10 ² por g Bacillus cereus: Clase 3, m = 10 ² , M = 10 ⁴ por g Salmonella sp.: Ausencia en 25 g
Presentación y envases	Primario: Bolsa de polipropileno (BOPP) bilaminado/trilaminado, sellado herméticamente Secundario: Bolsa de PEAD o caja de cartón corrugado Opcional: Caja de cartón o saco de polipropileno Capacidad: Hasta 1,0 kg
Vida útil	Según declaración en Registro Sanitario
Requisitos de certificación	Registro sanitario: DIGESA Validación HACCP Certificación INACAL-DA para métodos acreditados (mínimo 6 meses)

Fuente: Elaboración propia. En base a [49].

Anexo 3.

Tabla 18. Comparación con los productos sustitutos

Producto	Cantidad importada en el 2024 (kg)	Valor de importación en el 2024 (\$)	Cantidad exportada en el 2024 (kg)	Valor de exportación en el 2024 (\$)	Disponibilidad (%)	Precio aproximado (\$/kg)
Almidón de papa	28 176 669,38	\$26 809 420,63	6 192,67	\$17 644,00	85,13%	Entre \$0,95 a \$2,85 por kg
Fécula de maíz	7 672 478,58	\$3 613 020,48	6 261,47	\$6 050,00	11,47%	Entre \$0,47 a \$0,97 por kg
Almidón de trigo	372 968,72	\$201 108,91	0,00	\$0,00	0,64%	De \$0,54 por kg aproximado
Almidón de yuca	1 319 383,36	\$869 340,90	5 462,66	\$7 420,00	2,76%	Entre \$0,66 a \$1,36 por kg
Total	37 541 500,04	\$31 492 890,92	17 916,80	\$31 114,00		

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

Anexo 4.

Tabla 19. Determinación de la demanda interna aparente

Año	Producción de papa (Tn)	Producción de almidón de papa (Tn)	Importación de almidón de papa (Tn)	Exportación de almidón de papa (Tn)	DIA (Tn)
2016	4 555 915,1	40 480,7	15 981,1	52,4	56 409,4
2017	4 800 308,7	42 652,2	19 362,8	42,6	61 972,4
2018	5 149 427,5	45 754,2	23 980,5	60,9	69 673,8
2019	5 399 756,2	47 978,5	18 732,3	58,7	66 652,1
2020	5 535 569,1	49 185,2	21 694,6	13,7	70 866,1
2021	5 699 988,7	50 646,1	21 557,7	7,1	72 196,7
2022	6 040 737,1	53 673,8	23 230,9	7,9	76 896,8
2023	5 457 834,5	48 494,5	19 469,7	29,9	67 934,3
2024	7 267 207,6	64 571,3	28 176,7	6,0	92 742,0

Fuente: Elaboración propia. En base a SUNAT [50] y MIDAGRI [11].

Anexo 5.

Tabla 20. Oferta nacional de almidón de papa durante el periodo 2016 – 2023

Año	Producción nacional de papa (Tn)	Producción nacional de papa amarilla y nativa (Tn)	Producción de almidón (Tn)	Producción de almidón para el mercado nacional (Tn)
2016	4 555 915,1	1 594 570,3	40 480,7	40 428,3
2017	4 800 308,7	1 680 108,0	42 652,2	42 609,6
2018	5 149 427,5	1 802 299,6	45 754,2	45 693,4
2019	5 399 756,2	1 889 914,7	47 978,5	47 919,7
2020	5 535 569,1	1 937 449,2	49 185,2	49 171,5
2021	5 699 988,7	1 994 996,0	50 646,1	50 639,0
2022	6 040 737,1	2 114 258,0	53 673,8	53 665,9
2023	5 457 834,5	1 910 242,1	48 494,5	48 464,6
2024	7 267 207,6	2 543 522,7	64 571,3	64 565,4

Fuente: Elaboración propia. En base a [11].

Anexo 6.

Tabla 21. Descripción de factores de macro localización

Factores de macro localización	Puno	Junín	Huánuco	Ayacucho
Disponibilidad de materia prima	Lídera en producción de papa con una participación de 16,74%, lo que representa un total de 1 216 827 toneladas en el 2024 [11].	Es el segundo mayor productor de papa con una participación de 13,84%, lo que representa un total de 1 006 113 toneladas en el 2024 [11].	Es el tercer mayor productor de papa con una participación de 10,91%, lo que representa un total de 792 813 toneladas en el 2024 [11].	Es el cuarto mayor productor de papa con una participación de 9,87%, lo que representa un total de 716 967 toneladas en el 2024 [11].
Disponibilidad de mano de obra	Puno tiene una participación laboral de 77,70%, con una población inactiva que desea trabajar de 41,10%, mostrando la mano de obra disponible, aunque la tasa de desempleo fue de 3,80% [69].	Junín tiene una participación laboral de 73,50%, con una población inactiva que desea trabajar de 31,90%, mostrando la mano de obra disponible, aunque la tasa de desempleo fue de 5,10% [69].	Huánuco tiene una participación laboral de 73,50%, con una población inactiva que desea trabajar de 17,90%, aunque la tasa de desempleo fue de 4,90% [69].	Ayacucho tiene una participación laboral de 79,10%, con una población inactiva que desea trabajar de 35,30%, aunque la tasa de desempleo fue de 4,00% [69].
Disponibilidad de servicios de energía eléctrica	Esta región tiene una potencia efectiva de 199,22 MW, llegando a producir 1040,81 GWh de energía en el 2023; asimismo, el precio fue de 14,58 Ct. US\$/kWh, y en donde el 92,30% tiene acceso a energía eléctrica [70].	Junín cuenta con una potencia efectiva de 614,3 MW, llegando a producir 3193,62 GWh de energía en el 2023; asimismo, el precio fue de 11,73 Ct. US\$/kWh, y en donde el 93,00% tiene acceso a energía eléctrica [70].	Esta región tiene una potencia efectiva de 532,08 MW, llegando a producir 2147,69 GWh de energía en el 2023; asimismo, el precio fue de 19,18 Ct. US\$/kWh, y en donde el 85,60% tiene acceso a energía eléctrica [70].	Esta región tiene una potencia efectiva de 12,59 MW, llegando a producir 12,22 GWh de energía en el 2023; asimismo, el precio fue de 17,42 Ct. US\$/kWh, y en donde el 90,50% de los pobladores tiene acceso a energía eléctrica [70].
Disponibilidad de servicios de desagüe y alcantarillado	El 64,40% de los hogares cuenta con un sistema de alcantarillado y el 97,40% tiene acceso a un sistema municipal de recojo de basura [71, pp. 22, 27].	El 76,20% de los hogares cuenta con un sistema de alcantarillado y el 99,30% tiene acceso a un sistema municipal de recojo de basura [71, pp. 22, 27].	El 55,70% de los hogares cuenta con un sistema de alcantarillado y el 99,20% tiene acceso a un sistema municipal de recojo de basura [71, pp. 22, 27].	El 71,20% de los hogares cuenta con un sistema de alcantarillado y el 98,90% tiene acceso a un sistema municipal de recojo de basura [71, pp. 22, 27].
Disponibilidad de servicios de agua potable	El 81,60% de los hogares tiene acceso al agua por red pública y el 86,50% del agua está libre de cloro residual [71, pp. 14, 35].	El 92,90% de los hogares tiene acceso al agua por red pública y el 79,60% del agua está libre de cloro residual [71, pp. 14, 35].	El 83,10% de los hogares tiene acceso al agua por red pública y el 77,10% del agua está libre de cloro residual [71, pp. 14, 35].	El 95,40% de los hogares tiene acceso al agua por red pública y el 72,00% del agua está libre de cloro residual [71, pp. 14, 35].
Condiciones de la red vial	En la región el 94,03% de la red vial se encuentra en un estado adecuado [72, p. 139].	En la región el 86,99% de la red vial se encuentra en un estado adecuado [72, p. 139].	De las cuatro regiones es la que peores condiciones de la red vial tiene con un 49,48% [72, p. 139].	En la región el 88,54% de la red vial se encuentra en un estado adecuado [72, p. 139].
Condiciones climatológicas	Respecto al clima, a lo largo del año se tuvo una temperatura máxima de 16,3°C y una temperatura mínima de 3,4°C; a su vez la precipitación anual fue de 509,8 mm, con una humedad de 47% [73].	Respecto al clima, a lo largo del año se tuvo una temperatura máxima de 20,7°C y una temperatura mínima de 4,3°C; a su vez la precipitación anual fue de 754,6 mm, con una humedad de 70% [73].	Respecto al clima, a lo largo del año se tuvo una temperatura máxima de 27,3°C y una temperatura mínima de 14,6°C; a su vez la precipitación anual fue de 357,7 mm, con una humedad de 63% [73].	Respecto al clima, a lo largo del año se tuvo una temperatura máxima de 28,2°C y una temperatura mínima de 6,8°C; a su vez la precipitación anual fue de 480,3 mm, con una humedad de 61% [73].

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Descripción de factores de micro localización

Factores de micro localización	Puno	Azángaro	Carabaya	Huancané
Disponibilidad de materia prima	El distrito de Puno es responsable de la producción de 84 395 toneladas de papa, con un rendimiento de 15 292 kg/ha, con una participación del 4,75% en la campaña 2021/2022 [74, p. 267].	El distrito de Azángaro tuvo una producción de 158 826 toneladas de papa en la campaña 2021/2022, con un rendimiento de 14 938 kg/ha y una participación distrital del 8,94% [74, p. 267].	El distrito de Carabaya concentra el 56,21%, que representa alrededor de 999 027 toneladas de papa en la campaña 2021/2022, con un rendimiento de 15 827 kg/ha [74, p. 267].	El distrito de Huancané tuvo una producción de 100 501 toneladas de papa en la campaña 2021/2022, con un rendimiento de 15 111 kg/ha y una participación distrital del 5,65% [74, p. 267].
Disponibilidad de mano de obra	Puno cuenta con alrededor de 172 684 personas en edad de trabajar [74, p. 69].	El distrito cuenta con alrededor de 82 637 personas en edad de trabajar [74, p. 69].	El distrito cuenta con alrededor de 53 449 personas en edad de trabajar [74, p. 69].	El distrito cuenta con alrededor de 46 026 personas en edad de trabajar [74, p. 69].
Disponibilidad de energía eléctrica	Tiene un consumo anual de 63 201 569 kWh [74, p. 319].	Tiene un consumo anual de 10 100 721 kWh [74, p. 319].	Tiene un consumo anual de 13 377 072 kWh [74, p. 319].	Tiene un consumo anual de 6 009 184 kWh [74, p. 319].
Costo de combustible	El costo de combustible de petróleo (DB5-50 UV) es de entre 13,75 a 15,99 soles por galón [57].	El costo de combustible de petróleo (DB5-50 UV) es de entre 13,49 a 17,50 soles por galón [57].	El costo de combustible de petróleo (DB5-50 UV) es de entre 13,95 a 16,50 soles por galón [57].	El costo de combustible de petróleo (DB5-50 UV) es de entre 13,69 a 16,49 soles por galón [57].
Costo de terrenos	Puno tiene el costo de terrenos más alto, con un costo de 252,81 US\$/m ² [75].	Se identificó un costo de 252,81 US\$/m ² [75].	Se identificó un costo de 33,33 US\$/m ² [76].	Se identificó un costo de 150 US\$/m ² [77].
Acceso a establecimientos de salud	Se identificaron alrededor de 88 establecimientos de salud, siendo la que tiene un mayor acceso [74, p. 135].	Se identificaron alrededor de 41 establecimientos de salud [74, p. 135].	Se identificaron alrededor de 40 establecimientos de salud [74, p. 135].	Se identificaron alrededor de 63 establecimientos de salud [74, p. 135].
Reglamentaciones fiscales	En el año 2022 se dieron un total de 357 licencias de edificación, de las cuales 3 fueron para fábricas industriales [74, p. 349].	Se dieron un total de 24 licencias de edificación, de las cuales 2 fueron para fábricas industriales [74, p. 349].	Se dieron un total de 97 licencias de edificación, de las cuales 2 fueron para fábricas industriales [74, p. 349].	Se dieron un total de 14 licencias de edificación, de las cuales ninguna fue para fábricas industriales [74, p. 349].
Condiciones de vida (Proyectos sociales)	Se cuenta con 8 proyectos financiador por el Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FONCODES) [74, p. 209].	Se cuenta con 14 proyectos financiador por el FONCODES, recibiendo una mayor inversión en desarrollo social [74, p. 209].	Se cuenta con 12 proyectos financiador por el FONCODES [74, p. 209].	Se cuenta con 8 proyectos financiador por el FONCODES [74, p. 209].

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Evaluación y selección de la macro localización

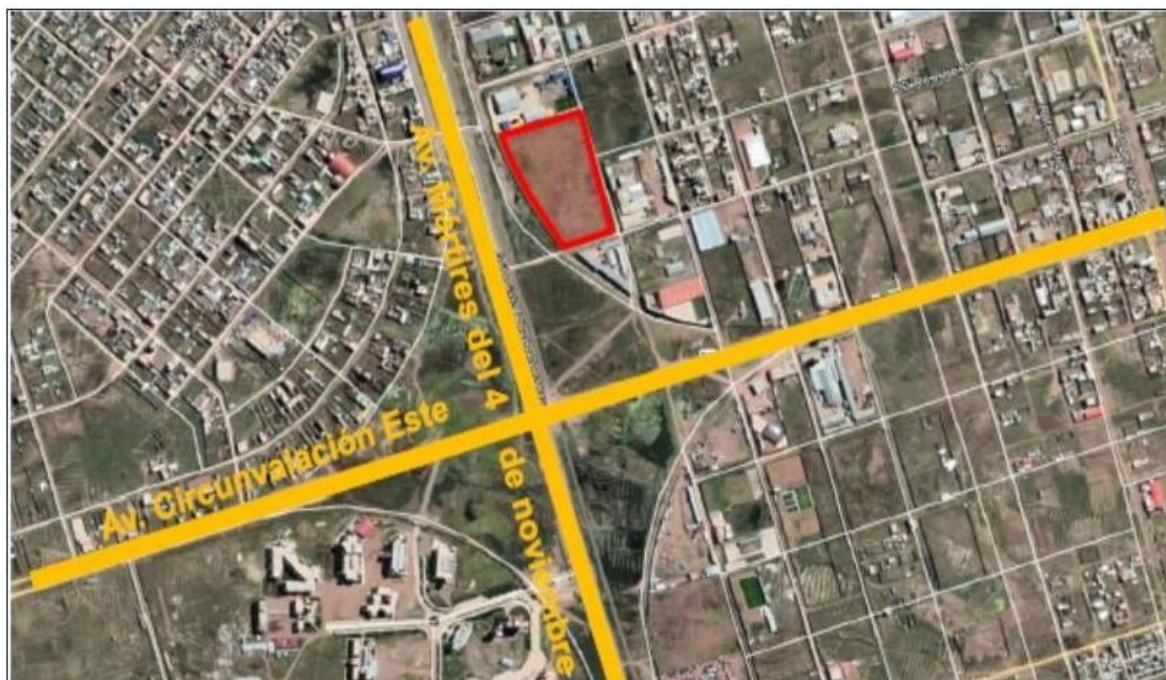
Factores	Puntaje	Peso	Puno		Junín		Huánuco		Ayacucho	
			C	P	C	P	C	P	C	P
Disponibilidad de materia prima	5	20,8%	5	1,04	4	0,83	3	0,63	2	0,42
Disponibilidad de mano de obra	3	12,5%	5	0,63	3	0,38	3	0,38	4	0,50
Disponibilidad de servicios de energía eléctrica	4	16,7%	4	0,67	5	0,83	3	0,50	2	0,33
Disponibilidad de servicios de desagüe y alcantarillado	3	12,5%	3	0,38	5	0,63	3	0,38	4	0,50
Disponibilidad de servicios de agua potable	4	16,7%	4	0,67	4	0,67	3	0,50	4	0,67
Condiciones de la red vial	2	8,3%	5	0,42	4	0,33	1	0,08	4	0,33
Condiciones climatológicas	3	12,5%	3	0,38	3	0,38	4	0,50	4	0,50
Total	24	100%		4,17		4,04		2,96		3,25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Evaluación y selección de la micro localización

Factores	Puntaje	Peso	Puno		Azángaro		Carabaya		Huancané	
			C	P	C	P	C	P	C	P
Disponibilidad de materia prima	4	12,5%	1	0,13	2	0,25	5	0,63	1	0,13
Disponibilidad de mano de obra	4	12,5%	5	0,63	3	0,38	2	0,25	2	0,25
Disponibilidad de energía eléctrica	5	15,6%	5	0,78	3	0,47	3	0,47	1	0,16
Costo de combustible	2	6,3%	5	0,31	4	0,25	3	0,19	4	0,25
Costo de terrenos	4	12,5%	2	0,25	3	0,38	5	0,63	4	0,50
Acceso a establecimientos de salud	4	12,5%	5	0,63	3	0,38	3	0,38	4	0,50
Reglamentaciones fiscales	4	12,5%	4	0,50	2	0,25	3	0,38	1	0,13
Condiciones de vida de la comunidad	5	15,6%	3	0,47	4	0,63	4	0,63	3	0,47
Total	32	100,0%		3,69		2,97		3,53		2,38

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2. Área del terreno seleccionado**

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7.

Tabla 25. Especificaciones técnicas del producto

Parámetro	Valor	Unidad
Humedad	11,20	%
Cenizas	0,26 ± 0,03	%
Amilosa	21,31 ± 1,98	%
Amilopectina	78,69	%
pH	6,3–6,93	-
Tamaño de gránulo	26,80–55,02	µm
Temperatura de gelatinización	63,9–70,0	°C
Viscosidad	9960–12 266,7	cP
Índice de solubilidad en agua	2,03–2,85	g soluble/g muestra

Fuente: Elaboración propia. En base a [60], [61].

Anexo 8.

Tabla 26. Plan de producción

Período	Inv. Inicial	Producción	Inv. Total	Ventas	Inv. Final
1 mes	0	2 812	0	1 875	937
2 mes	937	2 813	3 750	1 875	1 875
3 mes	1 875	1 875	3 750	1 875	1 875
Primer trimestre	0	7 501	7 501	5 626	1 875
2do trimestre	1 875	5 626	7 501	5 626	1 875
3er trimestre	1 875	5 626	7 501	5 626	1 875
4to trimestre	1 875	5 626	7 501	5 626	1 875
1 año	0	24 382	24 382	22 507	1 875
2 año	1 875	23 054	24 929	23 054	1 875
3 año	1 875	23 672	25 547	23 672	1 875
4 año	1 875	24 367	26 242	24 367	1 875
5 año	1 875	25 148	27 023	25 148	1 875
Inventario (1 Mes)	1 875				

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9.

Tabla 27. Índice de consumo

Insumo	Unidad de compra	Índice de consumo	Valor x Und. Compra	Monto por unidad
<u>Materiales directos</u>				
Papa amarilla	kg	261,95	S/ 1,29	S/ 337,10
Metabisulfito de sodio	kg	0,193	S/ 26,00	S/ 5,02
Hidróxido de sodio (NaOH)	kg	0,018	S/ 32,14	S/ 0,59
Ácido Clorhídrico (HCl 2 N)	L	0,030	S/ 64,47	S/ 1,91
<u>Materiales indirectos</u>				
Saco laminado	und.	1	S/ 0,85	S/ 0,85

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10.

Tabla 28. Requerimiento de materiales

Producción	2 812	2 813	1 875	7 501	5 626	5 626	5 626	24 382	23 054	23 672	24 367	25 148
	1 mes	2 mes	3 mes	Primer trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
M. directos												
Papa (kg)	736 602	736 864	491 155	1 964 883	1 473 727	1 473 727	1 473 727	6 386 851	6 038 982	6 200 867	6 382 922	6 587 504
Metabisulfito de sodio (kg)	543	543	362	1 448	1 086	1 086	1 086	4 706	4 450	4 569	4 703	4 854
Hidróxido de sodio (kg)	51	51	34	137	102	102	102	444	420	431	444	458
Ácido Clorhídrico (L)	83	83	55	222	167	167	167	722	682	701	721	744
M. indirectos												
Saco laminado	2 812	2 813	1 875	7 501	5 626	5 626	5 626	24 382	23 054	23 672	24 367	25 148

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11.

Tabla 29. Presupuesto de materiales

Producción	1 mes	2 mes	3 mes	Primer trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
M. directos												
Papa (kg)	S/ 947 933	S/ 948 270	S/ 632 068	S/ 2 528 607	S/ 1 896 540	S/ 1 896 540	S/ 1 896 540	S/ 8 219 238	S/ 7 771 566	S/ 7 979 895	S/ 8 214 182	S/ 8 477 459
Metabisulfito de sodio	S/ 14 112	S/ 14 117	S/ 9 409	S/ 37 643	S/ 28 233	S/ 28 233	S/ 28 233	S/ 122 357	S/ 115 693	S/ 118 794	S/ 122 282	S/ 126 201
Hidróxido de sodio	S/ 1 646	S/ 1 646	S/ 1 097	S/ 4 390	S/ 3 293	S/ 3 293	S/ 3 293	S/ 14 269	S/ 13 492	S/ 13 854	S/ 14 261	S/ 14 718
Ácido Clorhídrico	S/ 5 366	S/ 5 368	S/ 3 578	S/ 14 313	S/ 10 735	S/ 10 735	S/ 10 735	S/ 46 525	S/ 43 991	S/ 45 170	S/ 46 497	S/ 47 987
M. indirectos												
Saco laminado	S/ 2 390	S/ 2 391	S/ 1 594	S/ 6 376	S/ 4 782	S/ 4 782	S/ 4 782	S/ 20 725	S/ 19 596	S/ 20 121	S/ 20 712	S/ 21 376
Total	S/ 971 446	S/ 971 792	S/ 647 746	S/ 2 591 329	S/ 1 943 583	S/ 1 943 583	S/ 1 943 583	S/ 8 423 115	S/ 7 964 338	S/ 8 177 835	S/ 8 417 933	S/ 8 687 741

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12.

Tabla 30. Disponibilidad de materia prima para la producción de almidón

Año	Pronóstico de la producción de papa en Puno (Tn)	Pronóstico de la producción de papa amarilla (Tn)	Disponibilidad de materia prima para la producción de almidón (Tn)	Disponibilidad de materia prima para la producción de almidón (kg)
2025	1 036 744,0	134 776,7	17 925,3	17 925 303,8
2026	1 073 045,0	139 495,9	18 552,9	18 552 948,1
2027	1 109 346,0	144 215,0	19 180,6	19 180 592,3
2028	1 145 647,0	148 934,1	19 808,2	19 808 236,6
2029	1 181 948,0	153 653,2	20 435,9	20 435 880,9

Fuente: Elaboración propia. En base a [11].

Anexo 13.

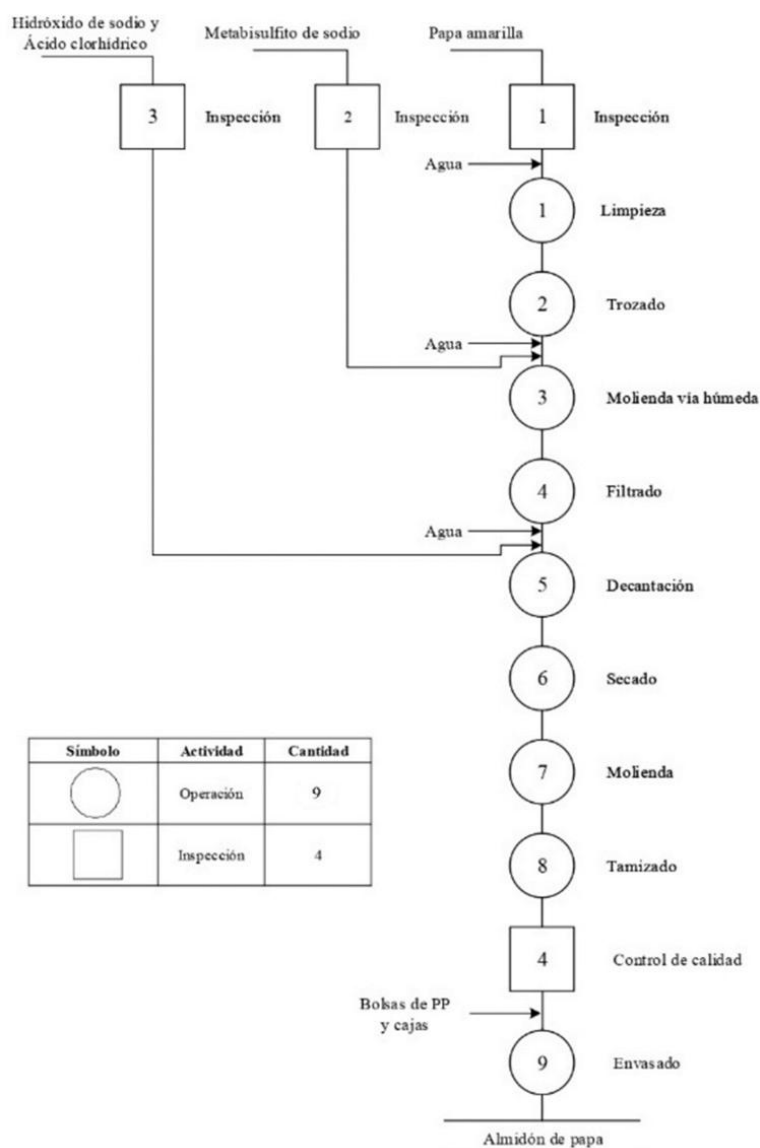


Figura 3. Diagrama de operaciones del proceso de obtención de almidón a base de papa

Fuente: Elaboración propia. En base a [58], [59].

Nota: Para la obtención de un saco de 50 kg de almidón, se requieren aproximadamente 261,95 kg de papa fresca (relación 5,24:1), según el balance de materia.

Anexo 14.

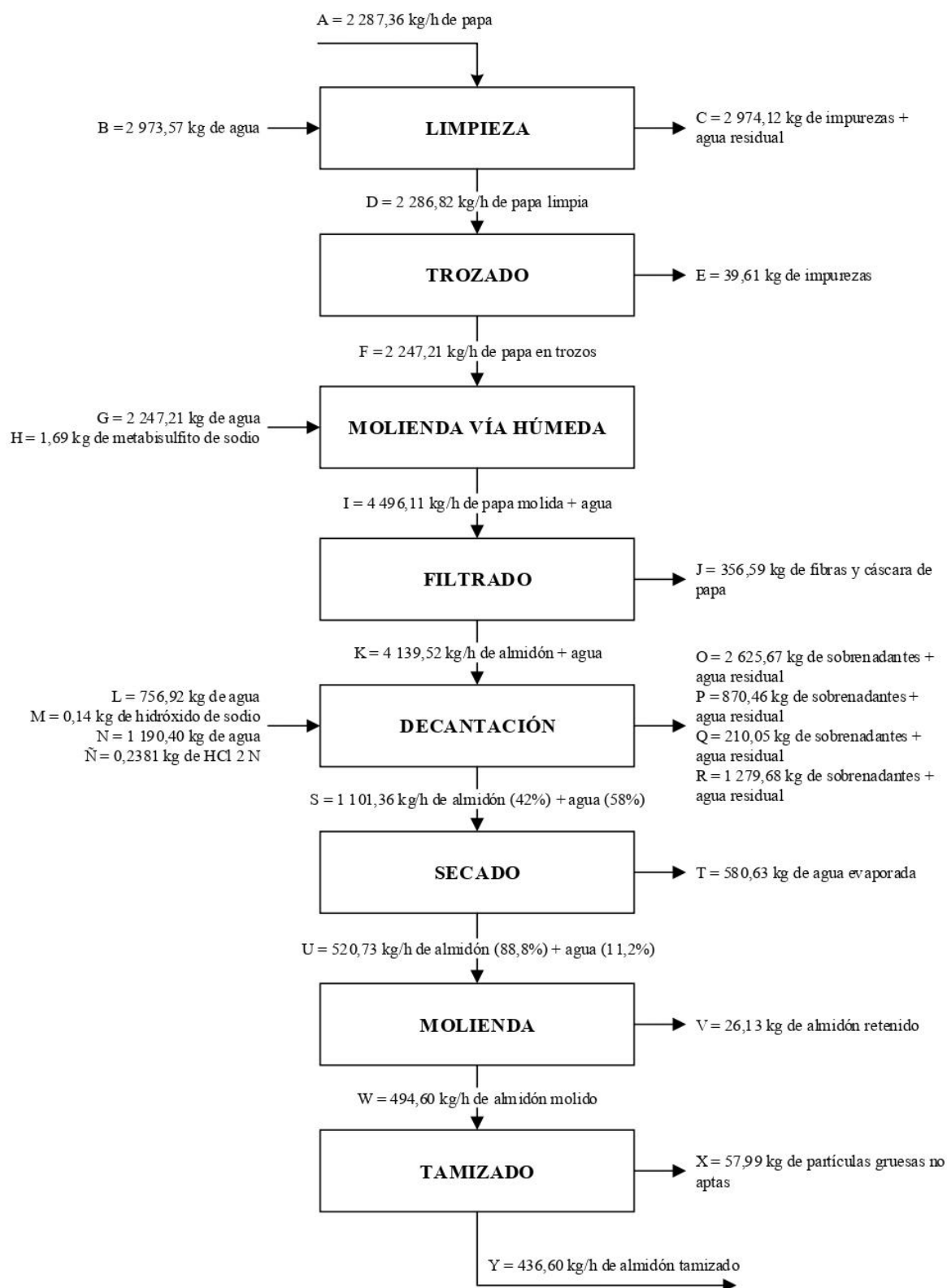


Figura 4. Balance de materiales del proceso de obtención de almidón

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Del balance global del proceso se determina una relación de 5,24 kg de materia prima por 1 kg de almidón, equivalente a 261,95 kg de papa por cada 50 kg de producto final

Anexo 15.

Tabla 31. Descripción de maquinarias

Maquinaria	Características	Marca	Modelo	Capacidad (kg/h)	Precio (\$)	Potencia (kW/h)	Dimensiones (m)
Tolvas almacenamiento	Opción 1	Xinxiang Dongzhen	DZL	2 000,0	5 560,0	1,50	L: 1,90 / W: 1,90 / H: 1,75
	Opción 2	Qingzhou Ventimax	HY-10	3 000,0	5 400,0	2,20	L: 1,80 / W: 1,80 / H: 3,40
Elevador de cangilones	Opción 1	Zhongshan Xianbang	XY-ZT32	1 500,0	6 392,0	0,75	L: 2,25 / W: 1,30 / H: 3,76
	Opción 2	Zhengzhou Kovi Machinery	KV-DT-190	3 500,0	4 120,0	0,75	L: 2,10 / W: 0,73 / H: 2,35
Limpiadora industrial	Opción 1	FENGXIANG	LXTP-3000	5 000,0	9 561,4	3,00	L: 3,80 / W: 0,98 / H: 1,60
	Opción 2	Gelgoog	PM2000	1 500,0	3 930,2	3,00	L: 2,80 / W: 0,85 / H: 0,80
Cortadora industrial	Opción 1	LONKIA	LK-3500	2 400,0	19 831,6	3,00	L: 1,75 / W: 1,25 / H: 1,60
	Opción 2	LONKIA	LK-1500	650,0	3 225,0	1,50	L: 1,10 / W: 1,08 / H: 0,70
Mezcladora industrial	Opción 1	Guangzhou Duan Yue	PME-5000	5 000,0	7 112,0	11,00	L: 2,10 / W: 1,50 / H: 2,20
	Opción 2	Yangzhou Lianhe	LH-5000	5 000,0	3 165,2	18,50	L: 2,20 / W: 1,00 / H: 1,40
Separador de hidrociclón	Opción 1	GOODWAY	GD-XL-600	110,0	2 850,0	45,00	L: 0,10 / W: 0,15 / H: 0,30
	Opción 2	JXSC	Serie FX840	900,0	4 656,0	8,77	L: 0,84 / W: 0,84 / H: 1,20
Sedimentación con tanques de deshidratación	Opción 1	GOODWAY	GD-TS-06	1 800,0	7 174,0	10,35	L: 1,80 / W: 1,90 / H: 1,90
	Opción 2	GLT	GRT-1600	1 250,0	19 000,0	7,50	L: 3,60 / W: 2,05 / H: 3,50
Secador industrial de almidón	Opción 1	Zhengzhou Great	GRT-XSL-10	1 200,0	7 834,0	30,00	L: 1,00 / W: 1,10 / H: 5,00
	Opción 2	Xinxiang Chenwei	CWLP-150	150,0	18 500,0	99,00	L: 5,50 / W: 4,50 / H: 7,00
Molino de almidón	Opción 1	Yinda	YDWS-80	800,0	6 234,0	37,00	L: 2,20 / W: 1,10 / H: 2,40
	Opción 2	Xinxiang Chenwei.	CWUP-80B	1 000,0	4 656,0	17,00	L: 1,20 / W: 1,20 / H: 1,60
Dosificadora de almidón	Opción 1	FULIANG	DCS-F-50	400,0	4 816,9	4,50	L: 3,10 / W: 1,10 / H: 3,10
	Opción 2	Hefei Honor	None	1 500,0	42 120,0	4,00	L: 1,50 / W: 0,45 / H: 3,50

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba

Anexo 16.

Tabla 32. Selección de maquinarias

Selección de maquinarias		Capacidad (37,5%)		Precio (25,0%)		Potencia (25,0%)		Dimensiones (12,5%)		Total
		Cal.	Ptje.	Cal.	Ptje.	Cal.	Ptje.	Cal.	Ptje.	
Tolvas de almacenamiento	Opción 1	3	1,1	4	1,0	4	1,0	3	0,4	3,50
	Opción 2	4	1,5	3	0,8	5	1,3	3	0,4	3,88
Elevador de cangilones	Opción 1	2	0,8	4	1,0	5	1,3	3	0,4	3,38
	Opción 2	4	1,5	2	0,5	5	1,3	3	0,4	3,63
Limpiadora industrial	Opción 1	5	1,9	3	0,8	5	1,3	2	0,3	4,13
	Opción 2	3	1,1	4	1,0	5	1,3	3	0,4	3,75
Cortadora industrial	Opción 1	5	1,9	1	0,3	4	1,0	3	0,4	3,50
	Opción 2	1	0,4	4	1,0	5	1,3	4	0,5	3,13
Mezcladora industrial	Opción 1	5	1,9	2	0,5	3	0,8	3	0,4	3,50
	Opción 2	5	1,9	4	1,0	2	0,5	3	0,4	3,75
Separador de hidrociclón	Opción 1	1	0,4	5	1,3	1	0,3	5	0,6	2,50
	Opción 2	3	1,1	4	1,0	5	1,3	4	0,5	3,88
Sedimentación con tanques de deshidratación	Opción 1	4	1,5	4	1,0	3	0,8	4	0,5	3,75
	Opción 2	3	1,1	2	0,5	4	1,0	2	0,3	2,88
Secador industrial de almidón	Opción 1	4	1,5	4	1,0	3	0,8	3	0,4	3,63
	Opción 2	1	0,4	2	0,5	1	0,3	1	0,1	1,25
Molino de almidón	Opción 1	4	1,5	3	0,8	2	0,5	3	0,4	3,13
	Opción 2	4	1,5	4	1,0	4	1,0	4	0,5	4,00
Dosificadora de almidón	Opción 1	4	1,5	4	1,0	5	1,3	3	0,4	4,13
	Opción 2	5	1,9	1	0,3	5	1,3	4	0,5	3,88

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17.

Análisis de indicadores de eficiencia, requerimientos de mano de obra y maquinaria

A continuación, se muestra el análisis de los indicadores de eficiencia por actividad:

$$\text{Eficiencia del proceso de limpieza} = \frac{2\,286,82 \text{ kg}}{2\,287,36 \text{ kg}} = 99,98\%$$

$$\text{Eficiencia del proceso de trozado} = \frac{2\,247,21 \text{ kg}}{2\,286,82 \text{ kg}} = 98,27\%$$

$$\text{Eficiencia del proceso de molienda húmeda} = \frac{4\,496,11 \text{ kg}}{2\,247,21 \text{ kg}} = 200,08\%$$

$$\text{Eficiencia del proceso de filtrado} = \frac{4\,139,52 \text{ kg}}{4\,496,11 \text{ kg}} = 92,07\%$$

$$\text{Eficiencia del proceso de decantación} = \frac{1\,101,36 \text{ kg}}{4\,139,52 \text{ kg}} = 26,61\%$$

$$\text{Eficiencia del proceso de secado} = \frac{520,728 \text{ kg}}{1\,101,36 \text{ kg}} = 47,28\%$$

$$\text{Eficiencia del proceso de molienda} = \frac{494,60 \text{ kg}}{520,728 \text{ kg}} = 94,98\%$$

$$\text{Eficiencia del proceso de tamizado} = \frac{436,60 \text{ kg}}{494,60 \text{ kg}} = 88,27\%$$

A su vez, se analizó el tiempo estándar de cada maquinaria, considerando la capacidad de kg/h de cada maquinaria, obteniendo lo siguiente:

$$\text{T tiempo estándar de la tolva de almacenamiento} = \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{3\,000 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}} = 0,020 \frac{\text{min}}{\text{kg}} = 1,20 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

$$\text{T tiempo estándar del elevador de cangilones} = \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{3\,500 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}} = 0,017 \frac{\text{min}}{\text{kg}} = 1,02 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

$$\text{T tiempo estándar de la limpiadora industrial} = \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{5\,000 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}} = 0,012 \frac{\text{min}}{\text{kg}} = 0,72 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

$$\text{T tiempo estándar de la cortadora industrial} = \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}} = 0,025 \frac{\text{min}}{\text{kg}} = 1,50 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

$$\text{T tiempo estándar de la mezcladora industrial} = \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{5\,000 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}} = 0,012 \frac{\text{min}}{\text{kg}} = 0,72 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

$$\text{T tiempo estándar del filtrado por hidrociclón} = \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{900 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}} = 0,067 \frac{\text{min}}{\text{kg}} = 4,02 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

$$\text{T tiempo estándar del sedimentador con tanques} = \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{1\,800 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}} = 0,033 \frac{\text{min}}{\text{kg}} = 1,98 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

$$\text{T tiempo estándar del secador industrial} = \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{1\,200 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}} = 0,050 \frac{\text{min}}{\text{kg}} = 3,00 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

$$\text{T tiempo estándar del molino de almidón} = \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}} = 0,060 \frac{\text{min}}{\text{kg}} = 3,60 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

$$\text{T tiempo estándar de la dosificadora automática} = \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{400 \frac{\text{sacos}}{\text{hora}}} = 0,150 \frac{\text{min}}{\text{saco}} = 0,18 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

En base a ello, se determinó la eficiencia, obteniendo lo siguiente:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\sum \text{tiempos estándar}}{\# \text{ de estaciones} * \text{ tiempo estándar promedio}} = \frac{0,446 \frac{\text{min}}{\text{kg}}}{10 * 0,045 \frac{\text{min}}{\text{kg}}} = 100\%$$

Por consiguiente, para determinar el número necesario de máquinas en cada etapa del proceso productivo

$$\# \text{Máquinas del proceso de almacenamiento} = \frac{2\,287,36 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3\,000 \text{ kg}}}{100\% \times 100\%} = 0,76 \cong 1$$

$$\# \text{Máquinas del proceso de limpieza} = \frac{2\,287,36 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{5\,000 \text{ kg}}}{100\% \times 100\%} = 0,46 \cong 1$$

$$\# \text{Máquinas del proceso de trozado} = \frac{2\,247,21 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{2\,400 \text{ kg}}}{100\% \times 100\%} = 0,94 \cong 1$$

$$\# \text{Máquinas del proceso de molienda vía húmeda} = \frac{4\,496,11 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{5\,000 \text{ kg}}}{100\% \times 100\%} = 0,90 \cong 1$$

$$\# \text{Máquinas del proceso de filtrado} = \frac{4\,496,11 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{900 \text{ kg}}}{100\% \times 100\%} = 4,99 \cong 5$$

$$\# \text{Máquinas del proceso de decantación} = \frac{4\,139,52 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{1\,800 \text{ kg}}}{100\% \times 100\%} = 2,30 \cong 3$$

$$\# \text{Máquinas del proceso de secado} = \frac{1\,101,36 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{1\,200 \text{ kg}}}{100\% \times 100\%} = 0,92 \cong 1$$

$$\# \text{Máquinas del proceso de molienda y tamizado} = \frac{520,73 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{1\,000 \text{ kg}}}{100\% \times 100\%} = 0,52 \cong 1$$

$$\# \text{Máquinas del proceso de envasado} = \frac{8,73 \frac{\text{sacos}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{400 \text{ sacos}}}{100\% \times 100\%} = 0,022 \cong 1$$

Para determinar el requerimiento de mano de obra en la planta, se comenzó por establecer el tiempo estándar total considerando todas las etapas del proceso, el cual fue de 0,446 min/kg.

$$\# \text{ de trabajadores} = \frac{\# \text{ de productos} \times \text{ tiempo estándar}}{\text{Tiempo de trabajo}} = \frac{436,60 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \times 0,446 \frac{\text{min}}{\text{kg}}}{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}} = 3,25 \cong 4$$

Validación mediante Takt Time Con la finalidad de verificar la coherencia del dimensionamiento del sistema productivo:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda}} = \frac{28800 \text{ seg}}{4366,04 \frac{\text{kg}}{\text{día}}} = 6,60 \text{ seg/kg}$$

A partir de este valor, el número mínimo teórico de estaciones requerido sería de 5.

$$N_{\text{mín}} = \frac{\text{Tiempo total}}{\text{Takt Time}} = \frac{26,76 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}}{6,60 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}} = 4,05 \cong 5$$

A partir de estos tiempos, se procedió a agrupar las operaciones en 5 estaciones de trabajo, respetando la secuencia lógica del proceso y considerando como criterio que cada estación esté conformada por una o dos operaciones. La agrupación propuesta fue la siguiente:

- **Estación 1:** Almacenamiento en tolva + elevador de cangilones

$$\text{Tiempo de ciclo} = 1,20 \frac{\text{seg}}{\text{kg}} + 1,02 \frac{\text{seg}}{\text{kg}} = 2,22 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

Comparación con Takt Time: $2,22 \leq 6,60$. Cumple, con una holgura de 4,38 seg/kg.

- **Estación 2:** Limpieza industrial + trozado

$$\text{Tiempo de ciclo} = 0,72 \frac{\text{seg}}{\text{kg}} + 1,50 \frac{\text{seg}}{\text{kg}} = 2,22 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

Comparación con Takt Time: $2,22 \leq 6,60$. Cumple, con una holgura de 4,38 seg/kg.

- **Estación 3:** Molienda húmeda + filtrado por hidrociclón

$$\text{Tiempo de ciclo} = 0,72 \frac{\text{seg}}{\text{kg}} + 4,02 \frac{\text{seg}}{\text{kg}} = 4,74 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

Comparación con Takt Time: $4,74 \leq 6,60$. Cumple, con una holgura de 1,86 seg/kg.

- **Estación 4:** Decantación + secado industrial

$$\text{Tiempo de ciclo} = 1,98 \frac{\text{seg}}{\text{kg}} + 3,00 \frac{\text{seg}}{\text{kg}} = 4,98 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

Comparación con Takt Time: $4,98 \leq 6,60$. Cumple, con una holgura de 1,62 seg/kg.

- **Estación 5:** Molienda/tamizado final + envasado

$$\text{Tiempo de ciclo} = 3,60 \frac{\text{seg}}{\text{kg}} + 0,18 \frac{\text{seg}}{\text{kg}} = 3,78 \frac{\text{seg}}{\text{kg}}$$

Comparación con Takt Time: $3,78 \leq 6,60$. Cumple, con una holgura de 2,82 seg/kg.

En consecuencia, la conformación de las cinco estaciones es técnicamente viable, debido a que el tiempo de ciclo de cada estación se encuentra por debajo del Takt Time de 6,60 seg/kg. La estación con mayor tiempo de ciclo corresponde a la Estación 4, conformada por decantación y secado industrial, con 4,98 seg/kg, seguida de la Estación 3, conformada por molienda húmeda y filtrado, con 4,74 seg/kg. No obstante, ambas estaciones mantienen holgura suficiente respecto al Takt Time, por lo que no constituyen cuellos de botella bajo las condiciones de diseño planteadas.

Asimismo, si durante la operación piloto se identificara que alguna estación supera el Takt Time, las acciones inmediatas de mejora deberían orientarse a: incrementar la capacidad efectiva del equipo crítico, implementar procesamiento paralelo en filtrado o decantación, reducir tiempos muertos mediante mantenimiento autónomo, estandarizar parámetros de operación, capacitar al personal en cambios rápidos y asegurar la alimentación continua de materia prima.

Anexo 18.

Tabla 33. Cálculo del área de almacén de materia prima

Área de almacén de materia prima										
Elementos fijos	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	k	SS (m ²)	SG (m ²)	SE (m ²)	ST (m ²)
Pellet	62	3	1,00	1,20	0,40	0,35	1,20	3,60	1,68	401,76
Estante metálico	2	2	0,50	1,00	1,92	0,35	0,50	1,00	0,53	4,05
Mesa de trabajo	1	1	1,20	1,55	1,15	0,35	1,86	1,86	1,30	5,02
Elementos móviles										
Colaboradores	3				1,65	0,35	0,50			
Superficie total										410,83 m²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Cálculo del área de almacén de producto terminado

Área de almacén de producto terminado										
Elementos fijos	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	k	SS (m²)	SG (m²)	SE (m²)	ST (m²)
Pellet	37	3	1,00	1,20	0,40	0,35	1,20	3,60	1,68	239,76
Estante metálico	2	1	0,50	1,00	1,92	0,35	0,50	0,50	0,35	2,70
Mesa de trabajo	2	2	1,20	1,55	1,15	0,35	1,86	3,72	1,95	15,07
Elementos móviles										
Colaboradores	3				1,65	0,35	0,50			
Superficie total										257,53 m²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Cálculo del área de tratamiento de efluentes

Área de tratamiento										
Elementos fijos	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	k	SS (m²)	SG (m²)	SE (m²)	ST (m²)
Filtros de arena	2	1	0,94	0,94	3,13	0,35	0,88	0,88	0,62	4,78
Tanque de contacto	1	1	1,03	1,03	1,54	0,35	1,05	1,05	0,74	2,84
Tanque de almacenamiento	1	1	2,56	2,56	3,08	0,35	6,58	6,58	4,61	17,76
Sedimentador	1	1	0,94	0,94	3,42	0,35	0,88	0,88	0,61	2,37
Tanque de igualación	1	1	2,27	2,27	2,74	0,35	5,17	5,17	3,62	13,97
Filtro percolador	1	1	1,92	1,92	8,55	0,35	3,67	3,67	2,57	9,90
Pozo de bombeo	1	1	1,88	1,88	2,39	0,35	3,54	3,54	2,48	9,55
Reactor de lodos activados	1	1	3,93	3,93	3,42	0,35	15,47	15,47	10,83	41,76
Lechos de secado	1	1	1,71	1,71	0,02	0,35	2,92	2,92	2,05	7,89
Elementos móviles										
Operarios	1				1,65	0,35	0,50			
Superficie total										110,83 m²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36. Cálculo del área de producción

Área producción										
Elementos fijos	n	N	L (m)	A (m)	H (m)	k	SS (m²)	SG (m²)	SE (m²)	ST (m²)
Tolvas de almacenamiento	1	2	1,80	1,80	3,40	0,45	3,24	6,48	4,37	14,09
Elevador de cangilones	1	1	2,10	0,73	2,35	0,45	1,53	1,53	1,38	4,45
Limpiadora industrial	1	2	3,80	0,98	1,60	0,45	3,72	7,45	5,03	16,20
Cortadora industrial	1	1	1,75	1,25	1,60	0,45	2,19	2,19	1,97	6,34
Mezcladora industrial	1	1	2,20	1,00	1,40	0,45	2,20	2,20	1,98	6,38
Separador de hidrociclón	5	2	0,84	0,84	1,20	0,45	0,71	1,41	0,95	15,35
Sedimentador	3	2	1,80	1,90	1,90	0,45	3,42	6,84	4,62	44,63
Secador industrial de almidón	1	2	1,00	1,10	5,00	0,45	1,10	2,20	1,49	4,79
Molino de almidón	1	2	1,20	1,20	1,60	0,45	1,44	2,88	1,94	6,26
Dosificadora automática de almidón	1	1	3,10	1,10	3,10	0,45	3,41	3,41	3,07	9,89
Mesa de trabajo	3	2	1,20	1,55	1,15	0,45	1,86	3,72	2,51	24,27
Elementos móviles										
Operarios	5				1,65	0,45	0,50			
Superficie total										152,65 m²

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 19.

1	Área administrativa																		
2	Área de almacén de materia prima	I 3																	
3	Área de almacén de producto terminado	E 7	I 3																
4	Área de control de calidad	A 3	A 3	I 1															
5	Área de tratamiento	O 3	U 1	A 1	U 1														
6	Área de embarque y patio de maniobra	U 1	U 8	U 1	U 1	A 1													
7	Área de mantenimiento	U 8	U 1	A 7	A 3	U 8													
8	Área de producción	A 1	U 8	U 8	U 8	U 8													
9	Área de servicios higiénicos	X 2																	

Figura 5. Distribución SLP

Fuente: Elaboración propia. En base a Muther & Hales [48]

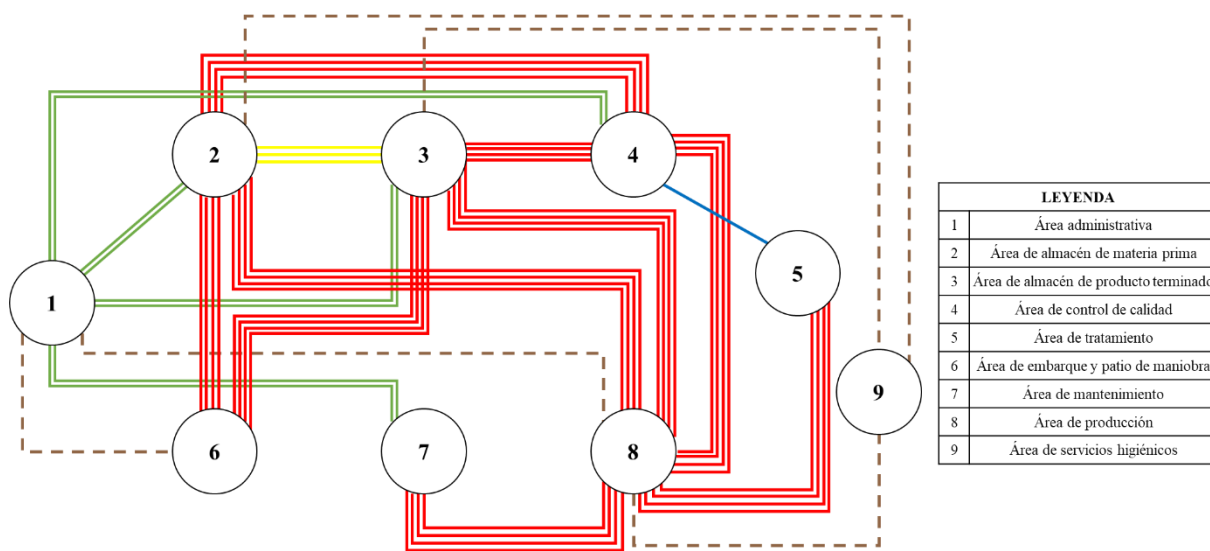
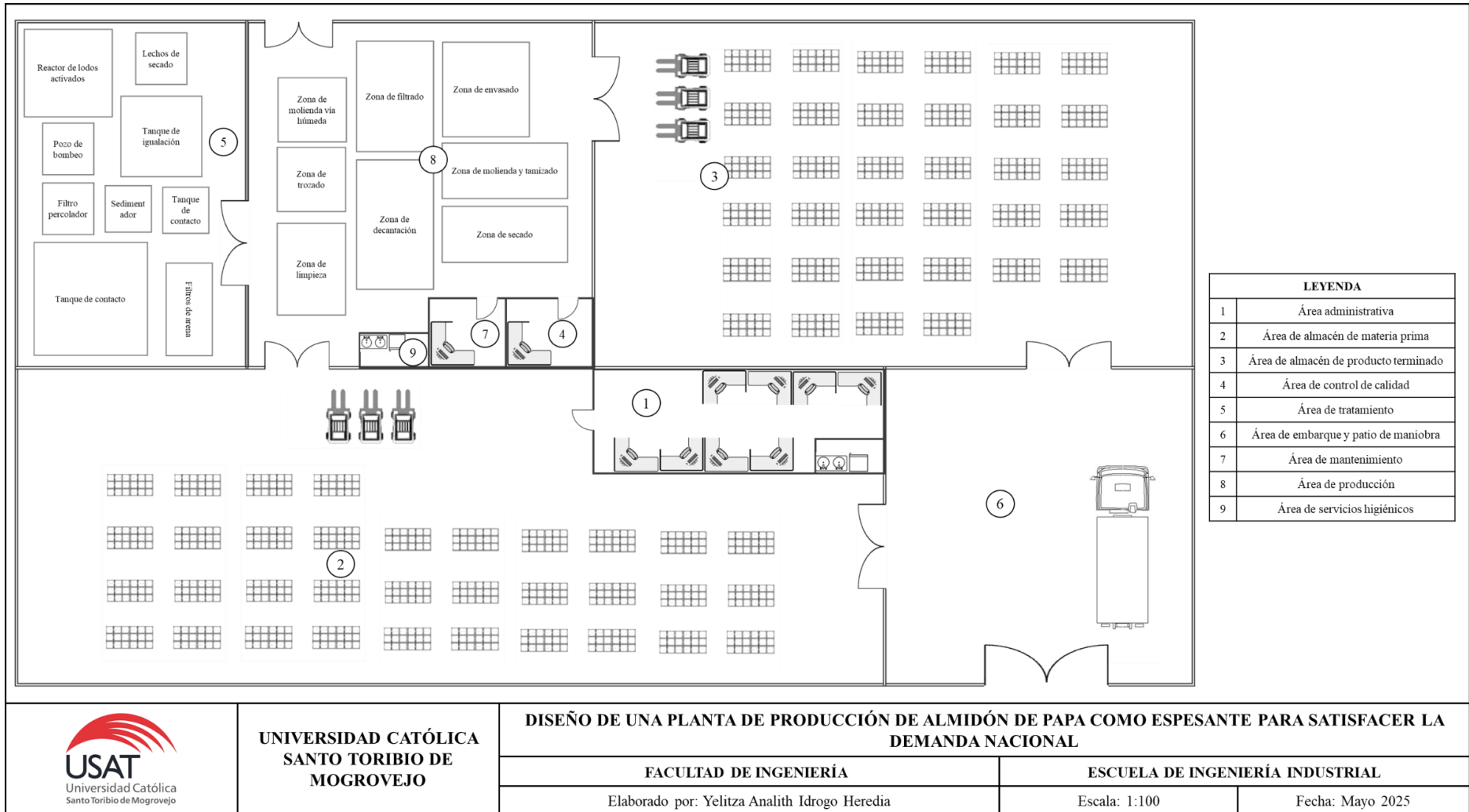


Figura 6. Diagrama relacional de actividades

Fuente: Elaboración propia. En base a Muther & Hales [48]

Anexo 20.



DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA COMO ESPESANTE PARA SATISFACER LA DEMANDA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Elaborado por: Yelitza Analith Idrogo Heredia

Escala: 1:100

Fecha: Mayo 2025

Figura 7. Plano de la planta productora de almidón de papa

Fuente: Elaboración propia