

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Diseño de una línea de producción de harina de arroz a partir de
subproductos de una industria arrocera”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA DE ALIMENTOS

Presentado por:

Adriana Xiomara Llaque Hurtado

Liliana Carolina Santos Enríquez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

A Dios por permitirme alcanzar este logro y ser mi mayor fortaleza en todo momento.

A mis padres, Jesica y Víctor por sus valiosos consejos, su guía y apoyo incondicional, por su amor y sus palabras de aliento que me motivaron a seguir adelante y alcanzar mi objetivo.

A mis abuelitos quienes siempre estuvieron para apoyarme y con su sabiduría supieron brindarme grandes consejos de vida.

Y a mi familia en general, por enseñarme lo afortunada que soy al tenerlos unidos y estar presentes en cada logro alcanzado.

Adriana Xiomara Llaque Hurtado

A Dios, a mis padres Anita y Roberto y a mis hermanos por su apoyo durante esta etapa.

Liliana Carolina Santos Enríquez

AGRADECIMIENTO

A nuestro director de tesis, PhD. A. Sócrates Palacios por su guía, paciencia, confianza y apoyo constante.

A la MSc. Haydee Torres, al MSc. Marco Tulio Mejía y a los docentes que fueron parte de nuestra formación académica por sus enseñanzas, tiempo y dedicación.

A la empresa Portiarroz S.A. por la oportunidad brindada.

A nuestros compañeros a lo largo de esta etapa por sus explicaciones, apoyo y amistad.

Liliana y Xiomara

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Adriana Llaque Hurtado y Liliana Santos Enríquez damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Adriana Llaque Hurtado', written in a cursive style with a horizontal line underneath.

Adriana Llaque Hurtado

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Liliana Santos Enríquez', written in a cursive style with a vertical line extending downwards from the end.

Liliana Santos Enríquez

EVALUADORES



MSc. Haydeé Torres Camba

PROFESOR DE LA MATERIA



Firmado electrónicamente por:
0920146016 ARTURO
SOCRATES PALACIOS
PONCE

PhD. A. Sócrates Palacios Ponce

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto propone el diseño de una línea de proceso mediante la metodología de Muther, utilizando subproductos del arroz pilado para la producción de harina de arroz, que a su vez sea aprovechada como materia prima de una bebida instantánea, con la finalidad de aumentar la cartera actual de productos de una industria arrocera, mejorando su competitividad y con expectativas de expandir su mercado objetivo.

Para lograr los objetivos propuestos se consideraron cuatro fases. Se inició con la recopilación de información que incluyó el diseño actual de la línea y su espacio disponible. En la siguiente fase, se centró en el desarrollo de la formulación de un producto instantáneo mediante programación lineal. Luego, se aplicó la metodología SLP, obteniéndose el diagrama de recorrido por producto y el diagrama de relación de actividades para generar una alternativa de diseño desarrollada en un software.

La capacidad de la línea dimensionada fue de 600 kg/batch de harina, que permite una producción de 1200 unidades/batch y hasta 10 lotes por semana. El diseño propuesto se basa en el proceso de molienda húmeda y la distribución de sus etapas sigue un flujo en forma de U permitiendo la mayor flexibilidad durante las operaciones.

Finalmente, se analizó la factibilidad económica de la propuesta, reflejando una inversión de \$142,589.06, un TIR de 37% y un período de recuperación de 3 años con utilidades desde el primer año. Concluyendo con una propuesta rentable que cumple con las normativas de higiene y seguridad alimentaria.

Palabras Clave: harina de arroz, SLP, molienda húmeda, diseño, bebida instantánea

ABSTRACT

This project proposes the design of a process line from milled rice by-products to produce rice flour using the Muther method, which will later be used as raw material for an instant drink, to increase the current product portfolio of a rice industry, improve its competitiveness and expand its target market.

To achieve the proposed objectives, four phases were considered. First, it began with the information gathering that included the current design of the line and its available space. In the next phase, the methodological study focused on the development of the formulation of an instant product using linear programming. The SLP method was applied, in which both, the operation process chart and the relationship chart, were obtained to design a software developed alternative.

The capacity of the production line was determined to be 600 kg/batch of flour, therefore allowing a production of 1200 units/batch and up to 7 batches per week. The proposed design uses a wet grinding process, and its stages follows a U-shaped distribution flow allowing the greatest flexibility during operations.

Finally, the project's financial feasibility was analyzed, reflecting an investment of \$142,589.06, an IRR of 37% and a 3-year payback period with profits from the first year. Concluding with a profitable proposal that complies with hygiene and food safety regulations.

Keywords: *rice flour, SLP, wet grinding, layout, instant drink*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
1.4 Marco Teórico	3
1.4.1 Proceso de producción de arroz pilado.....	3
1.4.2 Proceso de producción de harina de arroz.	5
1.4.3 Equipos para la elaboración de harina de arroz	7
1.4.4 Productos de la línea de producción.....	7
1.4.5 Diseño de las instalaciones	9
1.4.6 Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)	10
1.4.7 Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)	10
CAPÍTULO 2.....	11
2. METODOLOGÍA.....	11
2.1 Formulación del producto.....	11
2.2 Planeación sistemática de la producción	13
2.2.1 Diagramas de proceso.....	13
2.2.2 Diagrama de flujo de proceso	13
2.2.3 Diagrama de recorrido sencillo	13
2.2.4 Análisis de flujo de producción de subproductos	14
2.2.5 Diagrama de relación de actividades	14

2.2.6	Estimación de los espacios requeridos para el dimensionamiento de la línea	15
2.2.7	Evaluación de distribución del área de producción en la planta.....	19
2.2.8	Requisitos para el diseño y establecimiento de una línea de producción ..	19
2.3	Generación de alternativas de distribución	20
2.4	Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas	20
2.4.1	Estimación de costos	22
2.4.2	BPM	22
2.4.3	HACCP	22
CAPÍTULO 3.....		24
3.	RESULTADO Y ANÁLISIS	24
3.1	Formulación del producto.....	24
3.2	Planeación sistemática de la producción	26
3.2.1	Diagrama de flujo de proceso	26
3.2.2	Diagrama de recorrido sencillo	28
3.2.3	Análisis de flujo de producción de subproductos	28
3.2.4	Diagrama relacional de actividades	29
3.2.5	Selección de equipos.....	30
3.2.6	Necesidades de espacio.....	37
3.3	Generación y selección de alternativa de distribución	38
3.4	Costos	43
3.4.1	Costos y depreciación de equipos	43
3.4.2	Costos de consumo de energía eléctrica.....	43
3.4.3	Costos de producción	43
3.4.4	Punto de equilibrio	47
3.4.5	Análisis financiero	47
3.5	BPM	48
3.5.1	Condiciones de almacenamiento.....	48
3.5.2	Limpieza y sanitización	49
3.5.3	Manejo de residuos.....	49
3.6	HACCP.....	49
CAPÍTULO 4.....		51

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
4.1. Conclusiones	51
4.2. Recomendaciones	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53
APÉNDICES.....	59

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SLP	Systematic Layout Planning
ARCSA	Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria
BPM	Buenas Prácticas de Manufactura
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points
ASME	American Society of Mechanical Engineers
HR	Humedad Relativa
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ESPAC	Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
FAO	Food and Agriculture Organization
FDA	Food and Drug Administration
BOPP	Polipropileno biorientado
PCC	Punto Crítico de Control
TRA	Tabla Relacional de Actividades
USDA	Departamento de Agricultura de Estados Unidos
TCR	Total Closeness Rating
VAN	Valor actual neto
TMAR	Tasa Mínima Aceptable de Rentabilidad
TIR	Tasa Interna de Retorno

SIMBOLOGÍA

kg	Kilogramo
g	Gramo
pH	Potencial de Hidrógeno
c	Número máximo permitido de unidades
n	Número de unidades de muestra requeridas
m	Límite microbiológico que separa lo aceptable de la rechazable
M	Valor límite de recuento microbiano
NMP	Número más probable
UFC	Unidades formadoras de colonia
UPC	Unidades propagadoras de colonia
Ca	Calcio
m	Metro
mm	Milímetro
µm	Micrómetro
m ²	Metro cuadrado
ton	Toneladas
s	Segundos
h	Horas
W	Watts
J	Joules
°C	Grados Celsius
K	Kelvin
ml	mililitro

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama del proceso de producción de arroz	3
Figura 1.2 Diagrama general para elaboración de harina de arroz	6
Figura 1.3 Procedimiento SLP desarrollado por Muther	9
Figura 2.1 Símbolos ASME utilizados en el diagrama de recorrido.....	14
Figura 2.2 Ejemplo modelo de tabla relacional de actividades de Muther.....	15
Figura 2.3 Energía entre las diferentes teorías de la molienda	16
Figura 2.4 Representación de necesidades de espacio	19
Figura 2.5 Ejemplo de layout en Corelap	20
Figura 2.6 Árbol de decisiones para identificar los PCC.....	23
Figura 3.1 Información nutricional bebida instantánea	25
Figura 3.2 Sistema gráfico para etiquetado del producto	26
Figura 3.3 Diagrama de flujo del proceso	27
Figura 3.4 Diagrama de recorrido sencillo por producto	28
Figura 3.5 Diagrama relacional de actividades.....	30
Figura 3.6 Localización del área disponible en la empresa	38
Figura 3.7 Ratio Total de Proximidad	39
Figura 3.8 Layout de la planta generado por Corelap	39
Figura 3.9 Layout de la línea con los nombres de las etapas.....	40
Figura 3.10 Layout de propuesta mejorada.....	40
Figura 3.11 Propuesta de línea de producción	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Funciones de los equipos	7
Tabla 1.2 Productos de la línea de producción.....	8
Tabla 1.3 Principales especificaciones técnicas para harina de arroz.....	8
Tabla 2.1 Restricciones	12
Tabla 2.2 Requisitos microbiológicos de la harina de arroz	20
Tabla 2.3 Requisitos físicos y químicos de harina de arroz.....	21
Tabla 2.4 Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos de mezclas en polvo....	21
Tabla 3.1. Formulación de bebida instantánea.....	25
Tabla 3.2 Clasificación de equipos para diferentes tipos de molienda	31
Tabla 3.3 Especificaciones técnicas de molino de rodillos	32
Tabla 3.4 Propiedades mecánicas del arroz quebrado, soya y maíz	33
Tabla 3.5 Características molino jet	34
Tabla 3.6 Áreas de las etapas de producción.....	37
Tabla 3.7 Costos de producción de harina de arroz	44
Tabla 3.8 Costos de producción de bebida instantánea.....	45
Tabla 3.9 Punto de equilibrio para harina y bebida instantánea	47
Tabla 3.10 Condiciones de almacenamiento de materia prima y producto terminado.....	48
Tabla 3.11 Descripción de productos de limpieza	49

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

El arroz es un grano de cereal proveniente de la semilla *Oryza sativa L.*, un alimento básico en la mayoría de los países, siendo fuente principal de nutrientes en la ingesta diaria de la población. Este cereal es rico en almidón, aproximadamente en un 90%; sin embargo, su contenido de proteínas, vitaminas y minerales no es representativo (Muthayya et al., 2014).

En el año 2010, la producción de arroz en el Ecuador ocupó el puesto 26, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO). Además, a partir de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) realizada en el 2019 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) se reportó al arroz con un 30.82% de participación en la superficie sembrada total, catalogándose como el segundo cultivo de mayor producción luego del maíz duro seco, por ello forma parte de las actividades agrícolas principales en el país. Por otro lado, también se reportan las provincias que presentan una mayor superficie sembrada de arroz, siendo el Guayas la provincia principal seguida de Los Ríos (INEC- ESPAC, 2019).

La industria arrocera Portiarroz S.A. situada en la ciudad de Milagro ofrece al mercado, arroz natural, arroz envejecido y arroz integral. Actualmente la empresa presenta un excedente de granos partidos considerados como subproductos que no representan un valor comercial.

1.2 Justificación del problema

La mayoría de las empresas del sector arrocero venden los subproductos generados en la producción de arroz. Sin embargo, el precio que reciben de la venta no genera ingresos considerables a la empresa como tal, por lo que se plantea en el presente proyecto diseñar una línea de producción de harina de arroz, aprovechando el excedente de subproductos de la industria arrocera auspiciante, tales como arrocillo grueso, fino y yelen, considerando las normativas de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y un plan de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP). Esto permitiría el incremento de productos que la empresa ofrece al mercado a partir de los subproductos generados en los actuales procesos que no cuentan con una retribución comercial favorable para la empresa.

De esta manera se extiende el mercado objetivo y potencial que incrementarían los ingresos, a su vez generando mayores plazas de empleo, contribuyendo a la matriz productiva del país. Esta propuesta también puede orientar a otras empresas de escala industrial que presenten una problemática similar.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una línea de proceso a partir de subproductos del arroz pilado para la producción de harina de arroz mediante la metodología de Muther.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar el flujo de materiales y distribuciones actuales de la línea de proceso del pilado de arroz para la identificación de espacio disponible.
- Proponer el diseño de una línea de producción de harina planteando sus condiciones de procesos para incrementar la cartera de productos que la empresa ofrece al mercado.
- Estimar los costos de producción para una presentación de 500 g a partir de subproductos obtenidos del pilado del arroz.

1.4 Marco Teórico

Esta sección se basará en el detalle de la producción de arroz pilado y harina de arroz, además del método a utilizar para el diseño de una línea en las instalaciones tomando en cuenta los conceptos sobre los principios de BPM y HACCP.

1.4.1 Proceso de producción de arroz pilado

El pilado de arroz cáscara consiste en la separación de la cáscara, salvado o polvillo, y el embrión correspondiente a la estructura externa de la cariósida, manteniéndose la porción comestible que se refiere al endospermo, después de este proceso se obtiene arroz pulido apto para el consumo con un porcentaje mínimo de impurezas y grano quebrado en el producto final (Dhankhar, 2014; Najjar A. & Alvarez Merino, 2007).

En la Figura 1.1 se detalla el proceso del arroz y generación de subproductos que pueden ser aprovechables para la producción de harina. Cabe mencionar que dependiendo del producto que se esté procesando cambian las condiciones del proceso.

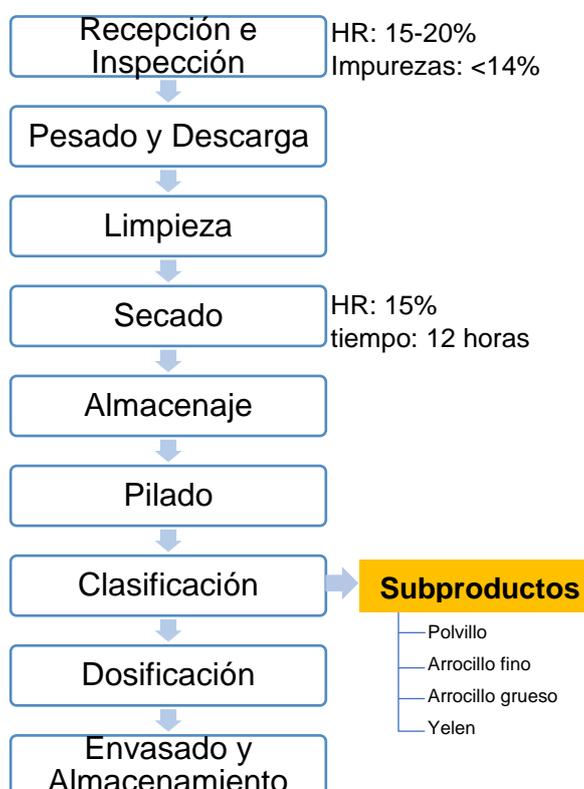


Figura 1.1 Diagrama del proceso de producción de arroz [Dhankhar, 2014; Najjar A. & Alvarez Merino, 2007]

Recepción e Inspección

Diferentes variedades de arroz cáscara después de su cosecha llegan del campo a la planta industrial en camiones cargados al granel. Se realizan los controles de calidad respectivos y se verifica que la materia prima cumple con los requisitos establecidos según la NTE INEN 186.

Pesado y Descarga

Los vehículos certificados por control de calidad son pesados en una báscula y se entrega el certificado del peso al proveedor. Posteriormente, se utiliza una volteadora automática de camiones que permite liberar el producto a granel en una tolva.

Limpieza

La limpieza del arroz cáscara se basa en eliminar impurezas tales como pajas, polvo, piedras, entre otros (Nambi et al., 2017). Para tal efecto, se utilizan equipos como sacapiedras y una tolva de recepción que contiene cribas que permite la separación de estas impurezas.

Secado

Este proceso es de gran importancia ya que requiere de un tiempo aproximado de 12 horas, puesto que, si el secado es muy lento, es propenso el desarrollo de microorganismos por un contenido de humedad alto. Por otro lado, si el secado es muy acelerado el grano puede sufrir daños en su cariósido y por el excesivo calor causar la muerte del embrión (Dhankhar, 2014); el contenido de humedad medio esperado al final de la etapa es del 10% (Pourbagher et al., 2018).

Almacenaje

Las condiciones recomendadas son temperaturas entre 17 – 18 °C, humedad relativa del aire por debajo de 70% y almacenamiento en niveles bajos de oxígeno. Esto mitiga el riesgo en la degradación del grano y permite un período de almacenamiento más largo (Najar A. & Alvarez Merino, 2007).

Pilado

El proceso de pilado comienza con la remoción de la cáscara conocido como descascarillado, que consiste en la separación mecánica de la cáscara de los granos de arroz, obteniéndose arroz integral (Nambi et al., 2017). El arroz que mantiene su cáscara regresa a la descascaradora, y el arroz descascarillado pasa al proceso de pulido y abrillantado, donde se remueven los tegumentos y el embrión con el objetivo de blanquear y darle un aspecto brillante (Najar A. & Alvarez Merino, 2007).

Clasificación

En esta etapa se eliminan las impurezas del arroz pilado y posteriormente el grano de arroz es clasificado por su tamaño, separándose de los granos quebrados, como son, el arrocillo fino, grueso y yelen, considerados subproductos (Dhankhar, 2014).

Dosificación

Proceso en el cual se mezcla el arroz pilado de grano largo con un porcentaje de arroz quebrado de acuerdo con las necesidades del cliente (Dhankhar, 2014).

Envasado y Almacenamiento

El producto es envasado en sacos BOPP (Polipropileno biorientado), los cuales deben cumplir con los requisitos estipulados en la NTE INEN 1234. Se pueden obtener distintas presentaciones, ya sea quintal, libras o kilos (Dhankhar, 2014).

1.4.2 Proceso de producción de harina de arroz.

La harina de arroz se produce a partir de granos enteros o partidos de arroz integral o blanco (Kim, 2013). Se muestra un diagrama general de la elaboración de harina de arroz en la Figura 1.2.

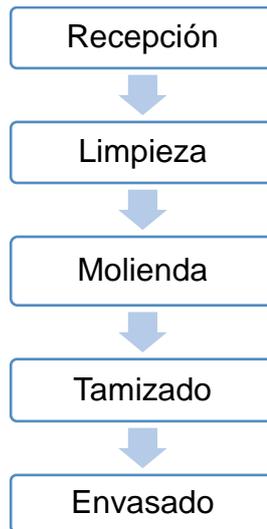


Figura 1.2 Diagrama general para elaboración de harina de arroz [Joy, 2016; Kim, 2013]

Limpieza

Las impurezas del arroz se eliminan para evitar la contaminación del producto final (Dávila & Herrera, 2019).

Molienda

Los tipos de molienda más comunes son la húmeda y la seca. La molienda húmeda consiste en una hidratación del grano de arroz por un tiempo prolongado para ablandar la estructura interna del grano y realizar una molienda, luego se filtra y se seca en hornos de aire caliente hasta obtener un contenido de humedad inferior al 12% y finalmente realizar una molienda final (Asmeda et al., 2015). Mientras que, la molienda seca consiste directamente en la trituración del grano (Joy, 2016).

Tamizado

En esta etapa se utiliza un tamiz con el fin de obtener un tamaño de partícula homogéneo (Liaotrakoon et al., 2014).

Envasado

El producto es envasado en fundas de BOPP ya que el contenido de humedad en la harina es una de las características a controlar (Raheem, 2016).

1.4.3 Equipos para la elaboración de harina de arroz

La Tabla 1.1 detalla los equipos relacionados a un proceso de producción de harina de arroz.

Tabla 1.1 Funciones de los equipos

Equipo	Funciones
Dosificadora	El equipo consta de una tolva donde se almacena la materia prima y dispone de una balanza electrónica que permite pesar y dosificar cantidades hacia una línea de proceso (Oviedo, 2012).
Zaranda	El equipo separa impurezas mediante movimientos vibratorios utilizando múltiples tamices dependiendo de los requerimientos (Aguirre & Peske, 1988).
Molino martillo	Reduce el tamaño de partícula mediante una acción mecánica. El arroz se introduce en una carcasa y un rotor, que contiene varios martillos en su periferia, golpea el material hasta que es lo suficientemente pequeño para pasar a través de una pantalla perforada (Kim, 2013).
Tamizadora	Permite separar partículas finas de sólidas de mayor tamaño mediante un proceso impulsado por gravedad. Se utiliza una serie de tamices de diferentes tamaños de aberturas para ayudar en el tamizado de las partículas sólidas (Toledo, 2017).
Envasadora	Equipo que dosifica la harina de arroz en diferentes presentaciones según los requisitos de producción (Samfull, 2020).

Fuente: Elaboración Propia

1.4.4 Productos de la línea de producción

En la Tabla 1.2 se detallan los productos comercializados actualmente por la industria arrocera Portiarroz S.A., en donde, a partir de los subproductos arrocillo fino, grueso y yelen, se pretende obtener harina de arroz como nuevo producto, el cual deberá cumplir con los requisitos establecidos en la NTE INEN 3050 para harina de arroz que se mencionan en la Tabla 1.3.

Tabla 1.2 Productos de la línea de producción

Tipos de arroz	Especificaciones	Ilustración
Arroz Natural	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad: 10.5 – 11% • Quebrado: 5 – 20% • Yesos: < 5% • Longitud: 7 mm 	
Arroz envejecido o procesado	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad: 10.5 – 11% • Quebrado: 3 – 15% • Yesos: < 5% • Longitud: 7 mm 	
Arroz Integral	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad: 10.5 – 11% • Quebrado: < 5% • Longitud: 7 mm 	
Subproductos <ul style="list-style-type: none"> • Arrocillo grueso • Arrocillo fino • Yelen • Polvillo 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de arroccillo en yelen y polvillo 	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1.3 Principales especificaciones técnicas para harina de arroz [INEN, 2016]

Producto	Especificaciones	Ilustración
Harina de arroz	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad: <12% • Mín. 85% de harina debe tener un tamaño de partícula de 180 µm. 	

1.4.5 Diseño de las instalaciones

La base para el desempeño de los procesos de producción es el acertado flujo de trabajo que implica la división y organización de este (Kikolski & Ko, 2018). El diseño de las instalaciones tiene como propósito utilizar eficientemente la infraestructura disponible considerando el procesamiento desde la recepción de la materia prima hasta la distribución del producto final abarcando las interacciones entre el personal, los materiales y la maquinaria (Rosińska & Chillara, 2017).

Planeación sistemática de la producción

Richard Muther desarrolló uno de los métodos más utilizados en el diseño o rediseño de instalaciones, el método SLP Systematic Layout Planning, que consiste en tres etapas: análisis, búsqueda y selección del diseño detalladas en la Figura 1.3. Además, tiene en cuenta factores como producto (P), cantidad (Q), recorrido (R), servicios (S) y tiempo (T) proporcionando así un diseño mejorado del flujo de producto en la planta (Chen, 2016; Shanthpure & Shivakumar, 2017).

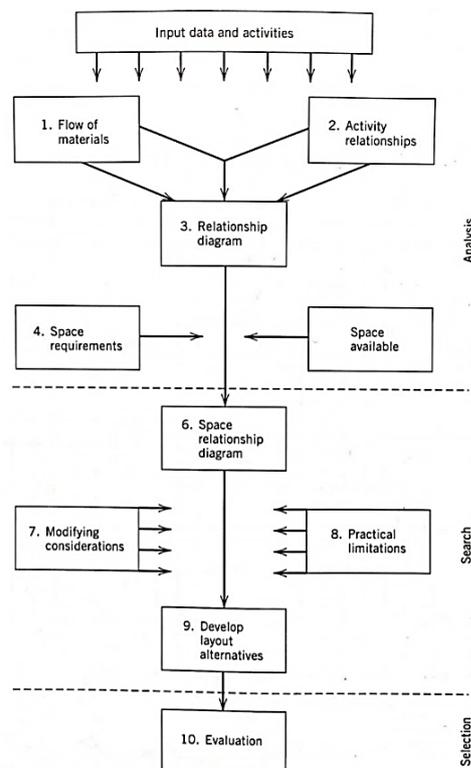


Figura 1.3 Procedimiento SLP desarrollado por Muther [Rosińska & Chillara, 2017]

1.4.6 Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Las Buenas Prácticas de Manufactura representan requerimientos mínimos para garantizar que un alimento, el cual ha pasado por procesos de preparación, envasado, almacenamiento y distribución, sea inocuo y apto para el consumo. La finalidad de estas medidas preventivas es asegurar que el producto terminado es elaborado bajo condiciones higiénicas adecuadas para reducir los riesgos potenciales significativos durante el procesamiento (Díaz & Uría, 2009).

1.4.7 Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)

Es un sistema preventivo para asegurar la calidad que identifica, analiza y controla los peligros físicos, químicos, biológicos que sean significativos en las diferentes etapas del procesamiento. El plan HACCP debe ser documentado para evidenciar el control de los peligros significativos en las etapas que sean considerados como Puntos Críticos de Control (PCC) y tener un registro de los procedimientos que se lleven a cabo en la planta para garantizar que el PCC está controlado (Codex alimentarius, 2003; Díaz & Uría, 2009).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La metodología de trabajo se basó en las siguientes actividades: recopilación de datos, formulación de un producto, metodología SLP y análisis de costos con un proceso de selección de alternativa viable. El estudio metodológico se centró en el desarrollo de la formulación de un producto instantáneo utilizando programación lineal y en el diseño de la línea de proceso mediante la metodología SLP, en la cual se desarrollaron los distintos diagramas y matrices como, diagrama de flujo de proceso, diagrama de recorrido sencillo, matriz de relación de actividades y tabla de espacios requeridos.

Finalmente se generó una alternativa de distribución, considerándose la cantidad, dimensiones de los equipos implementados y áreas requeridas para sus operaciones, además del flujo de proceso que sigue la línea, el cuál se analizó en base a criterios de seguridad alimentaria y costos.

2.1 Formulación del producto

La formulación se focaliza en el aprovechamiento de los subproductos del arroz pilado dándoles un valor agregado, por ello se desea obtener una bebida instantánea a partir de harina de arroz. El proyecto se enfoca en obtener inicialmente como materia prima a la harina para posteriormente elaborar la bebida.

Los ingredientes considerados para la formulación de la bebida instantánea son: harina de arroz, cacao en polvo, panela granulada, goma xantana (estabilizante), ácido cítrico (conservante) y fosfato tribásico de calcio; este último componente es utilizado para la fortificación de calcio en la bebida al 45%.

Además, se tuvo como propósito maximizar el porcentaje de proteína total (2.1), puesto que es el macronutriente de menor disponibilidad en el producto; la información nutricional de cada uno de los ingredientes, en base a 100 gramos, fue adquirida en la base de datos USDA Food Composition.

$$\text{Max } Z: 0,1333X_1 + 0,25X_2 \quad (2.1)$$

Mediante programación lineal utilizando la herramienta Solver, se planteó un sistema de ecuaciones para encontrar la cantidad requerida de cada ingrediente de la formulación como se muestra en la Tabla 2.1, considerando valores mínimos y máximos que se presentan a continuación como restricciones del sistema, los cuales son recomendados en referencias bibliográficas:

Tabla 2.1 Restricciones

N° Restricción	Ecuación y/o desigualdades de restricción	Referencias
R_1	$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 = 100$	-
R_2	$3 \leq X_2 \leq 13$	(Dolan et al., 1996)
R_3	$30 \leq X_3 \leq 50$	(Dolan et al., 1996; Mitchell et al., 1988)
R_4	$0.02 \leq X_4 \leq 0,5$	(Dolan et al., 1996; Padma et al., 2018)
R_5	$0.8 \leq X_6 \leq 4$	(De la Paz Castro & Coello Ojeda, 2012)

Fuente: Elaboración Propia

Donde,

X_1 : Harina de arroz (%)

X_2 : Cacao en polvo (%)

X_3 : Panela granulada (%)

X_4 : Goma xantana (%)

X_5 : Fosfato tribásico de calcio (%), este valor depende del resultado que se obtenga en los cálculos de la fortificación.

X_6 : Ácido cítrico (%)

2.2 Planeación sistemática de la producción

Esta metodología se aplicó inicialmente con el análisis de recorrido sencillo y la relación entre actividades de las etapas del proceso de harina de arroz para recopilarse información, permitiendo la evaluación de las dimensiones necesarias para cada espacio considerando utensilios y maquinaria.

2.2.1 Diagramas de proceso

Cualquier proceso de fabricación se puede visualizar mejor representando el proceso en forma de gráfico visual. Estos gráficos muestran cómo fabricar el producto por etapas, los equipos y herramientas que se planean utilizar, y otras actividades como movimiento, controles de calidad, almacenamientos, etc, (Kiran, 2019a). Los utilizados para el presente proyecto fueron:

- Diagrama de flujo de proceso
- Diagrama de operaciones de proceso (Diagrama de recorrido sencillo)

2.2.2 Diagrama de flujo de proceso

Es una representación esquemática del flujo de un producto en particular a lo largo de diferentes secuencias de operación sin referencia a la ubicación geográfica de estas estaciones de trabajo (Kiran, 2017).

Tomando como referencia el proceso de la molienda húmeda (Kim, 2013), se bosquejó el flujo de proceso indicándose además los parámetros de tiempos, temperaturas y condiciones de tamaños de partícula durante las distintas etapas del proceso operativo.

2.2.3 Diagrama de recorrido sencillo

Para visualizar una línea de proceso de varios productos, se realizó un diagrama de recorrido sencillo por cada producto. Para ello, se tomaron en cuenta el impacto de dos parámetros, estos fueron flujo de proceso y carga de trabajo (Carrie, 1975).

El número de estaciones de trabajo y el tipo de maquinaria se definieron en función de tiempos operativos y cantidades requeridas en el proceso (Carrie, 1975). Para el desarrollo del diagrama de recorrido sencillo se emplearon los símbolos

estandarizados por la American Society of Mechanical Engineers (ASME), como se muestra en la Figura 2.1.

<i>Símbolo</i>	<i>Categoría</i>	<i>Descripción</i>
○	Operación	Transformación de material, fase de trabajo, montaje, acciones que producen algo (no necesariamente partes de producto pero documentos, por ejemplo)
➔	Transporte	Transporte de materiales o documentos
□	Control	Inspección o revisión de calidad
D	Espera	Suspensión temporal de actividades
▽	Almacenamiento	Almacenamiento de material o producto
◻	Actividades interconectadas	Fase compuesta

Figura 2.1 Símbolos ASME utilizados en el diagrama de recorrido [Bertolini et al., 2006]

2.2.4 Análisis de flujo de producción de subproductos

La cantidad generada mensualmente de subproductos fue obtenida mediante un análisis de producción anual a partir del cual se obtuvo el porcentaje que representa el arrocillo fino, grueso y yelen, y así estimar el flujo de entrada que permita conocer la capacidad aproximada de los equipos que se deben implementar.

2.2.5 Diagrama de relación de actividades

La elaboración de este diagrama permitió valorar las necesidades de proximidad entre cada una de las etapas del proceso de elaboración de harina de arroz estableciendo relaciones en base a diferentes criterios (Casp, 2005); estos se muestran en la Figura 2.2 junto a un ejemplo propuesto por Muther utilizado para realizar el diagrama de relación de actividades de la línea de proceso.

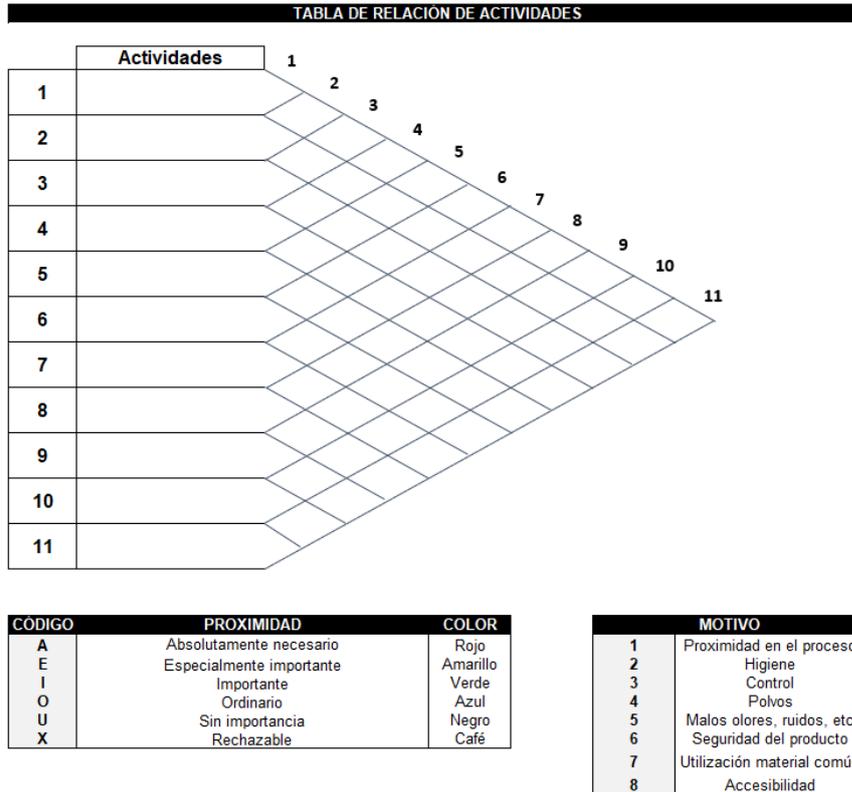


Figura 2.2 Ejemplo modelo de tabla relacional de actividades de Muther [Casp, 2005]

2.2.6 Estimación de los espacios requeridos para el dimensionamiento de la línea

Selección de equipos

La selección de equipos se determinó en base al promedio mensual de materia prima disponible y costos de equipos, considerando la capacidad de producción, el consumo energético y la serie de tiempos de producción para la factibilidad de la propuesta. Se consideraron tres etapas clave dentro del proceso que son molienda gruesa, secado y molienda fina.

Para la primera etapa de molienda gruesa, se calculó la potencia utilizando la (2.2) y la Figura 2.3 de energía entre las diferentes teorías de la molienda reportada por Loubes, 2015.

$$E = \frac{P}{\dot{m}} \tag{2.2}$$

Donde,

\dot{m} : velocidad de alimentación (ton/h)

E: Energía (kWh/ton)

P: Potencia (kW)

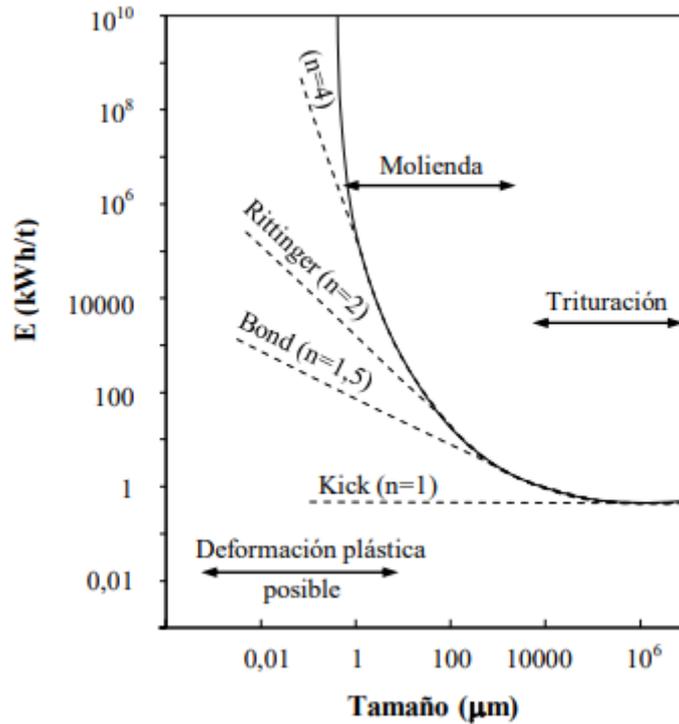


Figura 2.3 Energía entre las diferentes teorías de la molienda [Loubes, 2015]

Para la etapa de molienda fina se calculó la potencia necesaria utilizando datos de una prueba preliminar y se comparó con las características que ofrecen diferentes proveedores; esto se realizó igualando las ecuaciones (2.2) y (2.3) (Ley de Rittinger) para obtener la potencia (2.4).

$$E = k \left(\frac{1}{d_f} - \frac{1}{d_i} \right) \quad (2.3)$$

$$P = \dot{m} k \left(\frac{1}{d_f} - \frac{1}{d_i} \right) \quad (2.4)$$

Donde,

\dot{m} : velocidad de alimentación (*ton/h*)

d_i : Diámetro equivalente inicial del arrocillo (Forma geométrica del arroz - cilindro) (*mm*)

d_f : Diámetro final (*mm*)

k: Constante de Rittinger

Los cálculos relacionados a la etapa de secado se basaron en la estimación de los tiempos de secado en la etapa de velocidad constante por transferencia de calor (2.5) y en la etapa de velocidad decreciente por difusión (2.6) analizando estos resultados con los datos proporcionados en las fichas técnicas de proveedores y seleccionando el equipo que mejor se ajusta a las características que se requiere.

$$t_c = \frac{H_L(w_o - w_c)}{hA(T_a - T_s)} \quad (2.5)$$

Donde:

t_c : Tiempo de secado en etapa de velocidad constante (s)

H_L : Calor latente de vaporización del agua a la temperatura de bulbo húmedo del aire caliente (*kJ/kg agua*)

h : Coeficiente de transferencia de calor convectivo (*W/m²K*)

A : Área superficie del producto expuesto al aire caliente (*m²*)

w_o : Humedad inicial (*kg agua/kg de sólidos secos*)

w_c : Humedad crítica (*kg agua/kg de sólidos secos*)

T_a : Temperatura del aire caliente (*°C*)

T_s : Temperatura de la superficie del producto (*°C*)

El tiempo de secado en la etapa de velocidad decreciente depende en gran medida de la geometría de la partícula, por lo que para el presente proyecto se consideró la partícula como una esfera.

$$t_F = \frac{d_c^2}{\pi^2 D} \ln \left[\frac{6}{\pi^2} \left(\frac{w_c - w_e}{w - w_e} \right) \right] \quad (2.6)$$

Donde:

t_F : Tiempo de secado en etapa de velocidad decreciente (s)

d_c : Dimensión característica, radio de la esfera (m)

D: Difusividad másica del agua en el alimento ($2 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$)

w: Humedad final del producto

w_e : Humedad de equilibrio del producto

El tiempo de secado total es la suma del tiempo de secado en la etapa de velocidad constante y decreciente.

Por otro lado, el criterio de selección para la mezcladora en V, cuyas especificaciones se detallan en el apéndice D-VI, fué en base a la capacidad de operación proyectada para la elaboración del producto. La presentación final del producto es de 500 g en fundas de BOPP (Polipropileno biorientado) metalizado.

Necesidades de espacio

Adicionalmente, se realizó una tabla de necesidades de espacios, donde cada actividad fue tabulada con respecto al área requerida en metros cuadrados (Kiran, 2019b).

Las necesidades de espacio se realizaron a través del método del cálculo considerando dimensiones de equipos y superficies estática, de evolución y de gravitación, como se muestran en la Figura 2.4; para las cuales se utilizaron las ecuaciones (2.7) y (2.8), que se detallan a continuación:

$$S_g = S_e \cdot N \quad (2.7)$$

$$S_e = (S_s + S_g) \cdot K \quad (2.8)$$

Donde,

S_g : Superficie de gravitación

S_e : Superficie de evolución

S_s : Superficie estática

N: número de lados que debe ser utilizado el equipo

K: coeficiente entre 0.05 y 3

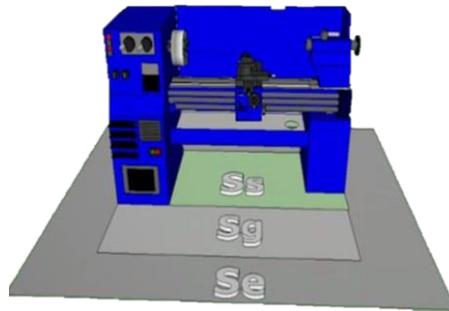


Figura 2.4 Representación de necesidades de espacio [Casp, 2005]

2.2.7 Evaluación de distribución del área de producción en la planta

Definidas las necesidades de espacio para las actividades del proceso, se compararon estos resultados con las disponibilidades reales, para lo cual se recopiló información sobre la distribución actual de la planta considerando sus adyacencias y distancias, de manera que se identificó y evaluó la viabilidad de utilizar o no un espacio dentro de la línea de proceso actual, además de reconocer los equipos y utensilios con los que cuenta la planta (Casp, 2005).

2.2.8 Requisitos para el diseño y establecimiento de una línea de producción

Los requisitos para la nueva línea de producción se basaron en los lineamientos técnicos establecidos por el ARCSA en los artículos 73, 75, 76 y 78; en los cuales se detallan los requerimientos para la distribución de áreas, la dirección del flujo para evitar contaminaciones, la disposición de espacio para el flujo del personal y la selección e instalación de equipos (ARCSA, 2015).

2.3 Generación de alternativas de distribución

Con el levantamiento de información realizado en las actividades precedentes, se utilizó una herramienta informática (Corelap), la cual fue empleada para obtener alternativas de distribución de las áreas productivas del diseño de línea. En la Figura 2.5 se muestra un ejemplo de la aplicación de esta herramienta.



Figura 2.5 Ejemplo de layout en Corelap [Franco & González, 2018]

2.4 Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas

En la Tabla 2.2 se establece el agente microbiológico que debe controlarse en la harina de arroz según la NTE INEN 3050. En la Tabla 2.3 se observa los requisitos fisicoquímicos establecidos para la harina de arroz. El parámetro de humedad y la distribución de tamaño de partículas fueron considerados en los cálculos que se realizaron en el apartado 2.2.6.

Tabla 2.2 Requisitos microbiológicos de la harina de arroz [INEN, 2016]

Requisito	n	M	M	c
<i>Mohos y levaduras</i>	5	1×10^3	1×10^4	2

Tabla 2.3 Requisitos físicos y químicos de harina de arroz [INEN, 2016]

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo
Humedad	Fracción de masa expresada en porcentaje (%)	-	12
Cenizas (en base seca)		-	1
Grasa (en base seca)		-	2
Proteínas (en base seca)		6	-
Acidez (en base seca)	ml de NaOH en 100 g de muestra	-	3
Fibra cruda (en base seca)	Fracción de masa expresada en porcentaje (%)	-	0.8
Distribución del tamaño de partículas:	%		
Pasa el tamiz 180 µm (tamiz nro. 80)		85	-
Pasa el tamiz 250 µm (nro. 60)		100	-

Por otro lado, también se presenta en la Tabla 2.4 los requisitos mandatorios para mezclas en polvo establecidos por la NTE INEN 2471. Las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas se obtuvieron de la ficha técnica de un producto similar, una mezcla en polvo a base de harina arroz (los resultados en el apéndice I).

Tabla 2.4 Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos de mezclas en polvo [INEN, 2010]

	Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo
Fisicoquímico	Humedad	%	-	5
	pH	-	-	4.2
Microbiológico	Coliformes	NMP/g	< 3	-
	Coliformes fecales	NMP/g	< 3	-
	Recuento estándar en placa	UFC/g	1 x 10 ¹	1 x 10 ²
	Recuento de mohos y levaduras	UPC/g	5 x 10 ¹	-

2.4.1 Estimación de costos

En la estimación de costos se consideró el costo de maquinaria, mano de obra directa e indirecta, material de empaque y otros costos indirectos de fabricación; con el costo de producción obtenido se estimó el precio de venta (2.9), el margen de contribución y el punto de equilibrio (2.10), esto se realizó para la harina de arroz y la bebida instantánea.

$$PV = \frac{CP}{1 - \%} \quad (2.9)$$

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{CF}{PV - CVU} \quad (2.10)$$

2.4.2 BPM

En el diseño de la línea de producción se direccionó la implementación de las BPM con respecto a las condiciones de almacenamiento para materia prima y producto terminado considerando la harina de arroz y la bebida instantánea, productos para limpieza y sanitización y, manejo de residuos.

2.4.3 HACCP

Para el desarrollo del plan HACCP, primero se analizó cada etapa del diagrama de flujo del proceso con los equipos y parámetros correspondientes, así como la probabilidad de que exista algún tipo de contaminación que ponga en riesgo la seguridad alimentaria. Luego, se respondieron las preguntas que se muestran en el árbol de decisiones para identificar los puntos críticos de control del proceso Figura 2.6.

Identificados los PCCs, se establecieron los límites críticos y se procedió a realizar un sistema de monitoreo, en donde se especifica la vigilancia (Qué, Cómo, Frecuencia, Quién) y la acción correctiva en caso de pérdida de control.

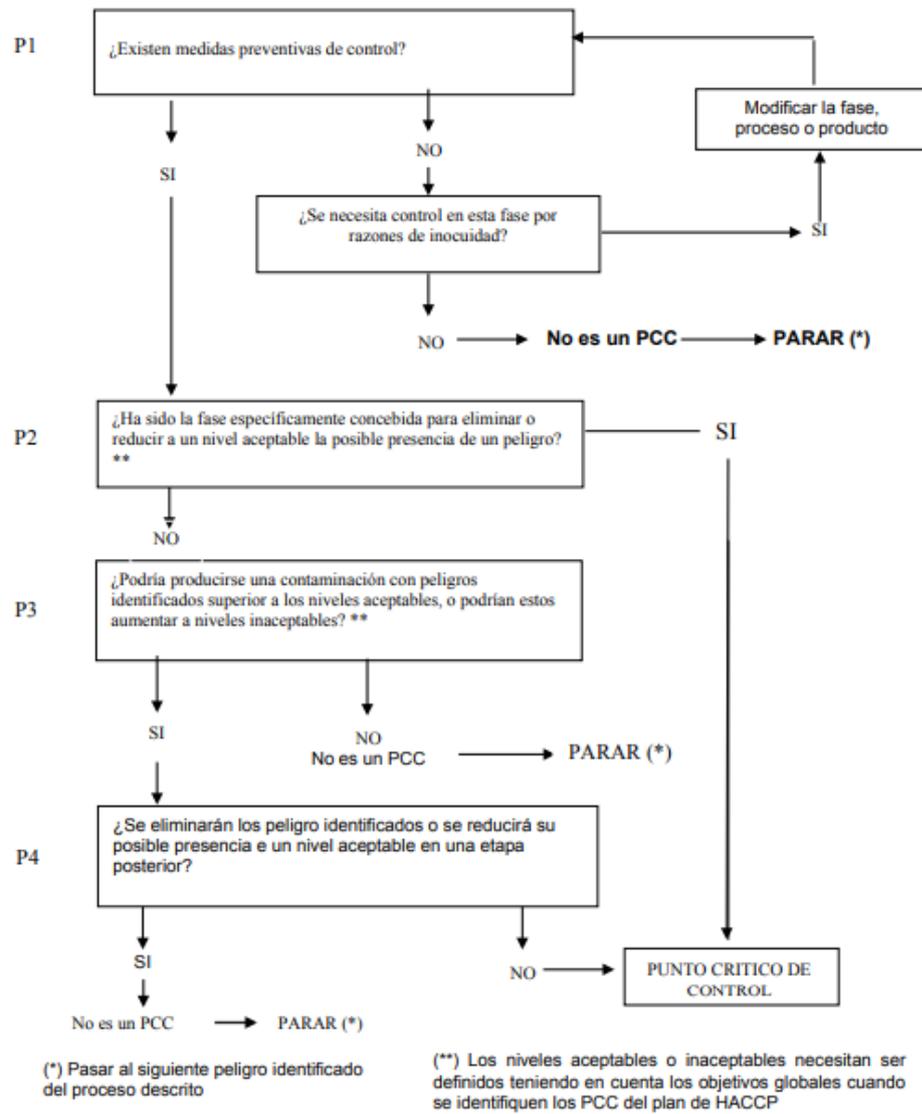


Figura 2.6 Árbol de decisiones para identificar los PCC [Marín, 2018]

CAPÍTULO 3

3. RESULTADO Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos empleando la metodología descrita en el capítulo 2. Se detalló la formulación de la bebida instantánea, además, se realizó el diagrama de flujo del proceso y el diagrama de recorrido sencillo por producto, seguido del diagrama relacional de actividades, indispensable para la generación de alternativas de layout empleando la herramienta Corelap.

Posteriormente, se realizó la selección de equipos, para proceder a estimar las necesidades espacio y los costos de producción. Por otro lado, se analizaron los peligros potenciales de las etapas de producción para determinar los PCCs y desarrollar el plan HACCP.

3.1 Formulación del producto

Para la formulación de la bebida instantánea se consideró la fortificación con calcio al 45%, el compuesto utilizado, fosfato tribásico de calcio, tiene una pureza de 40% en calcio (FAO, 2017).

Según la (FDA, 2020) el valor diario recomendado para el calcio es de 1300 mg, considerando esto, se obtuvo un resultado de 0.59% $Ca_3(PO_4)_2$ o el equivalente 1462.5 mg de $Ca_3(PO_4)_2$ para la formulación. En el apéndice A se muestra el detalle de los cálculos realizados para el grado de fortificación requerido.

La Tabla 3.1 detalla la formulación para la bebida instantánea a base de harina de arroz. Considerando las restricciones y los valores de la Tabla 2.1, el apéndice B detalla los reportes generados para la solución obtenida mediante la herramienta Solver, donde se alcanzó un máximo de 7.52% en contenido de proteínas para una mezcla de 100 g de fórmula de la bebida.

Tabla 3.1. Formulación de bebida instantánea

Ingredientes	Porcentajes
Harina de arroz	55.59%
Panela	30.00%
Cacao en polvo	13.00%
Ácido cítrico	0.80%
Fosfato tribásico de calcio	0.59%
Goma xantana	0.02%

Fuente: Elaboración Propia

Mediante la formulación y la información nutricional de las materias primas obtenida en la base de datos USDA, se logró diseñar la tabla nutricional para la bebida instantánea que se muestra en la Figura 3.1, en la cual se puede observar que el producto presenta un alto contenido de carbohidratos, proteínas y minerales. Utilizando la calculadora de etiquetado de alimentos del sitio web de la ARCSA, se encontró que el producto es alto en azúcar, bajo en grasa y bajo en sal Figura 3.2.

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Tamaño por porción aprox. 250 g		
Porciones por envase aprox. 1		
Cantidad por porción		
Energía (calorías)	3900 kJ (920 Cal)	
		% Valor Diario*
Grasa total	3 g	4%
Grasa Saturada	1,5 g	8%
Grasa Trans	0 g	
Grasa Monoinsaturada:	1,5 g	
Grasa Poliinsaturadas	0 g	
Colesterol	0 mg	0%
Sodio	140 mg	6%
Carbohidratos Totales	204 g	68%
Fibra Dietética	15 g	54%
Azúcares totales	75 g	
Proteína	19 g	38%
Calcio	203 mg	16%
Hierro	3,25 mg	18%
Magnesio	260 mg	62%
Potasio	810 mg	17%
*Los porcentajes de Valor Diario están basados en una dieta 8390 kJ (2000 calorías)		

Figura 3.1 Información nutricional bebida instantánea

Fuente: Elaboración Propia

DATOS DEL PRODUCTO

Estado del Producto:

Contenido de grasa total menor que 3 gramos:

ANÁLISIS NUTRICIONAL-BROMATOLÓGICO (Reporte en base a 100g)

Si algún campo no tiene valor digite 0.

Detalle	Valor	Unidades
GRASA TOTAL	1.5	gramos
AZÚCARES	30	gramos
SAL(CLORURO DE SODIO)	0	gramos
SODIO	0.06	gramos

TOTALES(%)

Este es el Sistema Gráfico que debe tener su etiqueta.

Azúcares (%) :	30.0
Grasas (%) :	1.5
Sal/Sodio (%) :	0.060

Figura 3.2 Sistema gráfico para etiquetado del producto

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Planeación sistemática de la producción

3.2.1 Diagrama de flujo de proceso

En la Figura 3.3 se detalla el diagrama de flujo para la producción de harina y de la bebida en polvo. En el mismo se evidencian los parámetros correspondientes a cada etapa como humedad, tamaño de partícula, temperatura y tiempo. Se considera que el arrocillo utilizado en este proceso previamente ha pasado por una etapa de limpieza y selección, por lo que es aceptado libre de impurezas.

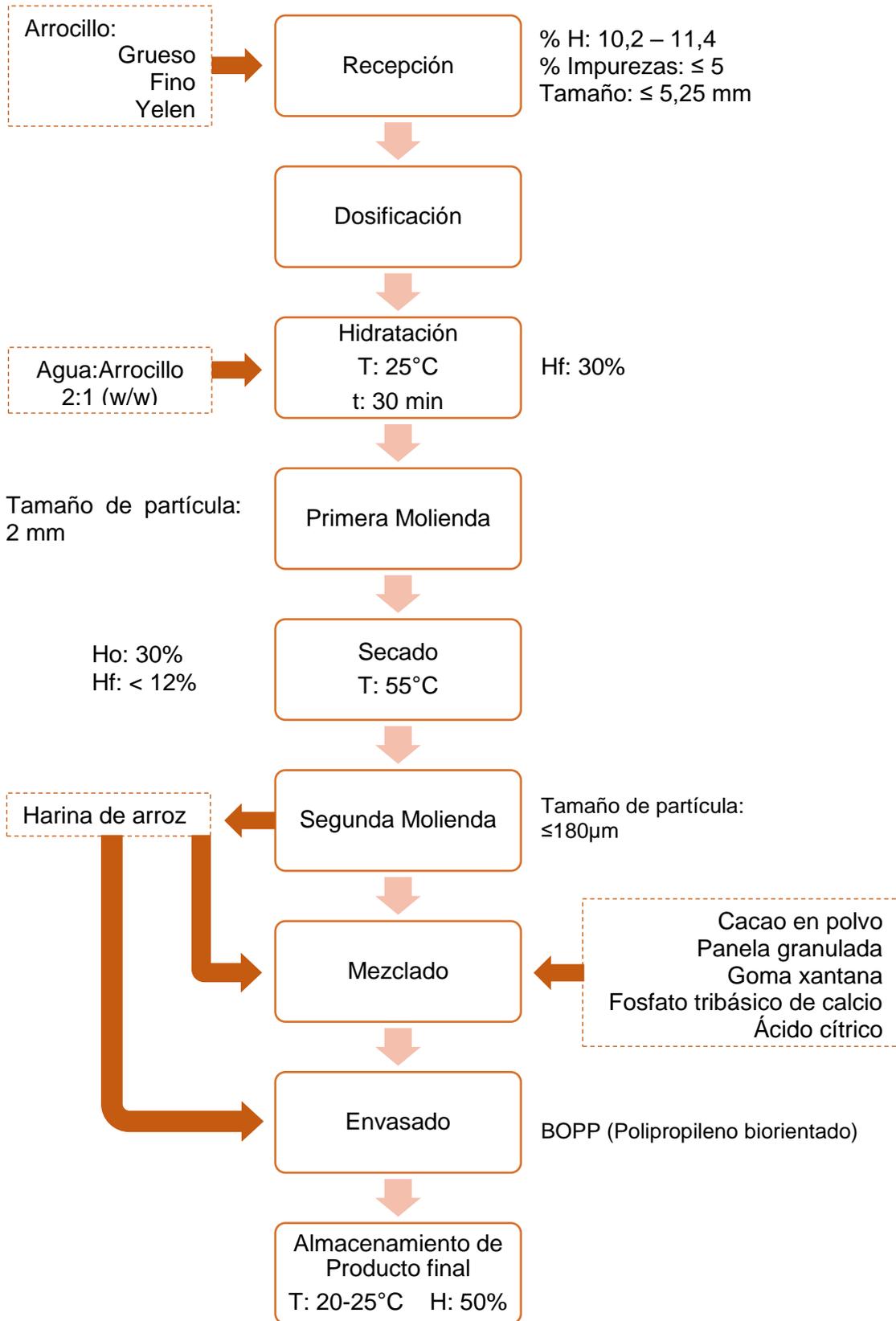


Figura 3.3 Diagrama de flujo del proceso [Acuña Gómez & Sánchez Soto, 2019; Chiang & Yeh, 2002; Leewatchararongjaroen & Anuntagool, 2016; Ngamnikom & Songsermpong, 2011]

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2 Diagrama de recorrido sencillo

En la Figura 3.4 se presenta el diagrama de recorrido para la harina de arroz y bebida instantánea detallando las diferentes actividades para cada etapa de ambos procesos, como inspección, operación, transporte y almacenamiento.



Figura 3.4 Diagrama de recorrido sencillo por producto

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3 Análisis de flujo de producción de subproductos

En el Apéndice C se detalla el flujo de producción mensual durante el 2019 de los subproductos generados por la empresa, donde se pudo evidenciar que el arrocillo representa el 40% del total de los subproductos. Adicionalmente, se calculó el flujo de producción del arrocillo, con el fin de conocer la cantidad de materia prima disponible para la línea de harina.

Con la suma total de arrocillo por mes, se obtuvo el promedio mensual (3.1).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (3.1)$$

i = meses del año

N = número total de datos

$$\bar{X}_{mensual} = 2012,50 \frac{QQ}{mes}$$

$$\bar{X}_{mensual} = 2012,50 \frac{QQ}{mes} \times \frac{45,36 Kg}{1 QQ} = 91287,11 \frac{Kg}{mes}$$

Considerando 20 días laborales de 8 horas de trabajo por día, se obtuvo un promedio del flujo de producción por día y por hora respectivamente de:

$$\bar{X}_{diario} = \frac{\bar{X}_{mensual}}{\text{días laborales por mes}}$$

$$\bar{X}_{diario} = 91287,11 \frac{Kg}{mes} \times \frac{1 mes}{20 días} = 4564,36 \frac{Kg}{día}$$

$$\bar{X}_{hora} = 4564,36 \frac{Kg}{día} \times \frac{1 día}{8 horas} = 570,54 \frac{Kg}{h}$$

Para efectos de este trabajo, se considerará un sobredimensionamiento de capacidad operativa del 5%, es decir, los equipos a seleccionarse para la línea de producción de harina deben cumplir con una capacidad mínima de aproximadamente 600 kg/h.

3.2.4 Diagrama relacional de actividades

En la Figura 3.5 se presentan las etapas del proceso de la bebida instantánea y su relación de proximidad entre ellas. La propuesta de distribución se detalla en el apartado 3.3.

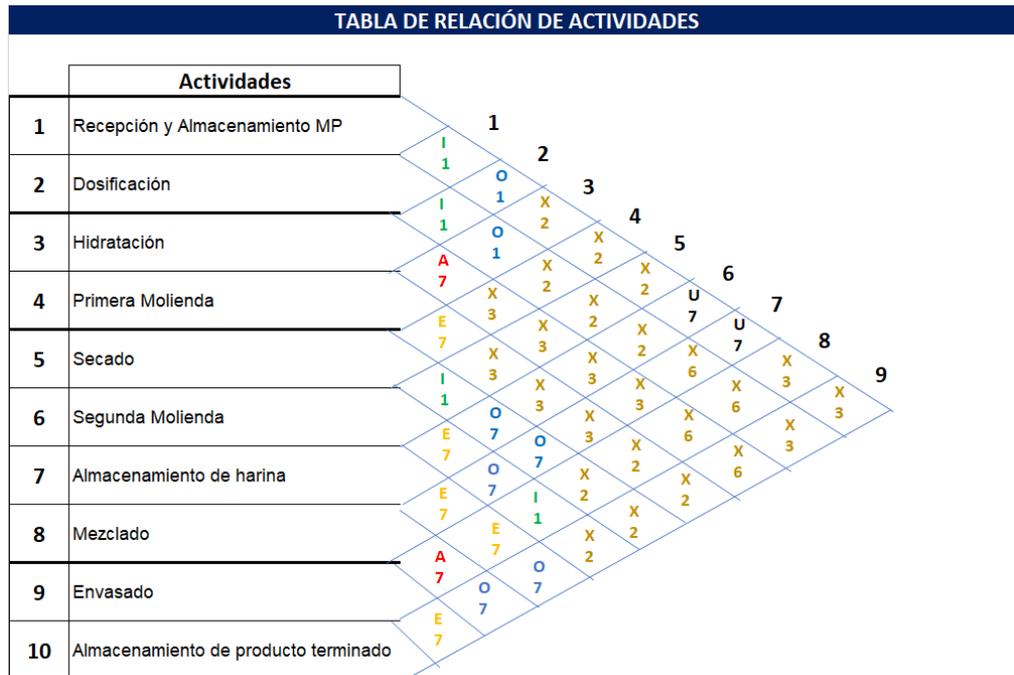


Figura 3.5 Diagrama relacional de actividades

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5 Selección de equipos

Para la selección de los equipos en las etapas de molienda, se consideró la clasificación que se muestra en la Tabla 3.2. En la primera etapa de molienda (gruesa), se comparó el molino martillo con el molino de rodillos; mientras que, para la segunda etapa de molienda (fina) se analizó el molino jet y el molino de bolas. Por otro lado, para la elección del secador se realizaron cálculos matemáticos del tiempo total de secado necesario, y mediante catálogos se seleccionó el equipo por su capacidad y temperatura de operación.

Tabla 3.2 Clasificación de equipos para diferentes tipos de molienda [Escher, 2005]

Tipo de reducción de tamaño	Equipo	Tamaño final del producto	Relación de reducción (tamaño inicial/final)	Fuerza principal aplicada
Esfuerzo entre dos herramientas de pulverización	Trituradora de rodillos	>10 mm	4–6	Presión y cizalla
	Molino de rodillos	5–10 μm	>20	Presión y cizalla
	Molino de platillos	0.05–1.0 mm	10	Presión y cizalla
	Tamizadora	—	5–10	Cizalla y presión
	Molino martillo	50 μm –10 mm	10	Impacto y cizalla
	Trituradora de martillos	>8 mm	5	Impacto
Esfuerzo por una herramienta de pulverización	Molino de pin-discos	2–50 μm	>50	Impacto y cizalla
	Molino coloidal	5–20 μm	>50	Cizalla
	Desintegrador	>100 μm	>20	Impacto y cizalla
	Molino rotatorio	20–100 μm	10–25	Cizalla e impacto
Esfuerzo debido a movimiento relativo de las partículas	Paletas de desgaste	20–300 μm	>30	Cizalla e impacto
	Molino de jet opuesto	1–100 μm	>50	Impacto
	Molino de jet espiral	1–100 μm	>50	Impacto y cizalla
	Molino de jet ovalado	5–100 μm	10–50	Impacto

Primera molienda (gruesa)

Se conoce por información brindada por la empresa que, la longitud promedio del grano de arroz entero que se manipula es de 7 mm y según la NTE INEN 1234, indica que el tamaño del arrocillo debe ser menor al 75% de la longitud total del

grano. Por lo tanto, en esta etapa se comienza con un tamaño máximo de 5.25 mm y se desea obtener un tamaño de partícula final de 2 mm, equivalente a 2000 μm . Para el tamaño de partícula requerido la ley de Bond (25 mm a 100 μm), se ajusta con mayor precisión (Loubes, 2015).

En base a la Figura 2.3 mencionada en el apartado de metodología, para el tamaño requerido mediante la ley de Bond se consume aproximadamente una energía de 4 kWh/ton. Con estos datos se calculó la potencia de la primera molienda utilizando la ecuación (2.2).

$$P = E \times \dot{m}$$

$$P = 4 \frac{\text{kWh}}{\text{ton}} \times 0.66 \text{ ton/h}$$

$$P = 2.64 \text{ kW}$$

Se compararon las especificaciones técnicas de ambos molinos (martillo y rodillos), en donde se menciona la potencia que brinda cada uno (Apéndice D-I y D-II). Basado en la capacidad operativa y el tamaño de partícula requerido para el proceso, se seleccionó el molino de rodillos cuyas características se detalla en la Tabla 3.3 el cual presentó el menor consumo de potencia.

Tabla 3.3 Especificaciones técnicas de molino de rodillos [Grain Tech, 2017]

Dimensiones (mm)	1100 x 730 x 1220
Tamaño de salida de partícula (μm)	841 – 2380
Capacidad operativa (kg/h)	200 – 1000
Potencia del motor (kW)	5.5
Peso (kg)	950

Segunda molienda (fina)

Debido a que la granulometría final que se desea alcanzar es menor a 180 μm , correspondiente a una molienda fina, se utiliza la Ley de Rittinger para los cálculos correspondientes (Escher, 2005; Loubes, 2015).

En una prueba preliminar realizada por (Raigar & Mishra, 2017) analizan las características de la molienda de granos de maíz y soya por lo que se compararon

las propiedades físicas y mecánicas del arroz quebrado (Tabla 3.4) y se encontró una mayor similitud con las características del maíz, encontrándose que la constante de Rittinger para el maíz durante la segunda molienda es de 229.67.

Tabla 3.4 Propiedades mecánicas del arroz quebrado, soya y maíz [Bhise et al., 2014; Kibar & Öztürk, 2008; Kruszelnicka et al., 2020; N. Ghadge, 2012; Soyoye et al., 2018]

Humedad 10%	Arroz quebrado	Soya	Maíz
Longitud (mm)	5.25	7.37	10.43
Ancho (mm)	2.07	6.27	8.83
L/A	2.54	1.18	1.18
Espesor (mm)	1.6	4.68	4.05
L/E	3.28	1.57	2.57
Esfericidad	0.53	0.81	0.69
Porosidad (%)	47.07	23	52.61
Coefficiente de fricción	0.22	1.29	0.75
Angulo de reposo (°)	34.86	51.67	36.70
Fuerza mínima	117.29	38.97	155.71
Fuerza máxima	174.99	40.50	156.55

Utilizando la ecuación (2.4) mencionada en el apartado de metodología, se calculó la potencia necesaria para la etapa de molienda fina.

$$P = \dot{m}k\left(\frac{1}{d_f} - \frac{1}{d_i}\right)$$

$$P = \left(600 \frac{kg}{h} \times \frac{1 h}{3600 s}\right) \times 229.67 \frac{kJ}{kg} \times \left(\frac{1}{0.18} - \frac{1}{2}\right)$$

$$P = 193.52 \text{ kW}$$

Se compararon las especificaciones técnicas detalladas en el Apéndice D-III y D-IV de un molino de bolas y un molino jet, dos equipos comúnmente utilizados en la etapa de molienda fina. En base al cálculo de potencia requerida, se seleccionó el molino jet para esta etapa ya que, a diferencia del molino de bolas, es el equipo que posee características mayormente similares a la potencia teórica calculada. En la Tabla 3.5 se detalla las características principales del molino seleccionado:

Tabla 3.5 Características molino jet [Grain Tech, 2017]

Dimensiones (mm)	1416 x 1077 x 2112
Flujo de aire (m³/min)	40 – 50
Tamaño de salida de partícula (µm)	6 – 150
Capacidad operativa (kg/h)	200 – 1000
Potencia (kW)	300

Secado

El tiempo de secado se estimó utilizando las ecuaciones (2.5) para la etapa de velocidad constante y (2.6) para la etapa de velocidad decreciente por difusión.

En el periodo de velocidad constante es necesario determinar tres parámetros: H_{L-bh} , h y área superficial.

- Entalpía a la temperatura del bulbo húmedo (H_{L-bh}):

La estimación de H_{L-bh} , se inició con el cálculo de la entalpía del aire seco (3.2):

$$H_{ain} = (1.005 + 1.88 \cdot W_{ain})(T_a - T_o) + W_{ain}H_{L-ain} \quad (3.2)$$

El contenido de humedad $0.012 \frac{kg \text{ agua}}{kg \text{ aire seco}}$ de entrada del aire (W_{ain}) se obtiene de la carta psicrométrica (Apéndice E) utilizando una temperatura ambiente de 25°C y 60% de humedad relativa. Posteriormente, se determinó el H_{L-ain} , $2370.67 \frac{kJ}{kg}$, utilizando la tabla del Apéndice F, ingresando con la temperatura del aire caliente de 55 °C se resta las entalpías del vapor $2600.9 \frac{kJ}{kg}$ y líquido $230.23 \frac{kJ}{kg}$ saturados.

Reemplazando los valores en la ecuación (3.2), se obtuvo la entalpía del aire de entrada.

$$H_{ain} = \left(1.028 \frac{kJ}{kg \text{ aire seco} \cdot ^\circ C}\right) (55)^\circ C + 0.012 \frac{kg \text{ agua}}{kg \text{ aire seco}} \cdot 2370.67 \frac{kJ}{kg}$$

$$H_{ain} = 85 \frac{kJ}{kg \text{ aire seco}}$$

Con el valor de H_{ain} se ingresó a la carta psicrométrica y se obtiene la temperatura del bulbo húmedo correspondiente a 27 °C y se procede a buscar la entalpía a esta temperatura, $2437.55 \frac{kJ}{kg}$, restando la entalpía de vapor saturado $2550.8 \frac{kJ}{kg}$ y entalpía de líquido saturado $113.25 \frac{kJ}{kg}$.

- Coeficiente convectivo (h):

La estimación del coeficiente de transferencia de calor por convección se realizó a través de las ecuaciones (3.3) y (3.4):

$$h_c = 24.2 G^{0.37} \quad (3.3)$$

$$G = \rho_{aire} \cdot vel \quad (3.4)$$

Donde,

G = velocidad másica del aire $\left(\frac{kg}{m^2s}\right)$

Vel = velocidad del aire de deshidratación = $4.19 \left(\frac{m}{s}\right)$ (Agurto & Mero, 2011)

ρ_{aire} = densidad del aire a temperatura de deshidratación $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

La densidad del aire a 55 °C es de $1.041 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$ que se obtuvo realizando una interpolación en el Apéndice G, correspondiente a las propiedades físicas del aire seco. Reemplazando los valores en las ecuaciones antes mencionadas se obtuvo como coeficiente un h de $46.459 \left(\frac{W}{m^2K}\right)$.

- Área superficial (A):

Para obtener el área del producto expuesta al aire de secado (3.5):

$$A = \frac{AT}{\rho_s} \quad (3.5)$$

Donde,

ρ_s = densidad del producto deshidratado = $670 \left(\frac{kg\ ss}{m^3}\right)$

$$AT = \frac{\text{Área superficial del producto (m}^2\text{)}}{\text{Volumen del lecho del producto (m}^3\text{)}}$$

Para el cálculo de AT se utilizó el volumen a partir de la densidad del producto 805 $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$,

$$AT = \frac{12.566}{0.745} = 16.86 \text{ m}^{-1}$$

$$A = \frac{16.860}{670} = 0.025 \left(\frac{m^2}{kg \text{ ss}}\right)$$

El tiempo de secado de velocidad constante considerando adicionalmente los valores de humedad obtenidos de (Agurto & Mero, 2011) de w_o : 30% = 0.4286 $\left(\frac{kg \text{ agua}}{kg \text{ de ss}}\right)$, w_c : 22% = 0.29 $\left(\frac{kg \text{ agua}}{kg \text{ de ss}}\right)$, así como 328 K de temperatura de aire de entrada y 300 K de temperatura del bulbo húmedo, fue de 2.866 horas.

$$t_c = \frac{H_L(w_o - w_c)}{hA(T_a - T_s)}$$

$$t_c = \frac{2437.55 \times 10^3(0.4286 - 0.29)}{(46.459)(0.025)(328 - 300)}$$

$$t_c = 10318.621 \text{ segundos}$$

$$t_c = 2.866 \text{ h}$$

También se calculó el tiempo de secado de velocidad decreciente utilizando valores de humedad de normas técnicas y de (Agurto & Mero, 2011) de w : 12% = 0.1364 $\left(\frac{kg \text{ agua}}{kg \text{ de ss}}\right)$ y w_e : 11% = 0.125 $\left(\frac{kg \text{ agua}}{kg \text{ de ss}}\right)$, respectivamente.

$$t_F = \frac{d_c^2}{\pi^2 D} \ln \left[\frac{6}{\pi^2} \left(\frac{w_c - w_e}{w - w_e} \right) \right]$$

$$t_F = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{(2 \times 10^{-9})\pi^2} \ln \left[\frac{6}{\pi^2} \left(\frac{0.29 - 0.125}{0.1364 - 0.125} \right) \right]$$

$$t_F = 110.30 \text{ segundos}$$

$$t_F = 0.031 \text{ h}$$

El tiempo total de secado es de 2.90 horas a 55 °C, el cual es similar a lo reportado por (Acuña Gómez & Sánchez Soto, 2019), para la obtención de harina de arroz a la misma temperatura en un tiempo de 5 horas.

Acorde al tiempo estimado el proceso de obtención de harina será un proceso en batch requiriéndose para ello dos secadores de lecho fluidizado de capacidad operativa de 300 kg/batch cada uno, mostrados en el Apéndice D-VI.

Otros equipos

Los equipos adicionales utilizados en las otras etapas del proceso, tales como, envasadora, humidificadora, dosificadora, al igual que los silos de almacenamiento para harina y los elevadores respectivos para las conexiones de las diferentes etapas, se seleccionaron en base a la capacidad de operación proyectada para la elaboración del producto, las especificaciones de estos se detallan a partir del apéndice VII al apéndice XI.

3.2.6 Necesidades de espacio

En la Tabla 3.6 se indican las medidas de las áreas proporcionadas a cada etapa de la línea de producción de la harina y la bebida instantánea. Se realizó una estimación de las áreas estática, gravitacional y de evolución mediante lo cual se obtuvo un área requerida de 110.09 m² detallado en el Apéndice H.

Tabla 3.6 Áreas de las etapas de producción

Etapas	Superficie (m²)
Recepción y almacenamiento de materia prima	24.276
Dosificación	0.779
Hidratación	2.945
Primera Molienda	2.650
Secado	1.980
Segunda Molienda	5.061
Almacenamiento de harina	10.977
Mezclado	12.870
Envasado	24.274
Almacenamiento de producto terminado	24.276

Fuente: Elaboración Propia

3.2.7 Evaluación de distribución del área de producción en la planta

En la implementación de la nueva línea de producción de harina se consideró evaluar la posible extensión de la línea de arroz pilado analizando la Normativa Técnica Sanitaria para Alimentos Procesados emitida por el ARCSA. Se analizaron los artículos que fueron mencionados en el capítulo 2, determinándose que la propuesta no es conveniente puesto que incumple con lo enunciado en los artículos 73 literales a y b, 75 literal d, 76 literal a-2 y 78 literal i, debido al poco espacio disponible y condiciones ambientales que se manejan dentro de la línea actual.

Sin embargo, la empresa cuenta con un espacio disponible alejado del proceso del pilado de arroz con dimensiones 20x50 m², el cual se enfoca en la Figura 3.6, el mismo que se ajusta a las necesidades de espacio para la implementación de la nueva línea siendo mencionadas en el apartado 3.2.6.



Figura 3.6 Localización del área disponible en la empresa [Portiarroz S.A.]

3.3 Generación y selección de alternativa de distribución

Luego de ingresar el diagrama de relación de actividades al programa CORELAP se obtuvo como resultado un Ratio Total de Proximidad (TCR) y un layout de la línea de producción mostrado en la Figura 3.7 y Figura 3.8.

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA			
Orden	Nombre	TCR	Superficie m ²
1.-	Almacenamiento I	26	10.977
2.-	Envasado	25	24.274
3.-	Mezclado	25	12.87
4.-	Segunda moliend	21	5.061
5.-	Primera molienda	20	2.65
6.-	Secado	20	1.98
7.-	Hidratación	19	2.945
8.-	Almacenamiento I	17	24.276
9.-	Dosificación	17	0.779
10.-	Recepción	16	24.276

Calcular Iteraciones

Superficie Requerida < Superficie Disponible

Superficie Requerida:

Superficie Disponible:

Figura 3.7 Ratio Total de Proximidad

Fuente: Elaboración Propia

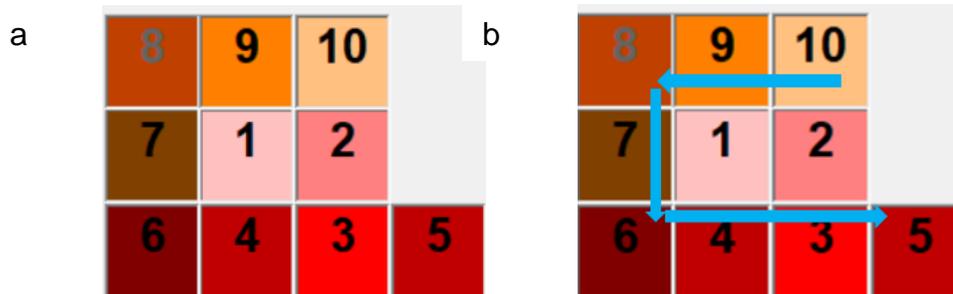


Figura 3.8 Layout de la planta generado por Corelap

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 3.8a se muestra la distribución de áreas para las etapas generada por Corelap y en la Figura 3.8b se observa que la propuesta presenta un flujo en U.

En la Figura 3.9 se representó la información especificando los nombres de las etapas del proceso para cada producto. Se observa que la línea principal para la producción de las fundas de harina sigue un flujo en U; mientras que, para la producción de la bebida instantánea, la cual requiere de un previo almacenamiento de harina en un silo, presenta un flujo en doble L, permitiendo una excelente predisposición para la funcionalidad del diseño.

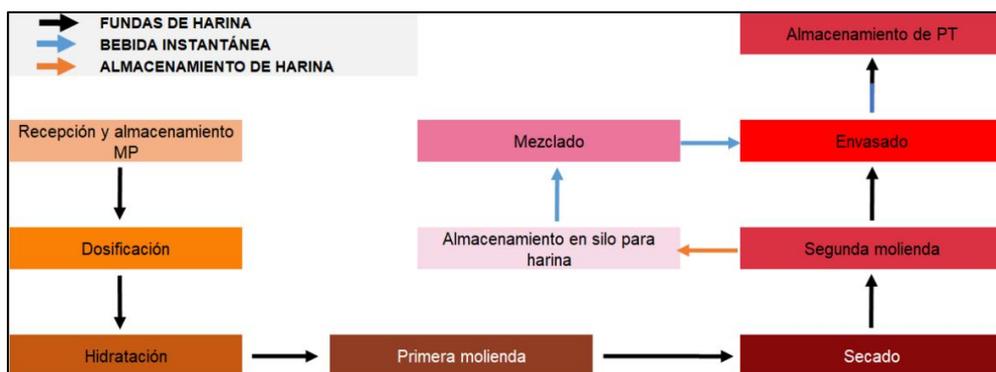


Figura 3.9 Layout de la línea con los nombres de las etapas

Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, considerando una mayor funcionalidad de la línea de proceso dentro del área disponible, se realizaron mejoras con respecto a la ubicación del silo de almacenamiento para harina, en la cual permita un mayor acceso tanto a la etapa de mezclado o directamente a la etapa de envasado, dependiendo del producto que se desee obtener sin afectar su flujo de proceso, tal como se muestra en la Figura 3.10.

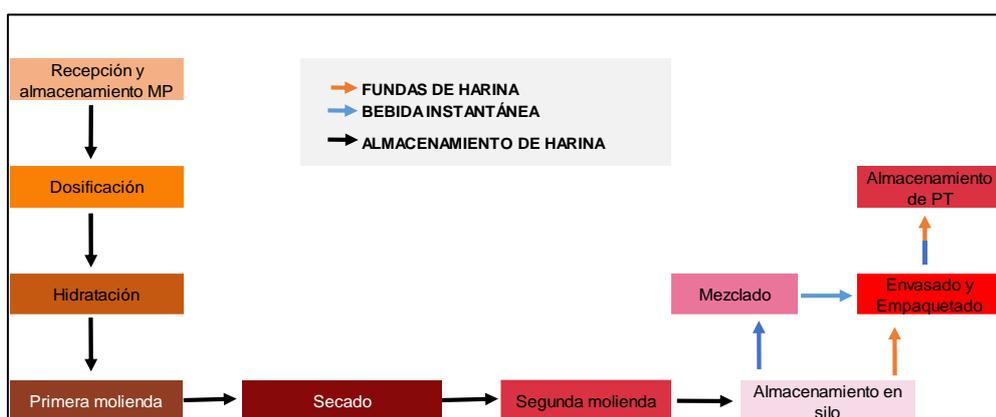


Figura 3.10 Layout de propuesta mejorada

Fuente: Elaboración Propia

La propuesta planteada destaca aspectos como:

- Un flujo ascendente, el cual permite mantener la inocuidad en la línea de proceso.
- Un espacio distribuido para las actividades de los operarios que les permite trabajar de manera ergonómica.
- Flexibilidad, ya que se utilizó solamente un 10% del espacio disponible (Figura 3.7), por lo que es posible proyectar una tercera línea o equipos que puedan complementar las actividades en desarrollo.

La Figura 3.11 muestra la distribución propuesta desde la vista superior para la línea de producción de harina y bebida instantánea en 2D, utilizando el software AutoCAD, a escala 1:125. Se consideró la implementación de un área destinada para una esclusa la cual permite una correcta higiene y desinfección durante el ingreso del personal a la planta.

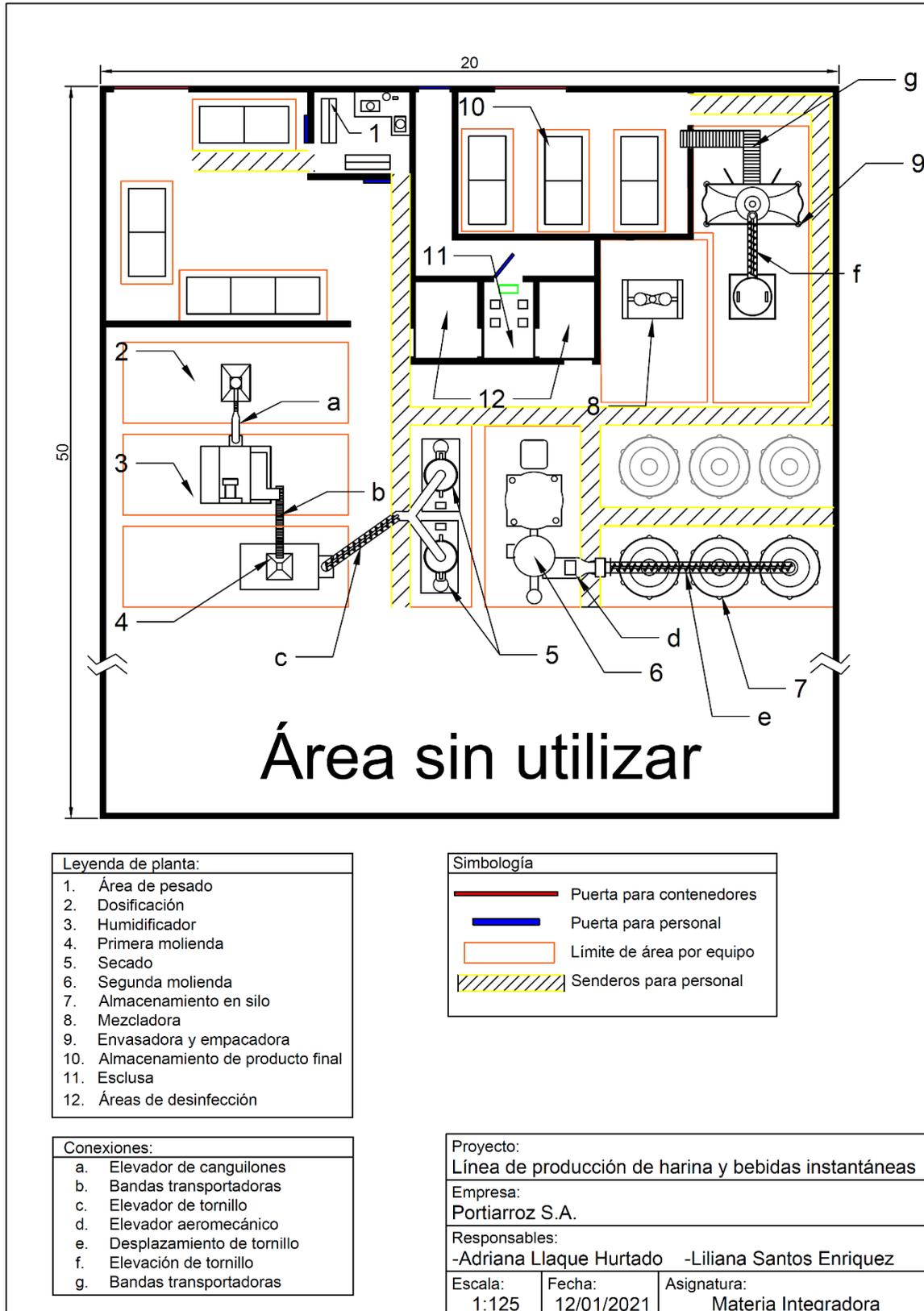


Figura 3.11 Propuesta de línea de producción

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Costos

3.4.1 Costos y depreciación de equipos

Con los niveles estimados de potencia, se realizó una cotización de los equipos necesarios para la línea de producción. Se estimó un tiempo de vida útil de 10 años con un 10% de depreciación anual detallando sus costos en el apéndice K-I y K-II para harina y bebida instantánea, respectivamente.

3.4.2 Costos de consumo de energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica para cada producto se estimó considerando la energía consumida por los equipos que permanecen encendidos durante la producción, para harina se obtuvo un consumo de 362.49 KWh que genera un costo anual de \$17,399.60, por otro lado, para la bebida se obtuvo 26.06 KWh generando un costo de \$1,251.00 al año. Además, en ambos casos se consideró la energía eléctrica de iluminarias correspondiente a 7.04 KWh que representa anualmente \$168.96, estos valores se detallan en el apéndice K-III y K-IV.

3.4.3 Costos de producción

Para la estimación de los costos de los productos harina y bebida instantánea se realizó primero un análisis de los tiempos de operación con lo cual se determinó el tiempo de ciclo, siendo este de aproximadamente 175 minutos para la harina y 60 minutos para la bebida en polvo (ver apéndice J-I y J-II), con ello se pudo realizar la valoración de los tiempos de trabajo en cada uno de los procesos mediante el uso del diagrama de Gantt (ver apéndice J-III y J-IV) y en consecuencia conocer el número de pedidos o batches posibles para producir, lográndose estipular 10 y 25 batches semanales para harina y bebida respectivamente, en jornadas laborales de 40 horas por semana. En la se consideró el costo unitario de producción del arrocillo de \$0.19 por kg, como costo de materia prima para la producción de harina de arroz, puesto que, es un subproducto de la línea de pilado de arroz de la misma empresa, como resultado se obtuvo un precio de venta de \$1.02, para una presentación de 500g, con un margen de ganancia del 32%.

Tabla 3.7 Costos de producción de harina de arroz

Detalle		Cantidad/ Batch	*UMB	Costo UMB	Costo/ Batch	Costo/ Mes	Costo/año
Materia Prima	Arrocillo	600.00	Kg	\$0.19	\$114.00	\$4,560.00	\$54,720.00
	Agua	1.20	m3	\$2.98	\$2.50	\$100.00	\$1,200.00
Material Empaque	Funda de BOPP	4.8	Kg	\$2.00	\$9.60	\$384.00	\$4,608.00
	Cajas de cartón corrugado	150	und	\$1.00	\$150.00	\$6,000.00	\$72,000.00
Total Costos Materia prima y empaque					\$276.10	\$11,044.00	\$132,528.00
*MOD	Operarios	5	\$/h	\$1.59	\$50.00	\$2,000.00	\$29,715.20
Total de Costos Mano Obra					\$50.00	\$2,000.00	\$29,715.20
*EE	Equipos	362.49	Kwh	\$0.10	\$36.25	\$1,449.97	\$17,399.60
Total Costos Directos					\$362.35	\$14,493.97	\$179,642.80
Servicios	*EE	7.04	Kwh	\$0.10	\$0.70	\$14.08	\$168.96
	Agua	0.25	m3	\$0.50	\$0.13	\$3.50	\$60.00
Materiales indirectos	Suministros (combustible, reactivos, cofias, EPP)				\$3.71	\$148.58	\$1,782.91
Maquinarias	Depreciación				\$16.25	\$649.91	\$7,798.86
*MOI	Supervisión				\$80.00	\$3,200.00	\$50,564.32
Mantenimiento					\$10.83	\$433.27	\$5,199.24
Total Costos Indirectos de Fabricación					\$111.62	\$4,449.33	\$65,574.29
Total Costos Producción					\$473.97	\$18,943.30	\$245,217.09
Gastos operación (Administrativos, Ventas)						\$6,090.39	\$73,084.64
Total Costos						\$25,033.68	\$318,301.73

*EE: Energía eléctrica, *MOD: Mano de obra directa, *MOI: Mano de obra indirecta

Costo unitario producción	\$0.53
Costos unitario	\$0.69
Margen de ganancia	32%
Precio de venta	\$1.02

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.8 Costos de producción de bebida instantánea

Detalle		Cantidad/ Batch	*UMB	Costo UMB	Costo/ Batch	Costo/ Mes	Costo/año
Materia Prima	Harina de arroz	333.54	Kg	\$0.69	\$143.87	\$23,039.57	\$276,474.90
	Cacao en polvo	78.00		\$0.40	\$31.20	\$3,120.00	\$37,440.00
	Panela granulada	180.00		\$2.45	\$441.00	\$44,100.00	\$529,200.00
	Goma Xantana	0.12		\$6.80	\$0.82	\$81.60	\$979.20
	Ácido cítrico	4.80		\$2.50	\$12.00	\$1,200.00	\$14,400.00
	Fosfato tribásico de calcio	3.54		\$2.80	\$9.91	\$991.20	\$11,894.40
Material Empaque	Funda de BOPP	6	Kg	\$2.00	\$12.00	\$1,200.00	\$14,400.00
	Cajas de cartón corrugado	300	Und	\$1.00	\$300.00	\$30,000.00	\$360,000.00
Total Costos Materia prima y empaque					\$950.80	\$103,732.37	\$1,244,788.50
*MOD	Operarios	10	\$/h	\$1.25	\$40.00	\$4,000.00	\$58,630.40
Total de Costos Mano Obra					\$40.00	\$4,000.00	\$58,630.40
*EE	Equipos	26.06	Kwh	\$0.10	\$2.61	\$104.25	\$1,251.00
Total Costos Directos					\$993.41	\$107,836.62	\$1,304,669.90
Servicios	*EE	7.04	Kwh	\$0.10	\$0.70	\$70.40	\$168.96
	Agua	0.25	m3	\$0.50	\$0.13	\$12.50	\$150.00
Materiales indirectos	Suministros (combustible, reactivos, cofias, EPP)				\$2.93	\$293.15	\$3,517.82
Maquinarias	Depreciación				\$1.78	\$178.43	\$2,141.10
*MOI	Supervisión				\$32.00	\$3,200.00	\$50,564.32
Mantenimiento					\$1.19	\$118.95	\$1,427.40

Total Costos Indirectos de Fabricación	\$38.73	\$3,873.43	\$57,969.60
Total Costos Producción	\$1,032.14	\$111,710.05	\$1,362,639.50
Gastos operación (Administrativos, Ventas)		\$6,090.39	\$73,084.64
Total Costos		\$117,800.44	\$1,435,724.14

*EE: Energía eléctrica, *MOD: Mano de obra directa, *MOI: Mano de obra indirecta

Costo unitario producción	\$0.59
Costos unitario	\$0.62
Margen de ganancia	54%
Precio de venta	\$1.35

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, para la bebida instantánea, en la Tabla 3.8 se consideró el costo unitario de producción de la harina de, \$0.69 por kg, obtenido en la estimación de costos, consiguiendo un precio de venta de \$1.35 para una presentación de 250g, con un margen de ganancia del 54% para la empresa.

3.4.4 Punto de equilibrio

Mediante los costos de producción, costo variable unitario y precio de venta de cada producto, se encontró que el punto de equilibrio para la harina es de 104,756 unidades anuales lo que representa 218 unidades por batch; mientras que, para la bebida se deben producir mínimo 73,528 fundas por año equivalente a 61 fundas por batch, como se detalla en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Punto de equilibrio para harina y bebida instantánea

Producto	Costos fijos	Precio de venta (mayoristas)	Costo variable unitario	PVP	Punto de equilibrio anual	Punto de equilibrio por batch
Harina de arroz	\$65,556.29	\$1.02	\$0.39	\$1.50	104,756 unidades	218 unidades
Bebida instantánea	\$57,969.60	\$1.35	\$0.57	\$3.00	73,528 unidades	61 unidades

Fuente: Elaboración Propia

3.4.5 Análisis financiero

Para efectos de este trabajo se realizó una proyección de 10 años sólo para el producto harina utilizando un flujo de caja proyectado. La propuesta se detalla en el apéndice K-V, considerando una capacidad de producción inicial del 75% puesto que, es un producto nuevo en el mercado, en el mismo se considera un 15% de utilidad por participación de trabajadores, 25% en impuestos y las amortizaciones por un préstamo de \$48,000 que cubre el 25% de la inversión inicial obteniéndose una inversión total de \$142,589.06.

Se obtuvo un VAN de \$10,108.84, considerando un TMAR de 35%, la TIR alcanzada fue de 37% con un periodo de recuperación de 3 años generando utilidades desde el primer año.

3.5 BPM

3.5.1 Condiciones de almacenamiento

Dentro del espacio disponible para la nueva línea de producción se contará con dos almacenamientos; para materia prima los cuales son productos en polvo se requiere un ambiente fresco y seco. El almacenamiento del producto terminado de igual manera requiere un ambiente fresco y con baja humedad relativa para evitar la proliferación de insectos como se muestra en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Condiciones de almacenamiento de materia prima y producto terminado

		Condiciones	Inadecuado almacenamiento
MP	Arroz quebrado	Lugar fresco y seco	Crecimiento de gorgojo, hongos
	Cacao en polvo	Lugar fresco y seco, evitar exposición a la luz solar	Crecimiento de moho
	Panela granulada	Lugar fresco y seco	Posible apelmazamiento
	Goma xantana	Almacenar en su empaque original, sellado, en ambiente fresco, seco y lejos de la luz solar	Posible apelmazamiento
	Fosfato tribásico de calcio	Lugar fresco y seco	Crecimiento de insectos
	Ácido cítrico	Ambiente fresco y seco	Posible apelmazamiento
PT	Harina de arroz	Lugar fresco y seco	Crecimiento de gorgojo
	Bebida instantánea	Lugar fresco y seco	Crecimiento de gorgojo

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2 Limpieza y sanitización

Al finalizar la producción diaria de harina y bebida instantánea se procede realizar la limpieza de los equipos utilizando los compuestos mencionados en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Descripción de productos de limpieza

Nombre	Generalidades	Uso
HDQ Neutral	Desinfectante	Aplicable superficies duras y lisas para diferentes microorganismos
ISOQUAT	Desinfectante	Para superficies en contacto con alimentos para evitar el crecimiento de hongos y mohos
Detergente alcalino	Concentración al 4%	Para reservorios de agua e instrumentos de producción
Hipoclorito de sodio (5.25%)	200 ppm	Desinfección de maquinaria

Fuente: Elaboración Propia

3.5.3 Manejo de residuos

De acuerdo con las BPM los residuos de la línea de producción deberán removerse frecuentemente hacia una zona predestinada para ellos, en la cual deberán manejarse de manera que no generen malos olores para evitar proliferación de microorganismos o refugio de plagas.

3.6 HACCP

El plan HACCP se inició realizando una descripción completa del producto, la cual incluye información como composición, condiciones de almacenamiento, uso previsto, entre otras, como se muestra en el apéndice L, seguido de esto se analizaron peligros que pueden afectar en la inocuidad en cada etapa del proceso de los productos (apéndice M). Cabe mencionar que la mayoría de los peligros potenciales de residuos químicos, no fueron significativos puesto que el riesgo es

menor debido a un correcto cumplimiento de BPM/POES. Asimismo, los peligros físicos identificados por desprendimiento de partículas metálicas en etapas previas al envasado se consideraron no significativos ya que en esta última etapa se utilizará un detector de metales.

Se observó que, debido a las características del producto, el parámetro mayormente susceptible para ser controlado fue la humedad debido al riesgo de contaminación por insectos (gorgojo), hongos y micotoxinas.

Ninguna de las etapas del proceso es específicamente destinada a la eliminación o reducción de estos peligros. Sin embargo, es posible controlarlos o evitarlos mediante monitoreos de los parámetros de humedad, temperatura y previos análisis fisicoquímicos por lo que se consideraron como PCC's a las etapas de recepción, almacenamiento de materia prima, secado, envasado y almacenamiento de producto terminado (apéndice N).

Cabe destacar que la etapa de secado tiene mayor importancia dentro del plan HACCP ya que es la única en donde se realiza un tratamiento térmico y permite alcanzar la humedad final requerida en la harina de arroz y la bebida instantánea, para evitar la proliferación de microorganismos y mantener su vida útil.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

La factibilidad de la extensión de la línea actual no es posible para la producción de harina debido al incumplimiento de los artículos 73, 75, 76 y 78 de la normativa ARCSA 067-2015 por el poco espacio disponible y las condiciones ambientales en el área de producción actual. Sin embargo, se identificó un espacio externo a la línea actual, que permitirá satisfactoriamente la implementación de una nueva línea para la elaboración de harina y bebida instantánea.

El proceso productivo deberá integrar un proceso de molienda húmeda con un tiempo de secado de 2.87 horas a 55°C, así como un segundo proceso de molienda (fina) para obtener una harina con un tamaño de partícula menor a 180 μm y 12% de humedad final, que de cumplimiento con las normas técnicas pertinentes y asegurando la inocuidad de los productos.

El diseño propuesto para la línea de producción presenta una distribución de sus etapas en forma de U, lo que permitirá una alta flexibilidad para trabajar de manera ergonómica y un flujo ascendente que asegura la inocuidad del proceso.

El área ocupada para la implementación de la línea representa sólo un 10% del espacio disponible, lo que deduce la posibilidad de ampliación en futuro para aumento de capacidad productiva o incorporación de una tercera línea, como la propuesta de una bebida instantánea a partir de esta harina.

El costo estimado por presentación de 500 g de harina de arroz es de \$1.02 generando un margen de contribución de 32% para la empresa. Por otro lado, el análisis financiero de la propuesta planteada muestra resultados favorables con un VAN de \$10,108.84, un TIR de 37% y un periodo de recuperación de 3 años generando utilidad desde el primer año, lo que permite inferir que el proyecto es rentable financieramente.

4.2 Recomendaciones

- Se propone realizar pruebas sensoriales y considerar características organolépticas como sabor, color y consistencia para la mejora y ajuste de la formulación de la bebida instantánea y de igual manera un análisis para mejorar la apariencia de la harina.
- El presente trabajo debe pasar por una fase de validación, se deben realizar pruebas en laboratorio con el fin de verificar los cálculos de potencia estimados para la selección de equipos. Asimismo, realizar las pruebas fisicoquímicas pertinentes que comprueben los requisitos estipulados por las normativas para los productos.
- Se plantea la necesidad de realizar un estudio de mercado que permita calcular la demanda real de los productos, y con ello conocer la capacidad mínima o máxima de producción con la que se puede iniciar los primeros años, estimar un porcentaje aproximado de aumento en ventas y obtener una proyección más certera del comportamiento financiero del proyecto y su rentabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña Gómez, A. C., & Sánchez Soto, J. M. (2019). Obtención y caracterización de harina de arroz para uso en productos de pastelería sin gluten. *SENNOVA*, 41–45.
- Aguirre, R., & Peske, S. T. (1988). *Manual para el beneficio de semillas*. CIAT.
- Agurto, K., & Mero, E. (2011). *Utilización de harina de arroz en la elaboración de pan* [Escuela Superior Politécnica del Litoral].
<https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/90256/D-79422.pdf>
- Alibaba. (n.d.-a). *Banda Transportadora*. Retrieved January 15, 2021, from https://spanish.alibaba.com/product-detail/90-degree-180-degree-turning-belt-conveyor-system-rubber-belt-conveying-60606125860.html?spm=a2700.md_es_ES.deiletai6.1.76eb37e7b7s1Mp
- Alibaba. (n.d.-b). *Molino De Martillos*. Retrieved January 4, 2021, from <https://spanish.alibaba.com/product-detail/manufacture-multifunctional-automatic-0-3-0-8t-china-hammer-mill-price-62042811157.html>
- Alibaba. (n.d.-c). *Screw Conveyor*. Retrieved January 15, 2021, from https://www.alibaba.com/product-detail/Small-Screw-Conveyor-Professional-Manufacture-Movable_62477004282.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_title.60db3c9e9OKUh8&s=p
- Alibaba. (n.d.-d). *Z-type Bucket Elevator*. Retrieved January 15, 2021, from https://www.alibaba.com/product-detail/Z-Type-bucket-elevator-wheat-flour_62107610549.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_title.5e2f3495oc7Sv4&s=p&fullFirstScreen=true
- ARCSA, Pub. L. No. 681, Registro Oficial Suplemento 681 de 01-feb.-2016 59 (2015). https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/04/ARCSA-DE-067-2015-GGG_NORMATIVA-TÉCNICA-SANITARIA-PARA-ALIMENTOS-PROCESADOS.pdf
- Asmeda, R., Noorlaila, A., & Norziah, M. H. (2015). Effects of Different Grinding Methods on Chemical and Functional Properties of MR211 Rice Flour. *ETP International Journal of Food Engineering*, 1(2), 111–114.
<https://doi.org/10.18178/ijfe.1.2.111-114>
- Bertolini, M., Braglia, M., & Carmignani, G. (2006). An FMECA-based approach to process analysis. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 1(2), 127–145. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2006.009769>

- Bhise, S., Kaur, A., & Manikantan, M. (2014). Moisture dependent physical properties of maize (PMH-1). *Acta Alimentaria*, 43(3), 394–401. <https://doi.org/10.1556/AAlim.43.2014.3.5>
- Buhler. (n.d.). *Automatic flowbalancer MZAH*. Retrieved January 15, 2021, from https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/en/products/flow_balance_r.html
- Carrie, A. S. (1975). The layout of multi-product lines. *International Journal of Production Research*, 13(6), 541–557. <https://doi.org/10.1080/00207547508943027>
- Casp, A. (2005). Distribución en planta. In *Diseño de industrias agroalimentarias*. Grupo Mundi-Prensa.
- Chen, W. (2016). SLP Approach Based Facility Layout Optimization: An Empirical Study. *Science Journal of Business and Management*, 4(5), 172. <https://doi.org/10.11648/j.sjbm.20160405.15>
- Chiang, P. Y., & Yeh, A. I. (2002). Effect of soaking on wet-milling of rice. *Journal of Cereal Science*, 35(1), 85–94. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2001.0419>
- Dávila, L. P., & Herrera, A. del R. (2019). *Estudio de Factibilidad para Instalar una Planta de Producción de Harina de Arroz en la Ciudad de Arequipa 2018*. Universidad Católica San Pablo.
- DBM Machinery. (n.d.). *Ball Mill*. Retrieved January 4, 2021, from [https://www.dingbocrusher.net/products/beneficiation-machine/Ball-Mill.html?campaignid=10563310799&creative=462517133453&keyword=ball mill&device=c&adposition=&matchtype=p&network=g&targetid=kwd-97487365&feeditemid=&placement=&gclid=CjwKCAiAt9z-BRBCEiwA_b](https://www.dingbocrusher.net/products/beneficiation-machine/Ball-Mill.html?campaignid=10563310799&creative=462517133453&keyword=ball%20mill&device=c&adposition=&matchtype=p&network=g&targetid=kwd-97487365&feeditemid=&placement=&gclid=CjwKCAiAt9z-BRBCEiwA_b)
- De la Paz Castro, V. G., & Coello Ojeda, K. (2012). *Obtención y optimización de la mezcla para una bebida instantánea dirigida a un programa de alimentación escolar* (Issue 1). Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Dhankhar, P. (2014). Rice Milling. *IOSR Journal of Engineering*, 4(5), 34–42. <https://doi.org/10.9790/3021-04543442>
- Diaz, A., & Uría, R. (2009). *Programa Interamericano para la Promoción del Comercio, los Negocios Agrícolas y la Inocuidad de los Alimentos*. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5294e/A5294e.pdf>
- Dolan, K., Hughes, D., Leavell, K., Swaine, R., & Hayes, M. (1996). *DRY CHOCOLATE FLAVORED BEVERAGE MIX* (Patent No. H1620).
- Escher, F. (2005). Handbook of food processing equipment. In *LWT - Food Science and Technology* (Vol. 38, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.04.011>

- FAO. (2017). *Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes. Organización Mundial de la Salud, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* (L. Allen, B. de Benoist, O. Dary, & R. Hurrell (eds.); Primera).
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255541/9789243594019-spa.pdf>
- Franco, E., & González, L. (2018). *Rediseño de una línea de producción para una empresa procesadora de barra de cereales*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Grain Tech. (2017). *POWDER PROCESSING EQUIPMENT RANGE*.
- Higiénica, P., & Primas, D. E. M. (2003). CODIGO INTERNACIONAL DE PRACTICAS RECOMENDADO - PRINCIPIOS GENERALES DE HIGIENE DE LOS ALIMENTOS CAC/RCP 1-1969, Rev 4 (2003). *Control*, 4.
- Indiamart. (2019). *Aero Mechanical Conveyor*.
<https://www.indiamart.com/proddetail/aero-mechanical-conveyor-21648099673.html>
- INEC- ESPAC. (2019). *Principales Resultados ESPAC*.
- INEN. (2010). *NTE INEN 2471. Mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas. Requisitos*.
https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_2471.pdf
- INEN. (2016). *NTE INEN 3050. Harina De Arroz. Requisitos* (No. 3050).
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_3050.pdf
http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_3050.pdf%0Ahttps://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_3050.pdf
- Joy, E.-E. (2016). The Effect of Variety and Processing Methods on the Functional and Chemical Properties of Rice Flour. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5(1), 80. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20160501.22>
- Kibar, H., & Öztürk, T. (2008). Physical and mechanical properties of soybean. *International Agrophysics*, 22(3), 239–244.
- Kikolski, M., & Ko, C. H. (2018). Facility layout design - Review of current research directions. *Engineering Management in Production and Services*, 10(3), 70–79.
<https://doi.org/10.2478/emj-2018-0018>
- Kim, M. H. (2013). Review on Rice Flour Manufacturing and Utilization. *Journal of Biosystems Engineering*, 38(2), 103–112. <https://doi.org/10.5307/jbe.2013.38.2.103>
- Kiran, D. R. (2017). Seven Traditional Tools of TQM. *Total Quality Management*, 271–290. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811035-5.00020-9>

- Kiran, D. R. (2019a). Product and process development. In *Production Planning and Control* (pp. 223–246). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818364-9.00016-0>
- Kiran, D. R. (2019b). Systematic layout planning. *Production Planning and Control*, 279–292. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818364-9.00019-6>
- Kruszelnicka, W., Marczuk, A., Kasner, R., Baldowska-Witos, P., Piotrowska, K., Flizikowski, J., & Tomporowski, A. (2020). Mechanical and processing properties of rice grains. *Sustainability (Switzerland)*, 12(2), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su12020552>
- Leewatchararongjaroen, J., & Anuntagool, J. (2016). Effects of Dry-Milling and Wet-Milling on Chemical, Physical and Gelatinization Properties of Rice Flour. *Rice Science*, 23(5), 274–281. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.08.005>
- Liaotrakoon, W., Liaotrakoon, V., Wongsangtham, W., & Rodsiri, S. (2014). Influence of dry- and wet-milling processes on physicochemical properties, syneresis, pasting profile and microbial count of job's tear flour. *International Food Research Journal*, 21(5), 1745–1749.
- Loubes, M. A. (2015b). Molienda seca y húmeda de arroz en molino planetario. Cinética de la molienda, efecto de las condiciones de molienda en las propiedades funcionales de la harina y del almidón y diseño de mezclas para pastas sin gluten. In *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*. Universidad de Buenos Aires.
- Marín, E. (2018). *Implementación de un plan HACCP para la panificación tradicional*. Instituto Politécnico Nacional.
- Mitchell, C. R., Mitchell, P. R., & Nissenbaum, R. (1988). *NUTRITIONAL RICE MELK PRODUCT* (Patent No. 4,744,992).
- Muthayya, S., Sugimoto, J. D., Montgomery, S., & Maberly, G. F. (2014). An overview of global rice production, supply, trade, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1324(1), 7–14. <https://doi.org/10.1111/nyas.12540>
- N. Ghadge, P. (2012). Some Physical Properties of Rice Kernels: Variety PR-106. *Journal of Food Processing & Technology*, 03(08). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000175>
- Najar A., C., & Alvarez Merino, J. (2007). Mejoras en el proceso productivo y modernización mediante sustitución y tecnologías limpias en un molino de arroz. *Industrial Data*, 10(1), 22–32. http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/vol10_n1/a05.pdf
- Nambi, E., Manickavasagan, A., & Sultan, S. (2017). Rice Milling Technology to

- Produce Brown rice. In *Brown Rice* (Issue August, pp. 3–21). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-59011-0>
- Ngamnikom, P., & Songsermpong, S. (2011). The effects of freeze, dry, and wet grinding processes on rice flour properties and their energy consumption. *Journal of Food Engineering*, *104*(4), 632–638.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.02.001>
- Oviedo, Á. P. (2012). *Diseño y construcción de un dosificador de granos secos*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Padma, M., Jagannadarao, P. V. K., Edukondalu, L., Ravibabu, G., & Aparna, K. (2018). Physico-Chemical Analysis of Milk Prepared from Broken Rice. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *7*(2), 426–428.
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.054>
- Pourbagher, R., Rohani, A., Rahmati, M. H., & Abbaspour-Fard, M. H. (2018). Modeling and optimization of drying process of paddy in infrared and warm air fluidized bed dryer. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, *20*(3), 162–171.
- Raheem, D. (2016). Use and Production of Paper Packaging for Food. In *Reference Module in Food Science* (pp. 1–5). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.03202-9>
- Rosińska, M., & Chillara, N. (2017). Layout design planning of a logistics center: A study on space utilization after merger of two warehouses. *Chalmers University of Technology*, 61.
<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/248717/248717.pdf>
- Samfull. (2020, March 9). *FLOUR PACKING MACHINE*. <https://www.samfull.net/flour-packing-machine/1kg-flour-packing-machine.html>
- Shanthpure, M., & Shivakumar, M. R. (2017). Designing Facility layout and effective material handling for a ceramic insulator plant. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, *4*(7), 1675–1678.
<https://irjet.net/archives/V4/i7/IRJET-V4I7358.pdf>
- Silotec. (2020). *Silos UV Silo*. https://textilsilo.de/wp-content/uploads/2020/09/UV_ESDef.pdf
- Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2014). Introduction to food engineering: Fourth edition. In *Introduction to Food Engineering: Fifth Edition* (Fourth). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/C2011-0-06101-X>
- Soyoye, B. O., Ademosun, O. C., & Agbetoye, L. A. S. (2018). Determination of some physical and mechanical properties of soybean and maize in relation to planter

design. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 20(1), 81–89.

Toledo, R. T. (2017). Physical Separation Processes - Sieving. In *Fundamentals of Food Process Engineering* (3rd ed., Vol. 110, Issue 9, pp. 503–505). Springer.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Cálculos para fortificación con calcio

El valor diario recomendado de ingesta de calcio es de 1300 mg y para esta formulación se consideró una fortificación del 45%.

$$1300 \text{ mg Ca} \times 45\% = 585 \text{ mg Ca}$$

Para cumplir con lo indicado, se considera una pureza de 40%Ca en $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, lo que indica que 1 mg de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ tiene 0.4 mg de Ca.

Por lo tanto,

$$585 \text{ mg Ca} \times \frac{1 \text{ mg Ca}_3(\text{PO}_4)_2}{0.4 \text{ mg Ca}} = 1462.5 \text{ mg Ca}_3(\text{PO}_4)_2$$

Es decir, en 1462.5 mg de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ se tiene 585 mg Ca, lo que representa el 45% de fortificación, pero se necesita conocer la cantidad requerida para una presentación de 250 g de la bebida, es decir 250000 mg, por lo tanto:

$$250000 \text{ mg} \rightarrow 100\%$$

$$1462.5 \text{ mg} \rightarrow x$$

$$x = 0.59\% \text{ Ca}_3(\text{PO}_4)_2$$

APÉNDICE B

Reportes de SOLVER

Microsoft Excel 16.0 Answer Report
Worksheet: [CALCULOS DE METODOLOGIA.xlsx]FORMULACIÓN
Report Created: 10/12/2020 1:19:36
Result: Solver found a solution. All Constraints and optimality conditions are satisfied.

Solver Engine
 Engine: Simplex LP
 Solution Time: 0,156 Seconds.
 Iterations: 14 Subproblems: 0

Solver Options
 Max Time Unlimited, Iterations Unlimited, Precision 0,000001, Use Automatic Scaling
 Max Subproblems Unlimited, Max Integer Sols Unlimited, Integer Tolerance 1%, Assume NonNegative

Objective Cell (Max)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$Q\$13	F.O.: CONTENIDO DE PROTEÍNAS	7,525	7,525

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$J\$13	HARINA DE ARROZ	55,595	55,590	Contin
\$K\$13	CACAO EN POLVO	13	13	Contin
\$L\$13	PANELA GRANULADA	30	30	Contin
\$M\$13	GOMA XANTANA	0,02	0,02	Contin
\$N\$13	FOSFATO TRIBÁSICO DE CALCIO	0,585	0,590	Contin
\$O\$13	ÁCIDO CÍTRICO	0,800	0,800	Contin

Microsoft Excel 16.0 Sensitivity Report
Worksheet: [CALCULOS DE METODOLOGIA.xlsx]FORMULACIÓN
Report Created: 10/12/2020 1:19:37

Variable Cells

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$J\$13	HARINA DE ARROZ	55,59	0	0,0769	0,1731	0,0769
\$K\$13	CACAO EN POLVO	13	0	0,25	1E+30	0,1731
\$L\$13	PANELA GRANULADA	30	0	0	0,0769	1E+30
\$M\$13	GOMA XANTANA	0,02	0	0	0,0769	1E+30
\$N\$13	FOSFATO TRIBÁSICO DE CALCIO	0,59	0	0	1E+30	1E+30
\$O\$13	ÁCIDO CÍTRICO	0,8	0	0	0,0769	1E+30

Constraints

Cell	Constraints	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$P\$16	1) $\sum N=100$	100	0,0769	100	1E+30	55,59
\$P\$17	2) cacao en polvo	13	0	3	10	1E+30
\$P\$18		13	0,1731	13	55,59	10
\$P\$19	3) panela granulada	30	-0,0769	30	20	30
\$P\$20		30	0	50	1E+30	20
\$P\$21	4) goma xantana	0,02	-0,0769	0,02	0,48	0,02
\$P\$22		0,02	0	0,5	1E+30	0,48
\$P\$24	5) ácido cítrico	0,8	-0,0769	0,8	3,2	0,8
\$P\$25		0,8	0	4	1E+30	3,2
\$P\$23	6) fosfato tribásico de calcio	0,59	-0,0769	0,59	55,59	0,59
\$P\$26	7) $N > 0$	100	0	0	100	1E+30

Fuente: Elaboración propia

APÉNDICE C

Flujo de producción de subproductos durante el 2019.

Mes / Arrocillo	Cáscara de arroz (QQ)	Polvillo (QQ)	Semi especial (QQ)	Fino (QQ)	Grueso (QQ)	Yelen (QQ)	Total (QQ)
Enero	56	3144.97	0	482,78	2494	268	5962.97
Febrero	22	1616	124	387	518,25	97	2246
Marzo	47	2204	340	184	1000	148	3923
Abril	25	2408	389	436	749	161	4168
Mayo	36	2315	376	210	1316	159	4412
Junio	41	2707	606	611	1671	184	5820
Julio	40	2613	398	471	603	156	4281
Agosto	21	2689	305	730	546	122	4413
Septiembre	0	2785	137	523	1752	201	5398
Octubre	4	3272	239	459	1844	215	6033
Noviembre	10	2743	231	633	1480	180	5277
Diciembre	52	3567.2	382	600	2316	243	7160.2

Fuente: Elaboración Propia

APÉNDICE D

Fichas técnicas de equipos

I. Ficha técnica molino martillo [Alibaba, s. f.-b]

PRODUCT DESCRIPTION

1. molino de martillo de PVC Estructura razonable, el rotor se mide por equilibrio dinámico, funcionamiento suave; rib de refuerzo de la carcasa, garantiza la estabilidad del funcionamiento; entrada sobre barra deformada soldada, mejora la eficiencia de producción. la función: a. aumentar las tasas de colisión, eficiencia; b. Protección de pantallas;

2 De PVC martillo Molino: se puede seleccionar una amplia gama de alimentación hacia arriba o por un lado según el tamaño del material,

Para que puedas triturar algunos materiales largos y delgados, como ramas de árbol, pajitas;

3. El molino de martillo de PVC se puede añadir sistemas de refrigeración por agua, mientras que la máquina de trabajo se está enfriando. Garantía

Trabajo estable a largo plazo; esta función solo debe usarse para romper placas de PVC

4. La trituradora de martillo de PVC es principalmente aplicable a las industrias de pellets de energía de biomasa.

5. Con el certificado CE & ISO, asegúrate de que la alta calidad y el funcionamiento seguro.



Aplicaciones:

Moldea principalmente el caucho residual, el tablero de espuma de PVC y todo tipo de piezas de madera, tallos. etc. Es ampliamente nosotros

Ed en la fábrica de combustible de biomasa, central eléctrica, fábrica de forrajes, fábrica de cultivo, fábrica de fertilizantes orgánicos,

Medicina china, industria química, etc.

Ventaja competitiva:

Placa de acero inoxidable, resistencia a la corrosión, menos material de palo, fácil de limpiar, estructura simple, fácil Funcionamiento, productos de alta calidad prácticos, eficiencia alta capacidad de sobrecarga, bajo ruido, estructura fiable,

Aspecto hermoso, fácil adaptabilidad, duradero seguro, duradero firme

Modelo	Capacidad (t/h)	De la potencia (kw)	Peso (t)	Tamaño (mm)
SG40	0,3-0,8	7,5	0,27	1310x800x1070
SG50	0,6-1	15	0,45	1380x800x1010
SG65 * 27	1-2	22	1,1	1500x1000x1100
SG65 * 55	2-3	45	1,5	1700 × 1000 × 1100
SG65 * 75	3-5	75	1,9	2100x1000x1100
SG65 * 100	4-6	110	2,3	2400 × 1000 × 1100
SG130 * 55	6-8	160	5,3	2800 × 1620 × 2100
SG130 * 100	8-10	220	6,8	3020 × 1620 × 2170

II. Ficha técnica molino de rodillos [Grain Tech, 2017]

YGJ Series Roller Mill

Application:

Mainly used to grind materials which have an oil content, such as, sesame seed, peanut and almond etc., also incorporated where sizing is called for an even final particle size.

Operating Principle:

The raw materials are fed into the top roller area from a hopper where they are milled into powder or sized by the action of the rollers. Different size of the final product is achieved by adjusting the gap distance of the rollers. The machine has advantages of reliable and simple operation, low noise and high capacity and is the best mill for oily materials. Different types of roll fluting may be supplied to suit varying milling applications.



Technical Parameters:

Model	Capacity	Milling Fineness	Motor Power	Overall Dimension	Weight
YGJ1-100	20-80 kg/h	8-20 mesh	0.75 kW	500 x 500 x 890	250 kg
YGJ2-100		8-40 mesh	1.5 kW	500 x 500 x 1130	300 kg
YGJ3-100		8-60 mesh	2.2 kW	500 x 500 x 1370	350 kg
YGJ4-100		8-80 mesh	3 kW	500 x 500 x 1610	400 kg
YGJ1-150	50-200 kg/h	8-20 mesh	2.2 kW	720 x 520 x 920	500 kg
YGJ2-150		8-40 mesh	3 kW	720 x 520 x 1160	550 kg
YGJ3-150		8-60 mesh	4 kW	720 x 520 x 1160	600 kg
YGJ4-150		8-80 mesh	5.5 kW	720 x 520 x 1640	650 kg
YGJ1-300	100-500 kg/h	8-20 mesh	3 kW	920 x 700 x 1200	760 kg
YGJ2-300		8-40 mesh	4 kW	920 x 700 x 1480	940 kg
YGJ3-300		8-60 mesh	7.5 kW	920 x 700 x 1760	1120 kg
YGJ4-300		8-80 mesh	7.5 kW	900 x 700 x 2060	1300 kg
YGJ1-500	200-1000 kg/h	8-20 mesh	5.5 kW	1100 x 730 x 1220	950 kg
YGJ2-500		8-40 mesh	7.5 kW	1100 x 730 x 1480	1250 kg
YGJ3-500		8-60 mesh	11 kW	1100 x 730 x 1820	1550 kg
YGJ4-500		8-80 mesh	11 kW	1100 x 730 x 2120	1850 kg

III. Ficha técnica molino de bolas [DBM Machinery, s. f.]

Ball mill is the key equipment for secondary grinding after crushing. And it is suitable for grinding all kinds of ores and other materials, no matter wet grinding or dry grinding. In our company, this series of high-efficiency ball mill adopts rolling bearing support instead of sliding bearing support with bearing bush. Therefore, it can save energy by 10-20%. According to different discharging ways, it can be divided into two kinds, grate type and overflow type.

Working Principle

The Ball mill can be divided into lattice type and overflow type according to different beneficiation methods, and this machine is two lattice-type ball mill. The materials from the feeding fittings enter the first bin of the milling machine via the feeding hollow axis evenly when it works. There is a ladder-like or ripple-like scaleboard in the first bin, and different specification steel balls are installed in the bin. When the cylinder rotates, which generating centrifugal force to carries steel balls to a certain height and then balls fall to strike and grind the material. After primary grinding in the first bin, the material then enters into the second bin via a single layer partition board. There is a scaleboard and steel balls in the second bin, so the materials are further ground. In the end, the powder is discharged by output material board.

Applications:

Besides, it is mainly applied in many industries, such as ferrous&non-ferrous metal mine, building materials, chemical, electric power, coal, traffic, light industry, etc.

Features:

Features

1. Reliable performance .more than 100 years of history.
2. Easy operation, due to structure is simple.
3. Convenient in maintenance.

Technical Data:

Model	Cylinder rotary speedr/min)	Loading ball weight(t)	Input size (mm)	Discharge size(mm)	Capacity (t/h)	Motor power(kw)	Weight(t)
Φ900×1800	39	1.5	≤20	0.075-0.89	0.8-2	18.5	4.6
Φ900×3000	39	2.7	≤20	0.075-0.89	1~4	22	5.6
Φ1200×3000	36	3.5	≤25	0.074-0.4	1.6-5	37	12.8
Φ1200×4500	32	5	≤25	0.074-0.4	1.6-5.8	55	13.8
Φ1500×3000	27	7.5	≤25	0.074-0.4	2~5	75	15.6
Φ1500×5700	28	12	≤25	0.074-0.4	3.5-6	130	24.7
Φ1830×3000	25	11	≤25	0.074-0.4	4~10	130	28
Φ1830×6400	24	21	≤25	0.074-0.4	7~16	210	34
Φ1830×7000	24	23	≤25	0.074-0.4	8~18	245	36
Φ2100×3600	23	19	≤25	0.074-0.4	10-36	210	46
Φ2200×4500	21	27	≤25	0.074-0.4	12~23	280	48.5
Φ2200×6500	21	35	≤25	0.074-0.4	14-26	380	52.8
Φ2200×7000	21	35	≤25	0.074-0.4	15-28	380	54
Φ2200×7500	21	35	≤25	0.074-0.4	15-30	380	56
Φ2400×4500	21	30	≤25	0.074-0.4	18-45	320	65
Φ2400×8000	20	36	≤25	0.074-0.4	20-48	410	81
Φ2700×3600	21	39	≤25	0.074-0.4	19-75	400	83
Φ2700×4000	20	40	≤25	0.074-0.4	20-78	400	85
Φ2700×4500	20	48	≤25	0.074-0.4	22-85	430	89
Φ3200×4500	18	65	≤25	0.074-0.4	29-140	800	137
Φ3200×5400	18	81.6	≤25	0.074-0.4	30-180	800-1000	146
Φ3600×4500	17	88	≤25	0.074-0.4	35-210	1000	190

IV. Ficha técnica molino de jet [Grain Tech, 2017]

QLDJ Series Fluidised Jet Mill



Application:

The QLDJ Series Fluidised airflow Jet Mill is the largest super fine fluidised milling machine. It combines the manifold nozzle tube technology, fluidised-bed technology and horizontal grading technology and mechanical integration. It represents the developing trend of jet milling. The super-fine powder made by this machine is widely used in the pharmaceutical, chemical, mine energy, electronics, medicinal, pesticide, plastic, paper manufacturing, pigment, paint manufacturing, dyestuff, grinding paste food and cosmetic industries. It can also be used to grind high pure product such as polymer material, advanced electromagnetic material, magnetic material, semiconductor material, fine chemical, powder, catalyser, reagent, chemicals and activator etc.

Operating Principle:

The Fluidised airflow jet Mill consists of an air supply unit, grinding unit, powder grading and powder collecting facility. The compressed air from the air supply unit mixes with the particles from the feeding unit in the grinding chamber and forms the air solid phase flow. The supersonic airflow generated by the ejectors causes the particles to collide and impact into each other. Those particles then reach the required fineness and are released by the grading unit on the top of the machine. They are collected and packed by the collecting unit.

Features:

This machine has many advantages such as high-speed flow rate, high grading efficiency, low energy consumption, little material waste, capable of grinding material of great hardness, easy to adjust the fineness of the powder, easy operation, fully sealed chamber, wide application (can be used to grind heat sensitive material), stable and reliable operation.

Technical Parameters:

Model	QLDJ-300	QLDJ-400	QLDJ-630
Feed Size	100 mesh		
Product Size	2-100 μm	5-120 μm	6-150 μm
Grinding Pressure	0.65-0.95 MPa		
Power of Grading Wheel	4 kW	7.5 kW	11 kW
Speed of Grading Wheel	8000 r/min	6000 r/min	4000 r/min
Air Flow	10-13 m^3/min	20-25 m^3/min	40-50 m^3/min
Capacity	30-250 kg/h	100-500 kg/h	200-1000 kg/h
Total Power of System	90-110 kW	160-180 kW	300-360 kW
Overall Dimension	942 x 612 x 1438	107 x 782 x 1719	1416 x 1077 x 2112
Weight	330 kg	400 kg	752 kg

V. Ficha técnica secadora [Grain Tech, 2017]

FL Series Fluidised Granulating Dryer

Features:

Mixing, granulating and drying are completed within a single process and the process is completely sealed with no dust emissions to atmosphere. The filter media has anti-static properties for added safety and explosion relief features are installed. All contact surfaces are rounded and designed for easy cleaning with sight glass inspection ports being fitted. The loading and unloading is easily carried out.

Operating Principle:

Granulation of the solution occurs through droplets fluidising when coming into contact with the hot air within the spray chamber. Clean heated air is introduced into the lower spraying area where it rises to contact the sprayed liquid. The rapid evaporation of moisture within the droplets produces granules which remain in suspension in a fluidised state. The evaporated high moisture air discharges via a filter assembly to atmosphere while the formed granules accumulate in the removable sealed hopper assembly. In operation the fluidised granulator produces an even particle size finished granule as a continuous operation. All contact parts are manufactured to the GMP standards in stainless steel and complete operation is controlled from an automated process control panel where parameters may be set according to process requirements.



Technical Parameters:

Model	FL-3	FL-5	FL-15	FL-30	FL-60	FL-120	FL-200	FL-300	FL-500
Container Volume	12 L	22 L	45 L	100 L	220 L	420 L	670 L	1000 L	1500 L
Container Diameter	300 mm	400 mm	550 mm	700 mm	1000 mm	1200 mm	1400 mm	1600 mm	1800 mm
Capacity	3 kg/batch	5 kg/batch	15 kg/batch	30 kg/batch	60 kg/batch	120 kg/batch	200 kg/batch	300 kg/batch	500 kg/batch
Fan capacity	1000 m ³ /h	1200 m ³ /h	1400 m ³ /h	1800 m ³ /h	3000 m ³ /h	4500 m ³ /h	6000 m ³ /h	7000 m ³ /h	8000 m ³ /h
Fan pressure	375 mm H ₂ O	375 mm H ₂ O	480 mm H ₂ O	480 mm H ₂ O	950mm H ₂ O	950mm H ₂ O	950mm H ₂ O	950mm H ₂ O	950mm H ₂ O
Fan power	3 kW	4 kW	5.5 kW	7.5 kW	11 kW	18.5 kW	22 kW	30 kW	45 kW
Steam flow	15 kg/h	23 kg/h	42 kg/h	70 kg/h	141 kg/h	211 kg/h	282 kg/h	366 kg/h	451 kg/h
Compressed air flow	0.9 m ³ /min	0.9 m ³ /min	0.9 m ³ /min	0.9 m ³ /min	1 m ³ /min	1.1 m ³ /min	1.1 m ³ /min	1.5 m ³ /min	1.5 m ³ /min
Steam pressure	0.3-0.6 MPa	0.3-0.6 MPa	0.3-0.6 MPa	0.3-0.6 MPa	0.3-0.6 MPa	0.3-0.6 MPa	0.3-0.6 MPa	0.3-0.6 MPa	0.3-0.6 MPa
Temperature	Adjustable between room temperature and 120°C								
Working time	Dependent on properties of the raw materials used								
Field	≥ 99%	≥ 99%	≥ 99%	≥ 99%	≥ 99%	≥ 99%	≥ 99%	≥ 99%	≥ 99%
Noise	< 75 dB, separate of fan								
Size	1.0 x 0.6 x 2.1	1.2 x 0.7 x 2.3	1.25 x 0.9 x 2.5	1.6 x 1.1 x 2.5	1.85 x 1.4 x 3	2.2 x 1.65 x 3.3	2.34 x 1.7 x 3.8	2.8 x 2.0 x 4.0	3 x 2.25 x 4.4
Weight of the main body	500 kg	700 kg	900 kg	1000 kg	1100 kg	1500 kg	1500 kg	1800 kg	2000 kg

VI. Ficha técnica mezcladora [Grain Tech, 2017]

CH-VI Series Forced-Type Agitator Mixer

Application:

Based on international advanced mixing technology and designed for optimum performance, the VI type forced mixer is used in pharmaceutical, foodstuff and the chemical industries. The mixing effect is achieved through the combination of the "V" shell and internal agitator action.

Operating Principle:

This machine can mix blends of relatively fine powder as well as agglomerates of materials with relatively high moisture content. The internal agitator refines and homogenises the material as this is blended within the "V" shell mixing action.



Technical Parameters:

Model	Barrel Volume	Max Loading Volume	Max Loading Weight	Mixing Time	Motor Power	Barrel Speed	Agitation Speed	Overall Dimension	Weight
CH-300 VI	300 L	120 L	120 kg	0-99 min	1.1 & 2.2 kW	12 r/min	500 r/min	2100 x 650 x 1850	450 kg
CH-500 VI	500 L	200 L	200 kg		3 & 2.2 kW	12 r/min	500 r/min	2700 x 800 x 2050	480 kg
CH-1000 VI	1000 L	400 L	400 kg		5.5 & 2.2 kW	10 r/min	500 r/min	3000 x 1050 x 2450	950 kg
CH-1500 VI	1500 L	600 L	600 kg		7.5 & 3 kW	10 r/min	500 r/min	3600 x 1100 x 3100	1020 kg
CH-2000 VI	2000 L	850 L	850 kg		7.5 & 3 kW	10 r/min	350 r/min	4215 x 1280 x 3100	2000 kg
CH-2500 VI	2500 L	1200 L	1200 kg		11 & 4 kW	8 r/min	350 r/min	4260 x 1280 x 3200	2040 kg
CH-3000 VI	3000 L	1500 L	1500 kg		11 & 5.5 kW	8 r/min	350 r/min	4400 x 1300 x 3300	2500 kg
CH-4000 VI	4000 L	1800 L	1800 kg		15 & 5.5 kW	6 r/min	300 r/min	4800 x 1300 x 3800	3000 kg
CH-5000 VI	5000 L	2200 L	2200 kg		15 & 7.5 kW	5 r/min	300 r/min	5656 x 1300 x 4380	3500 kg
CH-6000 VI	6000 L	2500 L	2500 kg		18.5 & 7.5 kW	5 r/min	300 r/min	5650 x 1300 x 4380	3800 kg

VII. Ficha técnica envasadora [Samfull, 2020]

100g-3kg Automatic Vertical Form Film Sealing Machine

Application

This machine is integrated with Screw Elevator and Augur Filler, it is widely applied to packing powder, such as flour, detergent powder, milk powder, spice, coco powder, ground coffee, and so on.

Bag type

Paper or plastic film: pillow bag, quad seal stand up bag, gusset bag.



Technical Parameters

Mode	P1-420-WA	P1-520-WA	P1-720-WA
Max width of roll film	≤420mm	≤520mm	≤720mm
Bag sizes	L 80-300mm W 80-200mm	L 100-400mm W 100-250mm	L 100-480mm W 150-350mm
Packing speed	5-60/bags/min	5-50/bags/min	5-30/bags/min
Measuring range	100-1200ml	200-3000ml	300-5000ml
Packing material	OPP/CPP, OPP/PE, PET/PE, PE		
Consumption	6-8kgf/cm ² .015 m ³ /min		
Power and voltage	AC380V, three phase, 50-60HZ,5.5KW	AC380V, three phase, 50-60HZ, 6.0KW	AC380V, three phase, 50-60HZ, 6.5KW
Total weight	1050kg	1250kg	1450kg
Dimension	(L)3874×(W)2378×(H)2542mm	(L)4105×(W)2579×(H)2855mm	(L)4305×(W)2685×(H)3155mm

VIII. Ficha técnica humidificadora [Dávila & Herrera, 2019]

Tipo:	Humidificador de cereales	Uso:	Cereales
Lugar de origen:	Zhengding, China	Potencia:	5.5 Kw
Condición:	Nuevo	Dimensiones:	1650*850*1675
Aplicación:	Humedificador de cereales	Certificación:	ISO
Capacidad:	750 Kg./hr.	Número de Modelo:	Zsh30-100
Peso:	740	Nombre:	Humidificador de cereales
Color:	Blanco	Garantía:	1 año

Precio:	\$ 863.11	S/. 2,856.90
---------	-----------	--------------



IX. Ficha técnica Dosificadora [Buhler, s. f.]

Automatic Flowbalancer MZAH. Gravimetric Proportioning.



Flowbalancer MZAH
For an optimal blending of grain varieties

Technical data

Type	Throughput t/h		Accuracy	Dimensions in mm					Approx. weights in kg net
	Wheat	Corn (maize)		A	B	C	D	E	
MZAH-10	0.1–7.5 1)	–	0.1–1.5 t/h: ± 0.03 t/h 1.5–7.5 t/h: $\pm 1\%$	120, 150	720	445	515	100	50
MZAH-12	0.2–15	0.5–15	0.2–3 t/h: ± 0.03 t/h 3.0–15 t/h: $\pm 1\%$	120, 150	720	445	515	100	50
MZAH-15	0.4–30	1.0–30	0.4–6 t/h: ± 0.06 t/h 6.0–30 t/h: $\pm 1\%$	150, 200	720	445	515	100	50
MZAH-25	5.0–100	5.0–100	5.0–20 t/h: ± 0.05 t/h 20.0–100 t/h: $\pm 2.5\%$	200, 250	720	445	515	107	50

1) only applicable for clean, dry wheat

X. Silos de almacenamiento [Silotec, 2020]

Lista precios 2020/2021

Silos UV Silo®

Tamaños estándar para agricultura



Rodbachstraße 24; D-74397 Pfaffenhofen		E-Mail: info@silotec24.com Internet: www.silotec24.com		HRB 735718	Geschäftsführung: Dietrich Maten		St.Nr. 65201/08300	U.St-ID DE274880143		
Superficie ... m x ... m	Volumen	Tonelaje con D=0,6 t/m³	Altura Silo	Altura estructura BFR 80 cm	Designación	UV-Silo	Nr. Artículo estructura	Nr. Artículo "Tubo llenado" 3"	Nr. Artículo "Tubo llenado" 4"	Nr. Artículo Soporte acero
1,17 x 1,17	1,7 m³	1,0 t	2,0 m	2,8 m	15 - S - 20 UV	AUCC204KX0	AUCC2840S0	AUCC2803F0	AUCC2804F0	AUCC0100T0
	2,8 m³	1,7 t	3,0 m	3,8 m	15 - S - 30 UV	AUCC306KX0	AUCC3860S0	AUCC3803F0	AUCC3804F0	AUCC0170T0
1,32 x 1,32	2,1 m³	1,3 t	2,0 m	2,8 m	20 - S - 20 UV	AUDD205KX0	AUDD2850S0	AUDD2803F0	AUDD2804F0	AUDD0160T0
	2,7 m³	1,6 t	2,4 m	3,2 m	20 - S - 24 UV	AUDD246KX0	AUDD3260S0	AUDD3203F0	AUDD3204F0	AUDD0160T0
	3,3 m³	2,0 t	2,8 m	3,6 m	20 - S - 28 UV	AUDD286KX0	AUDD3660S0	AUDD3603F0	AUDD3604F0	AUDD0200T0
	4,2 m³	2,5 t	3,4 m	4,2 m	20 - S - 34 UV	AUDD347KX0	AUDD4270S0	AUDD4203F0	AUDD4204F0	AUDD0320T0
	4,7 m³	2,8 t	3,8 m	4,6 m	20 - S - 38 UV	AUDD388KX0	AUDD4680S0	AUDD4603F0	AUDD4604F0	AUDD0320T0
	5,0 m³	3,0 t	4,0 m	4,8 m	20 - S - 40 UV	AUDD408KX0	AUDD4880S0	AUDD4803F0	AUDD4804F0	AUDD0320T0
	5,4 m³	3,2 t	4,3 m	5,1 m	20 - S - 43 UV	AUDD439KX0	AUDD5190S0	AUDD5103F0	AUDD5104F0	AUDD0320T0
1,65 x 1,65	3,6 m³	2,2 t	2,2 m	3,0 m	25 - S - 22 UV	AUEE227KX0	AUEE3070S0	AUEE3003F0	AUEE3004F0	AUEE0420T0
	4,5 m³	2,7 t	2,6 m	3,4 m	25 - S - 26 UV	AUEE268KX0	AUEE3480S0	AUEE3403F0	AUEE3404F0	AUEE0420T0
	5,0 m³	3,0 t	2,8 m	3,6 m	25 - S - 28 UV	AUEE288KX0	AUEE3680S0	AUEE3603F0	AUEE3604F0	AUEE0420T0
	6,3 m³	3,8 t	3,4 m	4,2 m	25 - S - 34 UV	AUEE34AKX0	AUEE42A0S0	AUEE4203F0	AUEE4204F0	AUEE0420T0
	7,0 m³	4,2 t	3,7 m	4,5 m	25 - S - 37 UV	AUEE37BKX0	AUEE45B0S0	AUEE4503F0	AUEE4504F0	AUEE0420T0
	7,8 m³	4,7 t	4,0 m	4,8 m	25 - S - 40 UV	AUEE40BKX0	AUEE48B0S0	AUEE4803F0	AUEE4804F0	AUEE0530T0
	8,9 m³	5,3 t	4,5 m	5,3 m	25 - S - 45 UV	AUEE45CKX0	AUEE53C0S0	AUEE5303F0	AUEE5304F0	AUEE0530T0
1,95 x 1,95	4,6 m³	2,8 t	2,2 m	3,0 m	30 - S - 22 UV	AUFF228KX0	AUFF3080S0	AUFF3003F0	AUFF3004F0	AUFF0360T0
	6,0 m³	3,6 t	2,6 m	3,4 m	30 - S - 26 UV	AUFF26AKX0	AUFF34A0S0	AUFF3403F0	AUFF3404F0	AUFF0360T0
	7,3 m³	4,4 t	3,0 m	3,8 m	30 - S - 30 UV	AUFF30BKX0	AUFF38B0S0	AUFF3803F0	AUFF3804F0	AUFF0440T0
	8,6 m³	5,2 t	3,4 m	4,2 m	30 - S - 34 UV	AUFF34CKX0	AUFF42C0S0	AUFF4203F0	AUFF4204F0	AUFF0550T0
	9,2 m³	5,5 t	3,6 m	4,4 m	30 - S - 36 UV	AUFF36CKX0	AUFF44C0S0	AUFF4403F0	AUFF4404F0	AUFF0550T0
	10,5 m³	6,3 t	4,0 m	4,8 m	30 - S - 40 UV	AUFF40CKX0	AUFF48C0S0	AUFF4803F0	AUFF4804F0	AUFF0630T0
	12,2 m³	7,3 t	4,5 m	5,3 m	30 - S - 45 UV	AUFF45DKX0	AUFF53D0S0	AUFF5303F0	AUFF5304F0	AUFF0730T0
	13,8 m³	8,3 t	5,0 m	5,8 m	30 - S - 50 UV	AUFF50DKX0	AUFF58D0S0	AUFF5803F0	AUFF5804F0	AUFF0830T0

XI. Conexiones

Bucket conveyor [Alibaba, s. f.-d]



Quick Details

Power: 2-10kw
 Condition: New
 Material Feature: Heat Resistant
 Place of Origin: China
 Voltage: 120v 240v 380v
 Certification: CE BV ISO

After-sales Service... Video technical support, Engineers available to service mach...
 special design: Z type bucket elevator
 Height: up to 15m
 Elevating Speed: 1.8-2.0m/s
 Transporting way: chainwheel

Applicable Industri... Food & Beverage Factory, Farms, Restaurant, Home Use, Ret
 Material: Stainless Steel
 Structure: Conveyor System
 Brand Name: CW
 Dimension(L*W*H): variable
 Warranty: 1 Year
 Item: bucket elevator
 function: material handling
 Hopper capacity: 3.1-23.5L
 Weight: 200kg
 other feature: oil resistant

Technical parameter of bucket elevator			
bucket volume	1.8L	3.6L	6.5L
bucket material	pp	ss304	ABS
body material	mild steel	stainless steel	
NO.S of discharge port	single	muti-discharge port	
output	4-6m3/h	6.5-8m3/h	5.5-12m3/h
voltage(v)	220/240v	380/415/440v	or as per order
speed	adjustable		
conveying capacity	3-10m3/h		

Screw conveyor [Alibaba, s. f.-c]



\$500.00 - \$4,000.00 / Set | 1 Set/Sets (Min. Order)

Type:

Load Capacity:

Model Number:

TECHNICAL PARAMETERS

Model	Transmission Diameter (mm)	Transmission Length (mm)	Inclined Angle	Handling Capacity (m ³)
LSY150	150	2-12	0-60°	3
LSY200	200	2-13	0-60°	7
LSY250	250	2-16	0-60°	9
LSY300	300	2-18	0-60°	13
LSY400	400	3-22	0-60°	18
LSY500	500	4-28	0-60°	28

Aero mechanical conveyer [Indiamart, 2019]



Product Specification

Brand	Kaveri Industries
Capacity	1-50 kg per feet
Material	SS
Usage/Application	Industries
Angle	0-90 Degree
Voltage	220 V
Frequency	50/60 Hz

Banda transportadora [Alibaba, s. f.-a]



Detalles rápidos

Ancho o diámetro: 500mm

Industrias aplicabl... Hoteles en, De las tiendas, Material de construcción de tiend...

Servicio Local ubic... None

Condición: Nuevo, Nuevo

Característica del ... Resistente al aceite

Lugar del origen: Shanghai, China

Voltaje: 208 ~ 415V

Certificación: CE certificado

Servicio postventa ... Libre de españa

Video saliente de i... Siempre

Garantía de los co... 1 año

Servicio posventa ... Ingenieros disponibles para el servicio de maquinaria en el e...

Otro nombre: Sistema de cinta transportadora de giro de 90 grados 180 gr...

Aplicación: Químicos, productos básicos, alimentos, médicos

Ventaja: Fácil operación

El uso de: Material Transimission

Dimensión (L * W *... Personalizado

Energía (W): 0.75kw

Después de servici... Video de apoyo técnico, Apoyo en línea, España, Campo de .

Exposición de ubic... None

Material: DE ACERO INOXIDABLE

Estructura: Cinta transportadora

Marca: Tandy

Dimensión (L*W*H): Personalizado

Garantía: 1 año

: Informe de prueba: Siempre

Marketing tipo: Producto caliente 2019

Los componentes ... Motor, Rodamiento

Nombre del produ... Sistema de cinta transportadora

Material de estruct... Acero inoxidable 304

Característica: De alta eficiencia

Palabra clave: Cinta transportadora de la línea

Tensión de: 208 ~ 415V

La certificación: CE certificado

APÉNDICE E

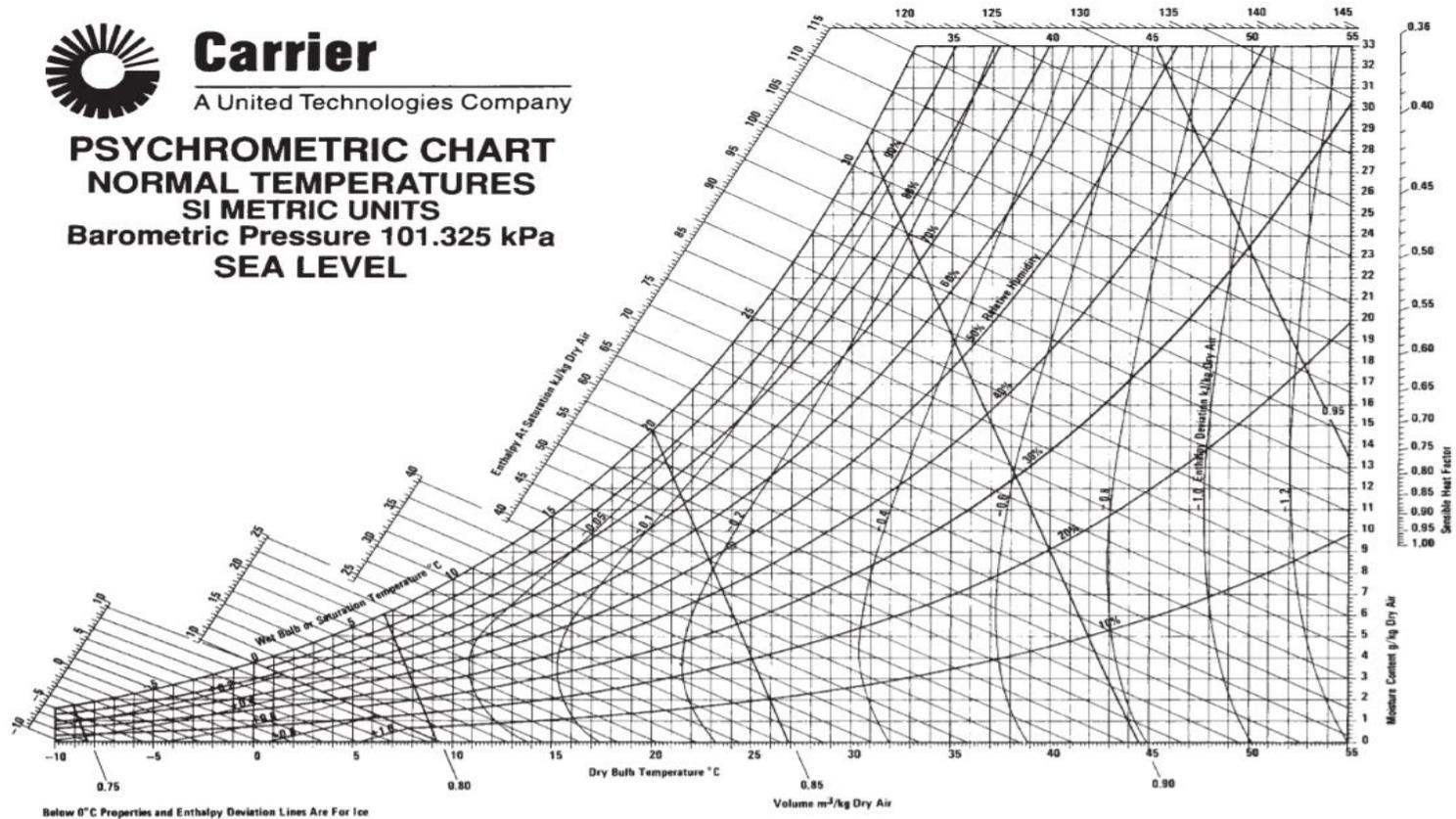
Carta psicrométrica [Singh & Heldman, 2014]



Carrier

A United Technologies Company

**PSYCHROMETRIC CHART
NORMAL TEMPERATURES
SI METRIC UNITS
Barometric Pressure 101.325 kPa
SEA LEVEL**



APÉNDICE F

Tabla de propiedades del vapor saturado [Singh & Heldman, 2014]

Table A.4.2 Properties of Saturated Steam

Temperature (°C)	Vapor pressure (kPa)	Specific volume (m ³ /kg)		Enthalpy (kJ/kg)		Entropy (kJ/[kg °C])	
		Liquid	Saturated vapor	Liquid (H _l)	Saturated vapor (H _g)	Liquid	Saturated vapor
0.01	0.6113	0.0010002	206.136	0.00	2501.4	0.0000	9.1562
3	0.7577	0.0010001	168.132	12.57	2506.9	0.0457	9.0773
6	0.9349	0.0010001	137.734	25.20	2512.4	0.0912	9.0003
9	1.1477	0.0010003	113.386	37.80	2517.9	0.1362	8.9253
12	1.4022	0.0010005	93.784	50.41	2523.4	0.1806	8.8524
15	1.7051	0.0010009	77.926	62.99	2528.9	0.2245	8.7814
18	2.0640	0.0010014	65.038	75.58	2534.4	0.2679	8.7123
21	2.487	0.0010020	54.514	88.14	2539.9	0.3109	8.6450
24	2.985	0.0010027	45.883	100.70	2545.4	0.3534	8.5794
27	3.567	0.0010035	38.774	113.25	2550.8	0.3954	8.5156
30	4.246	0.0010043	32.894	125.79	2556.3	0.4369	8.4533
33	5.034	0.0010053	28.011	138.33	2561.7	0.4781	8.3927
36	5.947	0.0010063	23.940	150.86	2567.1	0.5188	8.3336
40	7.384	0.0010078	19.523	167.57	2574.3	0.5725	8.2570
45	9.593	0.0010099	15.258	188.45	2583.2	0.6387	8.1648
50	12.349	0.0010121	12.032	209.33	2592.1	0.7038	8.0763

(Continued)

Table A.4.2 (Continued)

Temperature (°C)	Vapor pressure (kPa)	Specific volume (m ³ /kg)		Enthalpy (kJ/kg)		Entropy (kJ/(kg °C))	
		Liquid	Saturated vapor	Liquid (H _f)	Saturated vapor (H _g)	Liquid	Saturated vapor
55	15.758	0.0010146	9.568	230.23	2600.9	0.7679	7.9913
60	19.940	0.0010172	7.671	251.13	2609.6	0.8312	7.9096
65	25.03	0.0010199	6.197	272.06	2618.3	0.8935	7.8310
70	31.19	0.0010228	5.042	292.98	2626.8	0.9549	7.7553
75	38.58	0.0010259	4.131	313.93	2635.3	1.0155	7.6824
80	47.39	0.0010291	3.407	334.91	2643.7	1.0753	7.6122
85	57.83	0.0010325	2.828	355.90	2651.9	1.1343	7.5445
90	70.14	0.0010360	2.361	376.92	2660.1	1.1925	7.4791
95	84.55	0.0010397	1.9819	397.96	2668.1	1.2500	7.4159
100	101.35	0.0010435	1.6729	419.04	2676.1	1.3069	7.3549
105	120.82	0.0010475	1.4194	440.15	2683.8	1.3630	7.2958
110	143.27	0.0010516	1.2102	461.30	2691.5	1.4185	7.2387
115	169.06	0.0010559	1.0366	482.48	2699.0	1.4734	7.1833
120	198.53	0.0010603	0.8919	503.71	2706.3	1.5276	7.1296
125	232.1	0.0010649	0.7706	524.99	2713.5	1.5813	7.0775
130	270.1	0.0010697	0.6685	546.31	2720.5	1.6344	7.0269
135	313.0	0.0010746	0.5822	567.69	2727.3	1.6870	6.9777
140	361.3	0.0010797	0.5089	589.13	2733.9	1.7391	6.9299
145	415.4	0.0010850	0.4463	610.63	2740.3	1.7907	6.8833
150	475.8	0.0010905	0.3928	632.20	2746.5	1.8418	6.8379
155	543.1	0.0010961	0.3468	653.84	2752.4	1.8925	6.7935
160	617.8	0.0011020	0.3071	675.55	2758.1	1.9427	6.7502
165	700.5	0.0011080	0.2727	697.34	2763.5	1.9925	6.7078
170	791.7	0.0011143	0.2428	719.21	2768.7	2.0419	6.6663
175	892.0	0.0011207	0.2168	741.17	2773.6	2.0909	6.6256
180	1002.1	0.0011274	0.19405	763.22	2778.2	2.1396	6.5857
190	1254.4	0.0011414	0.15654	807.62	2786.4	2.2359	6.5079
200	1553.8	0.0011565	0.12736	852.45	2793.2	2.3309	6.4323
225	2548	0.0011992	0.07849	966.78	2803.3	2.5639	6.2503
250	3973	0.0012512	0.05013	1085.36	2801.5	2.7927	6.0730
275	5942	0.0013168	0.03279	1210.07	2785.0	3.0208	5.8938
300	8581	0.0010436	0.02167	1344.0	2749.0	3.2534	5.7045

Source: Abridged from Keenan et al. (1969). Copyright © 1969 by John Wiley and Sons. Reprinted by permission of John Wiley and Sons, Inc.

APÉNDICE G

Propiedades físicas del aire seco [Singh & Heldman, 2014]

Table A.4.4 Physical Properties of Dry Air at Atmospheric Pressure

Temperature		Density (ρ) (kg/m ³)	Volumetric coefficient of expansion (β) ($\times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$)	Specific heat (c_p) (kJ/[kg K])	Thermal conductivity (k) (W/[m K])	Thermal diffusivity (α) ($\times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)	Viscosity (μ) ($\times 10^{-6} \text{ N s/m}^2$)	Kinematic viscosity (ν) ($\times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)	Prandtl number (N_{Pr})
t (°C)	T (K)								
-20	253.15	1.365	3.97	1.005	0.0226	16.8	16.279	12.0	0.71
0	273.15	1.252	3.65	1.011	0.0237	19.2	17.456	13.9	0.71
10	283.15	1.206	3.53	1.010	0.0244	20.7	17.848	14.66	0.71
20	293.15	1.164	3.41	1.012	0.0251	22.0	18.240	15.7	0.71
30	303.15	1.127	3.30	1.013	0.0258	23.4	18.682	16.58	0.71
40	313.15	1.092	3.20	1.014	0.0265	24.8	19.123	17.6	0.71
50	323.15	1.057	3.10	1.016	0.0272	26.2	19.515	18.58	0.71
60	333.15	1.025	3.00	1.017	0.0279	27.6	19.907	19.4	0.71
70	343.15	0.996	2.91	1.018	0.0286	29.2	20.398	20.65	0.71
80	353.15	0.968	2.83	1.019	0.0293	30.6	20.790	21.5	0.71
90	363.15	0.942	2.76	1.021	0.0300	32.2	21.231	22.82	0.71
100	373.15	0.916	2.69	1.022	0.0307	33.6	21.673	23.6	0.71
120	393.15	0.870	2.55	1.025	0.0320	37.0	22.555	25.9	0.71
140	413.15	0.827	2.43	1.027	0.0333	40.0	23.340	28.2	0.71
150	423.15	0.810	2.37	1.028	0.0336	41.2	23.732	29.4	0.71
160	433.15	0.789	2.31	1.030	0.0344	43.3	24.124	30.6	0.71
180	453.15	0.755	2.20	1.032	0.0357	47.0	24.909	33.0	0.71
200	473.15	0.723	2.11	1.035	0.0370	49.7	25.693	35.5	0.71
250	523.15	0.653	1.89	1.043	0.0400	60.0	27.557	42.2	0.71

Source: Adapted from Raznjevic (1978).

APÉNDICE H

Propuesta de dimensiones de áreas y equipos

N°	Actividad	Equipo	Capacidad	Ss. (Estática)					Sg. (Gravitación)		Se. (Evolución)		Stotal Ss. + Sg. + Se.
				Medidas			Volumen	Área	Lados usados	Área	Coeficiente	Área	
				L	W	H	m ³	m ²	#	m ²	K	m ²	m ²
1	Recepción y almacenamiento MP	-	-	3.40	3.40	-	-	11.560	1	11.560	0.05	1.156	24.276
2	Dosificación	Dosificadora	800 kg/h	0.72	0.52	-	-	0.371	1	0.371	0.05	0.037	0.779
3	Hidratación	Humidificador de granos	753 kg/h	1.65	0.85	1.68	2.356	1.403	1	1.403	0.05	0.140	2.945
4	Primera Molienda	Molino de rodillos	200 - 1000 kg/h	1.1	0.73	1.22	0.980	0.803	2	1.606	0.1	0.241	2.650
5	Secado	Secador fluidizado	500 kg/batch	1.00	0.60	2.1	1.260	0.600	2	1.200	0.1	0.180	1.980
6	Segunda Molienda	Molino jet	200 - 1000 kg/h	1.42	1.08	2.11	3.236	1.534	2	3.067	0.1	0.460	5.061
7	Almacenamiento para harina	Silo	2900 kg/h	1.32	1.32	4.30	5.400	1.742	1	1.742	0.05	0.174	3.659
8	Mezclado	Mezcladora en V	600 kg/h	3.90	1.00	2.80	10.920	3.900	2	7.800	0.1	1.170	12.870
9	Envasado	Envasadora	40 empaques/min	4.31	2.69	3.16	36.468	11.559	1	11.559	0.05	1.156	24.274
10	Almacenamiento PT	-	-	3.40	3.40	-	-	11.560	1	11.560	0.05	1.156	24.276

* L: Longitud, W: Ancho, H: Altura

Fuente: Elaboración Propia

APÉNDICE I

Pruebas microbiológicas y fisicoquímicas [Corporación Desinid S.A., 2018]

Ficha técnica, producto terminado			
Nombre:	Mezcla en polvo para preparar bebida instantánea de horchata con leche	Código:	FT-PT-AC-2005
Marca Comercial	DESINID		
Conservación del producto	Ambiente fresco y seco.		
Envase	Bolsa de aluminio	Vida útil	12 meses
Contenido de neto declarado	532.4 g		
Análisis Microbiológicos			
Ensayos declarados	Unidad	Resultado	
<i>Escherichia Coli</i>	NMP/g	<3	
Hongos y levaduras	UFC/g	<100	
Recuento total de mesófilos aerobios	UFC/g	<100	
Análisis Físicoquímicos			
pH	-	6.2	
Humedad	%	0.22	

APÉNDICE J

I. Tiempos de operación para harina

Operación	Tiempos min	Capacidad/ hora (# Lotes)
Dosificación	10	6
Hidratación	30	2
Drenado	20	3
Primera Molienda	60	1
Secado	175	0.34
Segunda Molienda	60	1
Almacenamiento en silo	10	6
Descarga	30	2
Envasado y Empaquetado	25	2.4

Tiempo de ciclo	175
------------------------	-----

Factores:

Horas de trabajo por día	9	horas
Hora	60	min
Minutos por día	540	min

Producción por jornada laboral	
Nº Pedido	Tiempo
Pedidos 1	420 min
Pedidos 2	595 min
Pedidos 3	770 min
Pedidos 4	945 min

Fuente: Elaboración Propia

II. Tiempos de operación para bebida instantánea

Operación	Tiempos min	Capacidad/ hora (# Lotes)
Pesaje	60	1
Mezclado	60	1
Descarga	10	6
Envasado y Empaquetado	60	1

Tiempo de ciclo	60
------------------------	----

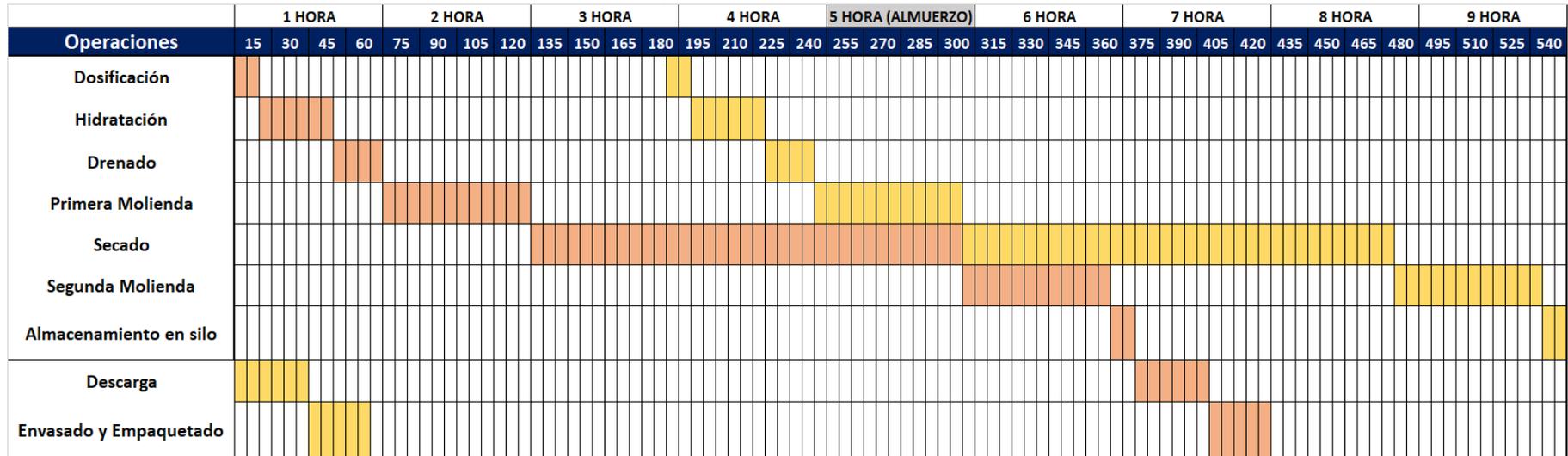
Factores:

Horas de trabajo por día	8	horas
Hora	60	min
Minutos por día	480	min

Producción por jornada laboral	
Nº Pedido	Tiempo
Pedidos 1	190 min
Pedidos 2	250 min
Pedidos 3	310 min
Pedidos 4	370 min
Pedidos 5	430 min
Pedidos 6	490 min
Pedidos 7	550 min

Fuente: Elaboración Propia

III. Diagrama de Gannt harina de arroz



Primer batch	[Barra naranja]
Segundo batch	[Barra amarilla]

Fuente: Elaboración Propia

APÉNDICE K

I. Costos y depreciación de equipos para harina

Maquinarias	Cantidad	Costo unitario	Costo Total	Tiempo vida útil	Valor residual	Depreciación anual
Dosificadora	1	\$8,500.00	\$8,500.00	10	\$850.00	\$765.00
Humificador de granos	1	\$864.00	\$864.00		\$86.40	\$77.76
Molino de rodillos	1	\$5,000.00	\$5,000.00		\$500.00	\$450.00
Secadora	2	\$20,000.00	\$40,000.00		\$4,000.00	\$3,600.00
Molino jet	1	\$16,800.00	\$16,800.00		\$1,680.00	\$1,512.00
Báscula	1	\$100.00	\$100.00		\$10.00	\$9.00
Envasadora	1	\$7,940.00	\$7,940.00		\$794.00	\$714.60
Elevador de granos	1	\$800.00	\$800.00		\$80.00	\$72.00
Elevador aeromecanico	1	\$3,400.00	\$3,400.00		\$340.00	\$306.00
Elevador tornillo	2	\$500.00	\$1,000.00		\$100.00	\$90.00
Banda tansportadora	1.5	\$500.00	\$750.00		\$75.00	\$67.50
Silos para harina	3	\$500.00	\$1,500.00		\$150.00	\$135.00
Total	16.5	\$64,904.00	\$86,654.00		10	\$8,665.40

Fuente: Elaboración Propia

II. Costos y depreciación de equipos para bebida instantánea

Maquinarias	Cantidad	Costo unitario	Costo Total	Tiempo vida útil	Valor residual	Depreciación anual
Báscula	1	\$100.00	\$100.00	10	\$10.00	\$9.00
Mezcladora	1	\$15,000.00	\$15,000.00		\$1,500.00	\$1,350.00
Envasadora	1	\$7,940.00	\$7,940.00		\$794.00	\$714.60
Banda transportadora	1.5	\$500.00	\$750.00		\$75.00	\$67.50
Total	16.5	\$23,540.00	\$23,790.00	10	\$2,379.00	\$2,141.10

Fuente: Elaboración Propia

III. Costos de energía eléctrica para producción de harina

Detalle	Cantidad	Potencia (KW)	Potencia Total (KW)	Tiempo por Batch/h	Potencia (KWh)	Costo/Batch (\$/KWh)	Costo/año
Dosificadora	1	-	0	0.17	0.00	\$0.00	\$0.00
Humificadora de granos	1	5.5	5.5	0.67	3.67	\$0.37	\$176.00
Molino de rodillos	1	5.5	5.5	1	5.50	\$0.55	\$264.00
Secadora	2	7.5	15	2.92	43.75	\$4.38	\$2,100.00
Molino jet	1	300	300	1	300.00	\$30.00	\$14,400.00
Envasadora	1	6	6	0.5	3.00	\$0.30	\$144.00
Elevador Tornillo	2	1.1	2.2	1	2.20	\$0.22	\$105.60
Elevador de canguilones	1	2	2	1	2.00	\$0.20	\$96.00
Elevador aeromecánico	1	2	2	1	2.00	\$0.20	\$96.00
Banda transportadora	1	0.75	0.75	0.5	0.38	\$0.04	\$18.00
Subtotal		330.35	339.0	9.75	362.49	\$36.25	\$17,399.60
Iluminarias	1	0.88	0.88	8	7.04	-	168.96
Total de *EE	-	331.23	339.8	-	369.53	\$36.25	\$17,568.56

Fuente: Elaboración Propia

IV. Costos de energía eléctrica para producción de bebida instantánea

Detalle	Cantidad	Potencia (KW)	Potencia Total (KW)	Tiempo por Batch/h	Potencia (KWh)	Costo/Batch (\$/KWh)	Costo/año
Báscula	1	12.00	12	1	12.00	\$1.20	\$576.00
Mezcladora	1	7.5	7.5	1	7.50	\$0.75	\$360.00
Envasadora	1	6	6	1	6.00	\$0.60	\$288.00
Banda transportadora	1.5	0.75	1.125	0.5	0.56	\$0.06	\$27.00
Subtotal		26.25	26.6	3.50	26.06	\$2.61	\$1,251.00
Iluminarias	1	0.88	0.88	8	7.04		168.96
Total de *EE		27.13	27.5		33.10	\$2.61	\$1,419.96

Fuente: Elaboración Propia

V. Flujo de caja harina de arroz

Detalle	Años											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Precio de venta		\$ 1.02	\$ 1.02	\$ 1.02	\$ 1.02	\$ 1.02	\$ 1.02	\$ 1.02	\$ 1.02	\$ 1.02	\$ 1.02	\$ 1.02
Producción (fundas de 500 g)		345600	354816	364032	377856	391680	405504	423936	442368	460800	460800	
Ingresos por venta		\$ 351,068.09	\$ 360,429.90	\$ 369,791.72	\$ 383,834.44	\$ 397,877.17	\$ 411,919.89	\$ 430,643.52	\$ 449,367.15	\$ 468,090.78	\$ 468,090.78	
Costos materia prima		\$ -99,396.00	\$ -102,046.56	\$ -104,697.12	\$ -108,672.96	\$ -112,648.80	\$ -116,624.64	\$ -121,925.76	\$ -127,226.88	\$ -132,528.00	\$ -132,528.00	
Costos mano de obra directa		\$ -29,715.20	\$ -29,715.20	\$ -29,715.20	\$ -29,715.20	\$ -29,715.20	\$ -29,715.20	\$ -29,715.20	\$ -29,715.20	\$ -29,715.20	\$ -29,715.20	
Costos de mano de obra indirecta		\$ -50,564.32	\$ -50,564.32	\$ -50,564.32	\$ -50,564.32	\$ -50,564.32	\$ -50,564.32	\$ -50,564.32	\$ -50,564.32	\$ -50,564.32	\$ -50,564.32	
Costos de servicios (agua, EE.)		\$ -17,628.56	\$ -17,628.56	\$ -17,628.56	\$ -17,628.56	\$ -17,628.56	\$ -17,628.56	\$ -17,628.56	\$ -17,628.56	\$ -17,628.56	\$ -17,628.56	
Costos de suministros (combustible, EPP, etc.)		\$ -1,782.91	\$ -1,782.91	\$ -1,782.91	\$ -1,782.91	\$ -1,782.91	\$ -1,782.91	\$ -1,782.91	\$ -1,782.91	\$ -1,782.91	\$ -1,782.91	
Costos de depreciación maquinarias		\$ -7,798.86	\$ -7,798.86	\$ -7,798.86	\$ -7,798.86	\$ -7,798.86	\$ -7,798.86	\$ -7,798.86	\$ -7,798.86	\$ -7,798.86	\$ -7,798.86	
Gastos de operación		\$ -73,084.64	\$ -73,084.64	\$ -73,084.64	\$ -73,084.64	\$ -73,084.64	\$ -73,084.64	\$ -73,084.64	\$ -73,084.64	\$ -73,084.64	\$ -73,084.64	
Intereses		\$ -8,269.00	\$ -7,095.41	\$ -5,719.65	\$ -4,106.89	\$ -2,216.29	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Costos totales		\$ -288,239.49	\$ -289,716.46	\$ -290,991.26	\$ -293,354.34	\$ -295,439.58	\$ -297,199.13	\$ -302,500.25	\$ -307,801.37	\$ -313,102.49	\$ -313,102.49	
Utilidad (ingresos - costos)		\$ 62,828.60	\$ 70,713.44	\$ 78,800.45	\$ 90,480.10	\$ 102,437.58	\$ 114,720.76	\$ 128,143.27	\$ 141,565.78	\$ 154,988.29	\$ 154,988.29	
Participación trabajadores (15% de utilidad)		\$ -9,424.29	\$ -10,607.02	\$ -11,820.07	\$ -13,572.02	\$ -15,365.64	\$ -17,208.11	\$ -19,221.49	\$ -21,234.87	\$ -23,248.24	\$ -23,248.24	
Utilidad después de participación		\$ 53,404.31	\$ 60,106.42	\$ 66,980.39	\$ 76,908.09	\$ 87,071.94	\$ 97,512.64	\$ 108,921.78	\$ 120,330.91	\$ 131,740.05	\$ 131,740.05	
Impuesto a la renta (25%)		\$ -13,351.08	\$ -15,026.61	\$ -16,745.10	\$ -19,227.02	\$ -21,767.99	\$ -24,378.16	\$ -27,230.44	\$ -30,082.73	\$ -32,935.01	\$ -32,935.01	
Utilidad después de impuestos		\$ 40,053.23	\$ 45,079.82	\$ 50,235.29	\$ 57,681.07	\$ 65,303.96	\$ 73,134.48	\$ 81,691.33	\$ 90,248.18	\$ 98,805.04	\$ 98,805.04	
Amortización		\$ -6,812.45	\$ -7,986.04	\$ -9,361.80	\$ -10,974.56	\$ -12,865.16	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Utilidad neta		\$ 33,240.78	\$ 37,093.78	\$ 40,873.49	\$ 46,706.50	\$ 52,438.80	\$ 73,134.48	\$ 81,691.33	\$ 90,248.18	\$ 98,805.04	\$ 98,805.04	
(+) Depreciación maquinarias		\$ 7,798.86	\$ 7,798.86	\$ 7,798.86	\$ 7,798.86	\$ 7,798.86	\$ 7,798.86	\$ 7,798.86	\$ 7,798.86	\$ 7,798.86	\$ 7,798.86	
(-) Inversión por maquinarias	\$ -86,654.00											
Inversión obra física	\$ -64,900.00											
Capital de trabajo	\$ -39,035.06											\$ 39,035.06
Préstamo	\$ 48,000.00											
Valor en libros maquinarias												\$ 8,665.40
Flujo de caja neto	\$ -142,589.06	\$ 41,040	\$ 44,893	\$ 48,672	\$ 54,505	\$ 60,238	\$ 80,933	\$ 89,490.19	\$ 98,047.04	\$ 106,603.90	\$ 154,304.35	
Flujo de caja acumulado		\$ 41,039.64	\$ 85,932.28	\$ 134,604.63	\$ 189,110.00	\$ 249,347.66	\$ 330,281	\$ 419,771.20	\$ 517,818.24	\$ 624,422.14	\$ 778,726.49	
Saldo		\$ -101,549.42	\$ -56,656.77	\$ -7,984.42	\$ 46,520.94	\$ 106,758.60	\$ 187,691.95	\$ 277,182.14	\$ 375,229.18	\$ 481,833.08	\$ 636,137.43	
Tasa de descuento (TMAR)		35%										
VAN	\$ 10,108.84											
TIR	37.3%											
Periodo de recuperación		3	años									

Fuente: Elaboración Propia

APÉNDICE L

Descripción del Producto

Nombre del producto:	Bebida instantánea
Composición:	Harina de arroz, cacao en polvo, panela granulada, goma xantana, fosfato tribásico de calcio y ácido cítrico.
Características del producto final	Humedad: <12% pH: ≤4.2
Método de conservación	Secado
Envasado – Primario (Envase interno)	Fundas BOPP 250 g
Envase – Envío (Embalaje externo)	Cajas de cartón corrugado etiquetadas
Condiciones de almacenamiento	Almacenamiento en estiba, en un lugar limpio, fresco y seco, libre de plagas y alejado de compuestos y/o alimentos, con olores fuertes. No requiere refrigeración para conservar la integridad del producto.
Método de distribución	Vehículos secos a temperatura ambiente y libre de plagas.
Tiempo de conservación / Fecha de vencimiento	7 meses a partir de la fecha de elaboración
Requisitos sobre etiquetado especial	El rotulado del producto debe cumplirse como lo indican las normativas NTE INEN 1334-1, NTE INEN 1334-2 y NTE INEN 1334-3
Utilización y preparación del consumidor y/o cliente	Una vez abierto consumir todo el producto; por lo contrario, almacenarlo de forma cerrada en un lugar fresco a temperatura de refrigeración (4°C ± 2°C). Instrucciones de consumo: Someter a cocción antes de su consumo, como refresco o colada.
Determinación de uso previsto	Producto para alimentación humana, apto para todo público.

Fuente: Elaboración Propia

APÉNDICE M

Análisis de peligro

Etapa	Peligro potencial	¿Es un peligro significativo? Sí/No	Causa/Justificación de la decisión	¿Qué medida preventiva puedo aplicar para prevenir el peligro?
Recepción	Físico: presencia de partículas extrañas	No	Afecta la inocuidad del alimento	Contar con proveedores certificados Realizar análisis fisicoquímicos (humedad, impurezas)
	Biológico: contaminación por insectos (proliferación gorgojo en arrocillo) y microorganismos patógenos (hongos: <i>Pleospora</i> y <i>Aspergillus</i>)	Sí	Afecta la inocuidad del alimento	Contar con proveedores certificados Realizar análisis fisicoquímicos (humedad, impurezas)
	Químico: toxinas producidas por hongos (aflatoxinas)	Sí	Afecta la inocuidad del alimento	Contar con proveedores certificados Realizar análisis fisicoquímicos (humedad, impurezas)
Almacenamiento de Materia Prima	Biológico: contaminación por insectos (proliferación gorgojo en arrocillo) y microorganismos patógenos (hongos: <i>Pleospora</i> y <i>Aspergillus</i>)	Sí	Afecta la inocuidad del alimento	Contar con proveedores certificados Realizar análisis fisicoquímicos (humedad, impurezas)
	Químico: toxinas producidas por hongos (aflatoxinas)	Sí	Afecta la inocuidad del alimento	Contar con proveedores certificados Realizar análisis fisicoquímicos (humedad, impurezas)

Dosificación	Químico: Presencia de residuos químicos	Sí	Limpieza inadecuada de equipos, puede alterar la composición del producto	Ejecutar el manual de sanitización adecuadamente.
	Biológico: proliferación de insectos	Sí	Condiciones ambientales inadecuadas, afecta la inocuidad del producto.	Monitoreo de las condiciones ambientales adecuadas (temperatura y humedad relativa) en la tolva de almacenamiento.
Hidratación	Químico: Presencia de residuos químicos	Sí	Limpieza inadecuada de equipos, puede alterar la composición del producto.	Ejecutar el manual de sanitización adecuadamente.
	Biológico: Contaminación cruzada con el agua de microorganismos patógenos <i>E. coli</i> y <i>Salmonella</i>	Sí	Al estar en contacto directo con el alimento, puede afectar la inocuidad del producto y causar una intoxicación en el consumidor.	Control en los procedimientos de seguridad del agua.
Primera molienda	Físico: Presencia de piezas de metal del equipo	Sí	Desprendimiento de partículas de metal de los rodillos del molino.	Control periódico del mantenimiento de los equipos.
	Químico: Presencia de residuos químicos.	Sí	Limpieza inadecuada de equipos, puede alterar la composición del producto	Ejecutar el manual de sanitización adecuadamente.
Secado	Biológico: Proliferación posterior de microorganismos patógenos por hongos.	Sí	Parámetros incorrectos de temperatura y tiempo de secado pueden influir en el porcentaje de humedad final requerido en el producto.	Monitoreo periódico de los parámetros de secado.

Segunda molienda	Físico: presencia de metales	Sí	Desprendimiento de partículas metálicas durante la operación del equipo.	Control periódico del mantenimiento de los equipos.
	Químico: Presencia de residuos químicos	Sí	Limpieza inadecuada de equipos, puede alterar la composición del producto	Ejecutar el manual de sanitización adecuadamente.
Mezclado	Físico: Presencia de metales	Sí	Desprendimiento de partículas metálicas durante la operación del equipo.	Control periódico del mantenimiento de los equipos.
	Químico: Presencia de residuos químicos	Sí	Limpieza inadecuada de equipos, puede alterar la composición del producto.	Ejecutar el manual de sanitización adecuadamente.
Envasado	Físico: Presencia de metales o partículas extrañas	Sí	Contaminación por desprendimiento de partículas metálicas durante la operación u operaciones previas.	Implementación de detector de metales y un control periódico del correcto funcionamiento de este.
	Químico: Presencia de residuos químicos	Sí	Limpieza inadecuada de equipos, puede alterar la composición del producto y contaminarlo.	Ejecutar el manual de sanitización adecuadamente.
	Biológico: Desarrollo de microorganismos	Sí	Un mal sellado o presencia de fisuras en el empaque del producto puede generar las condiciones para el crecimiento de microorganismos patógenos.	Realizar el correcto mantenimiento periódico a la llenadora. Capacitación a los operarios para un correcto uso del equipo.

Almacenamiento producto terminado	Biológico: Desarrollo de microorganismos (hongos, mohos, levaduras) e insectos (gorgojos)	Sí	Condiciones ambientales inadecuadas (Temperatura y humedad) y tiempo prolongado de almacenamiento.	Realizar un control periódico de las condiciones de almacenamiento y una revisión del stock por lotes y fechas de producción.
	Químico: Desarrollo de micotoxinas	Sí	Condiciones ambientales inadecuadas (Temperatura y humedad).	Realizar un control periódico de las condiciones de almacenamiento.

Fuente: Elaboración Propia

APÉNDICE N

Puntos críticos

Paso / Etapa del proceso	Peligro		Preguntas del árbol de decisiones				PCC
			P1	P2	P3	P4	
Recepción	Químico	Aflatoxinas	Sí	No	Sí	No	PCC
	Biológico	Hongos (<i>Aspergillus</i>), gorgojo	SÍ	No	Sí	No	
Almacenamiento de Materia Prima	Químico	Aflatoxinas	Sí	No	Sí	No	PCC
	Biológico	Hongos (<i>Aspergillus</i>), gorgojo	SÍ	No	Sí	No	
Dosificación	Químico	Agente de limpieza	SÍ	No	Sí	Sí	POES
	Biológico	Insectos	Sí	No	Sí	Sí	BPM
Hidratación	Químico	Agente de limpieza	Sí	No	Sí	Sí	POES
	Biológico	<i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i>	Sí	No	Sí	Sí	POES
Primera molienda	Físico	Residuos de metales	Sí	No	Sí	Sí	BPM
	Químico	Agente de limpieza	Sí	No	Sí	Sí	POES
Secado	Biológico	Hongos	Sí	No	Sí	No	PCC
Segunda molienda	Físico	Residuos de metales	Sí	No	Sí	Sí	BPM

	Químico	Agente de limpieza	Sí	No	No	-	POES
Mezclado	Físico	Residuos de metales	SÍ	No	Sí	Sí	BPM
	Químico	Agente de limpieza	Sí	No	No	-	POES
Envasado	Físico	Residuos de metales	SÍ	No	Sí	No	PCC
	Químico	Agente de limpieza	Sí	No	No	-	POES
	Biológico	Gorgojo	Sí	No	Sí	Sí	BPM
Almacenamiento	Biológico	Gorgojo, hongos, mohos, levaduras	Sí	No	Sí	No	PCC
	Químico	Micotoxinas	Sí	No	Sí	No	

Fuente: Elaboración Propia

APÉNDICE O

Plan HACCP

PCC	Peligros Significativos	Límites Críticos	Monitoreo				Acciones Correctivas	Verificación
			Qué	Cómo	Frecuencia	Quién		
Recepción	<p>Químico: aflatoxinas</p> <p>Biológicos: Hongos (<i>Aspergillus</i>)</p>	<p>H: <12%</p> <p>Niveles de aflatoxina: 10 – 50 µg/kg</p> <p>Granos dañados por hongos: 3 – 4% m/m</p>	<p>Humedad e impurezas (hongos), niveles de micotoxina en la materia prima.</p>	<p>Mediante análisis fisicoquímicos</p>	<p>Al inicio de cada recepción</p>	<p>Inspector de calidad</p>	<p>Rechazo del producto</p>	<p>Resultados de análisis fisicoquímicos</p>
Almacenamiento MP	<p>Químico: aflatoxinas</p> <p>Biológicos: Hongos (<i>Aspergillus</i>), insectos (gorgojos)</p>	<p>T: 20-25°C</p> <p>H: 50-60%</p>	<p>Condiciones ambientales del cuarto de almacenamiento</p>	<p>Mediante medidores de temperatura y humedad</p>	<p>Tres veces al día: 9am, 11am y 4pm</p>	<p>Operador de producción</p>	<p>Ajustar la configuración de los controladores ambientales</p>	<p>Registro de control de condiciones ambientales</p>

Secado	Biológico: hongos	T: 50-55°C t: 231 – 240 min	Temperatura y tiempo de proceso de secado	Observando la temperatura reflejada en el equipo y controlando el tiempo del proceso	Cada hora durante el tiempo del proceso	Operador encargado	Reajustar a la temperatura óptima del funcionamiento del equipo.	Revisión de registros de control de parámetros.
Envasado	Físico: residuos de metales	Ausencia de partículas metálicas	Correcto funcionamiento del equipo detector de metales	Mediante pruebas preliminares de funcionamiento (alerta visual o sonora)	Diario	Equipo de calidad	Mantenimiento del equipo	Registro de calibración del equipo detector de metales
Almacenamiento PT	Biológico: gorgojos, mohos Químico: aflatoxinas	Ta: 20 – 25 °C Hp: <12% Mohos <50 upc/g Niveles de aflatoxina: 10 – 50 µg/kg	Temperatura en bodega de producto terminado. Requisitos físicoquímicos y microbiológicos	Mediante medidores de temperatura. Análisis físicoquímicos de producto terminado	Tres veces al día: 9am, 11am y 4pm. Cada lote	Equipo de calidad	Ajustar la configuración de los controladores de temperatura. Retención del lote.	Registros de control de condiciones ambientales. Resultado de análisis en producto terminado.

Fuente: Elaboración Propia