

# Universidad Nacional de Ingeniería

## Facultad de Ingeniería Química y Textil



INFORME DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

### **Incremento de capacidad de planta de producción de glucosa**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Químico

Elaborado por

Diego Miguel Huaroto Larrea

 [0009-0007-5266-4879](https://orcid.org/0009-0007-5266-4879)

Asesor

Mag. Aldo Max Delgado Acevedo

 [0000-0002-6643-5846](https://orcid.org/0000-0002-6643-5846)

LIMA – PERÚ

2023

---

Citar/How to cite	(Huaroto, 2023)
Referencia/Reference	Huaroto, D. (2023). <i>Incremento de capacidad de planta de producción de glucosa</i> . [Informe de suficiencia profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.

---

## ***Dedicatoria***

*Dedicado a Dios, mis padres Miguel Huaroto y Rebeca Larrea, a mis hermanos, a mi esposa e hijo y toda mi familia que, con su apoyo incondicional, motivación y afecto me ayudan a lograr mis objetivos en mi vida profesional.*

## **Agradecimientos**

A mis padres por enseñarme los principios de la vida y encaminarme en el rumbo adecuado.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, a mi facultad de Ingeniería Química y Textil, a los profesores y al asesor designado, ya que gracias a los conocimientos compartidos pude desenvolverme de manera adecuada en mi desarrollo profesional.

## Resumen

Este informe de Trabajo de Suficiencia Profesional tiene como objetivo presentar las actividades realizadas en la empresa Ajinomoto del Perú S.A. del rubro de alimentos y sazonadores, mostrando la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional de ante-grado de la especialidad de Ingeniería Química de la facultad FIQT-UNI. El detalle de las actividades realizadas se basa en la experiencia laboral adquirida en el área de soporte técnico al departamento de producción, donde se redactan las evaluaciones correspondientes para la aprobación de un proyecto de inversión en la industria de alimentos.

Palabras clave – Balance de materia y energía, producción de glucosa, costos de materias primas, proyecto de inversión.

## **Abstract**

This report of Professional Sufficiency Work has the objective of presenting the activities carried out in the company Ajinomoto del Perú S.A. of the food and seasoning industry, showing the application of the knowledge acquired in the professional training of undergraduate of the specialty of Chemical Engineering of the FIQT-UNI faculty. The detail of the activities performed is based on the work experience acquired in the area of technical support to the production department, where the evaluations are drafted for the approval of an investment project in the food industry.

Keywords – Material and energy balance, glucose production, raw material costs, investment project.

# Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Tabla de Contenido.....	vii
Lista de Tablas.....	xi
Lista de Figuras.....	xii
Introducción.....	1
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo.....	2
1.1. Generalidades.....	2
1.1.1. Sector industrial al que pertenece.....	2
1.1.2. Línea de producto.....	3
1.1.3. Cultura Organizacional.....	5
1.1.4. Organigrama Funcional de la Empresa.....	8
1.1.5. Normatividad empresarial.....	10
1.1.6. Sistema de Seguridad Industrial.....	11
1.1.7. Gestión de impactos ambientales.....	12
1.1.8. Cargo(s) dentro de cada una de la(s) empresa(s).....	14
1.1.9. Responsabilidades señaladas en el Manual de organización y funciones, ROF, TUPA, u otros documentos de la normatividad empresarial en cada caso.....	14
1.1.10. Conocimientos técnicos de su especialidad requeridos para el cumplimiento de sus tareas, labores, funciones, etc.....	16

1.1.11.	<i>Personal a su cargo y sus responsabilidades.</i>	18
1.1.12.	<i>Función ejecutiva y/o administrativa adicional. Detallar las labores y tareas desarrolladas en la(s) empresa(s).</i>	19
1.1.13.	<i>Cronograma de realización de las actividades como bachiller.</i>	21
1.1.14.	<i>Participación en actividades complementarias en la empresa (Investigación, Calidad total, seguridad industrial, etc.)</i>	24
1.1.15.	<i>Contribuciones al desarrollo de la empresa.</i>	26
1.2.	<b>Descripción del problema de investigación</b>	28
1.2.1.	<i>Labores y tareas sobre el tema asignado.</i>	28
1.2.2.	<i>Planteamiento de la realidad problemática de la actividad</i>	29
1.3.	<b>Objetivos del estudio</b>	30
1.3.1.	<i>Objetivo general</i>	30
1.3.2.	<i>Objetivos específicos</i>	30
1.4.	<b>Antecedentes investigativos</b>	30
<b>Capítulo II. Marcos teórico y conceptual</b>		31
2.1.	<b>Marco teórico</b>	31
2.1.1.	<i>Fundamente teórico del proceso de obtención de glucosa a partir del almidón de arroz.</i>	31
2.1.2.	<i>Proceso industrial de obtención de glucosa a partir del almidón de arroz.</i>	31
2.1.3.	<i>Comportamiento de los precios de las materias primas.</i>	35
2.2.	<b>Marco conceptual</b>	39

2.2.1.	<i>Definiciones.....</i>	39
2.2.2.	<i>Conceptos del proceso de obtención de glucosa.....</i>	41
Capítulo III.	<b>Desarrollo del trabajo de investigación.....</b>	<b>50</b>
3.1.	<b>Objetivos y justificaciones del uso de la(s) técnica(s) propuestas.....</b>	<b>50</b>
3.1.1.	<i>Estudio del mercado.....</i>	50
3.1.2.	<i>Elaboración de balance de masa y energía.....</i>	50
3.1.3.	<i>Evaluación de capacidad de producción de glucosa a partir del arroz.....</i>	51
3.1.4.	<i>Evaluación de factibilidad de la propuesta.....</i>	51
3.2.	<b>Cálculos y determinaciones utilizadas en las aplicaciones.....</b>	<b>51</b>
3.2.1.	<i>Balance de materia y energía.....</i>	51
3.2.2.	<i>Evaluación del uso de materia prima de la condición anterior.....</i>	57
3.2.3.	<i>Gantt de operaciones.....</i>	57
3.2.4.	<i>Estudio de capacidad.....</i>	60
3.3.	<b>Resultados y aportes técnicos de la actividad.....</b>	<b>69</b>
3.3.1.	<i>Resultados del balance de materia y energía.....</i>	69
3.3.2.	<i>Resultados del Gantt de operaciones.....</i>	71
3.3.3.	<i>Resultados del estudio de capacidad.....</i>	72
Capítulo IV.	<b>Análisis y discusión de resultados.....</b>	<b>74</b>
4.1.	<b>Análisis de resultados.....</b>	<b>74</b>
4.2.	<b>Discusión de resultados.....</b>	<b>74</b>
4.2.1.	<i>Análisis de capacidad de planta con la condición propuesta.....</i>	74

<b>4.2.2. Análisis del impacto en el costo de producción.....</b>	<b>78</b>
<b>4.2.3. Análisis del Gantt de operaciones con la condición propuesta.....</b>	<b>81</b>
<b>4.2.4. Evaluaciones y decisiones tomadas.....</b>	<b>84</b>
<b>4.3. Informes presentados como resultado de la actividad realizada.....</b>	<b>87</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>88</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>91</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>93</b>

## Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Cronograma de realización de actividades como bachiller .....	22
Tabla 2: Cuadro resumen de la evaluación de capacidad de Molienda .....	62
Tabla 3: Cuadro resumen de la evaluación de capacidad de Disolución.....	64
Tabla 4: Cuadro resumen de la evaluación de capacidad de Licuefacción .....	65
Tabla 5: Cuadro resumen de la evaluación de capacidad de Sacarificación .....	66
Tabla 6: Cuadro resumen de la evaluación de capacidad de Separación .....	67
Tabla 7: Cuadro resumen de la evaluación de capacidad de Filtración.....	69
Tabla 8: Cuadro resumen de la evaluación de capacidad propuesta de la etapa de Separación .....	75
Tabla 9: Cuadro resumen de la evaluación de capacidad propuesta de la etapa de Sacarificación .....	77
Tabla 10: Evaluación de costo de materia prima de la condición anterior. ....	79
Tabla 11: Evaluación de costo de materia prima de la condición propuesta. ....	80
Tabla 12: Cuadro de estimación del costo de inversión. ....	86

## Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Línea de producción de GMS .....	4
Figura 2: Organigrama de la sede planta Ajinomoto del Perú S.A.....	8
Figura 3: Diagrama de bloques del proceso de obtención de glucosa a partir de almidón de arroz. ....	32
Figura 4: Diagrama de Flujo de las etapas: molienda, disolución y licuefacción.....	33
Figura 5: Diagrama de Flujo de las etapas: sacarificación, separación y filtración. ....	34
Figura 6: Precio de arroz internacional vs Perú (en soles/kg) .....	36
Figura 7: Precio de azúcar internacional vs Perú (en soles/kg).....	38
Figura 8: Representación de amilosa.....	39
Figura 9: Representación de amilopectina .....	40
Figura 10: Operación de molienda. ....	42
Figura 11: Operación de disolución.....	43
Figura 12: Operación de Licuefacción.....	45
Figura 13: Operación de Sacarificación. ....	46
Figura 14: Operación de Separación. ....	48
Figura 15: Operación de Filtración. ....	49
Figura 16: Cuadro de balance de materia para las etapas de molienda, disolución y Licuefacción.....	55
Figura 17: Cuadro de balance de materia para las etapas de sacarificación, separación y filtración. ....	56
Figura 18: Cuadro de tiempos empleados en 01 batch de Azúcar .....	58
Figura 19: Cuadro de tiempos empleados en 01 batch de Arroz.....	58
Figura 20: Diagrama Gantt con la condición anterior. ....	59
Figura 21: Gráfico resumen de capacidad máxima de uso de arroz (%) según condición anterior. ....	72

Figura 22: Gráfico resumen de capacidad máxima de uso de arroz (%) según condición propuesta.....	78
Figura 23: Cuadro de tiempos empleados en 01 batch de Arroz de la condición propuesta .....	81
Figura 24: Diagrama Gantt de la condición propuesta .....	83
Figura 25: Layout de instalaciones de equipos en planta.....	84
Figura 26: Diagrama de tiempos para la implementación de equipos.. ..	86

## **Introducción**

Este informe toma como punto de partida la problemática de la empresa, la cual busca ser flexible ante los cambios de costos de materia prima y de esta manera mantener la continuidad del proceso de producción del producto principal como lo es el AJINOMOTO. Para ello detallo la experiencia laboral adquirida en el área de soporte técnico al departamento de producción, mediante la presentación de las labores realizadas en el proyecto de inversión de "Incremento de capacidad de planta de producción de glucosa a partir del almidón de arroz", desde la etapa de diseño conceptual hasta la etapa de puesta en marcha.

# Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

## 1.1. Generalidades

### 1.1.1. Sector industrial al que pertenece.

Ajinomoto del Perú S.A. pertenece al sector de Alimentos y sazonadores.

Siendo el producto principal el AJI-NO-MOTO ® donde el significado del nombre se divide en “Aji” que significa sabor y “moto” que significa esencia, es así como Ajinomoto significa literalmente esencia del sabor.

Además, este producto es el original sazonador “umamium” muy popular en el mundo, también denominado GMS (glutamato monosódico por sus siglas) es la forma pura del umami (catalogado como el quinto gusto básico), diferenciándose de los demás gustos como el dulce, salado, ácido y amargo.

El principal uso de este producto es para intensificar y realzar el sabor umami que se encuentran en nuestra alimentación diaria como lo son las salsas, caldos, sopas y otros alimentos.

Este producto brinda una alternativa saludable, siendo un suplemento de la sal de mesa ya que contiene una cantidad de sodio muy pequeña de solo un 12% a comparación de la sal de mesa que es del 30%. Siendo también una sustancia autolimitante regulada por el gusto y paladar de cada persona.

Este producto GMS se encuentra en la categoría de sustancia ‘Generalmente Reconocida como Segura’ (GRAS, por sus siglas en inglés). Esta categoría se otorga a sustancias que se agregan a los alimentos y que han demostrado ser inocuas dentro de sus condiciones de uso. Es decir, su consumo no provoca una enfermedad ni agrava una ya existente. Dentro de esta categoría se encuentran también la sal y el azúcar.

### **1.1.2. Línea de producto.**

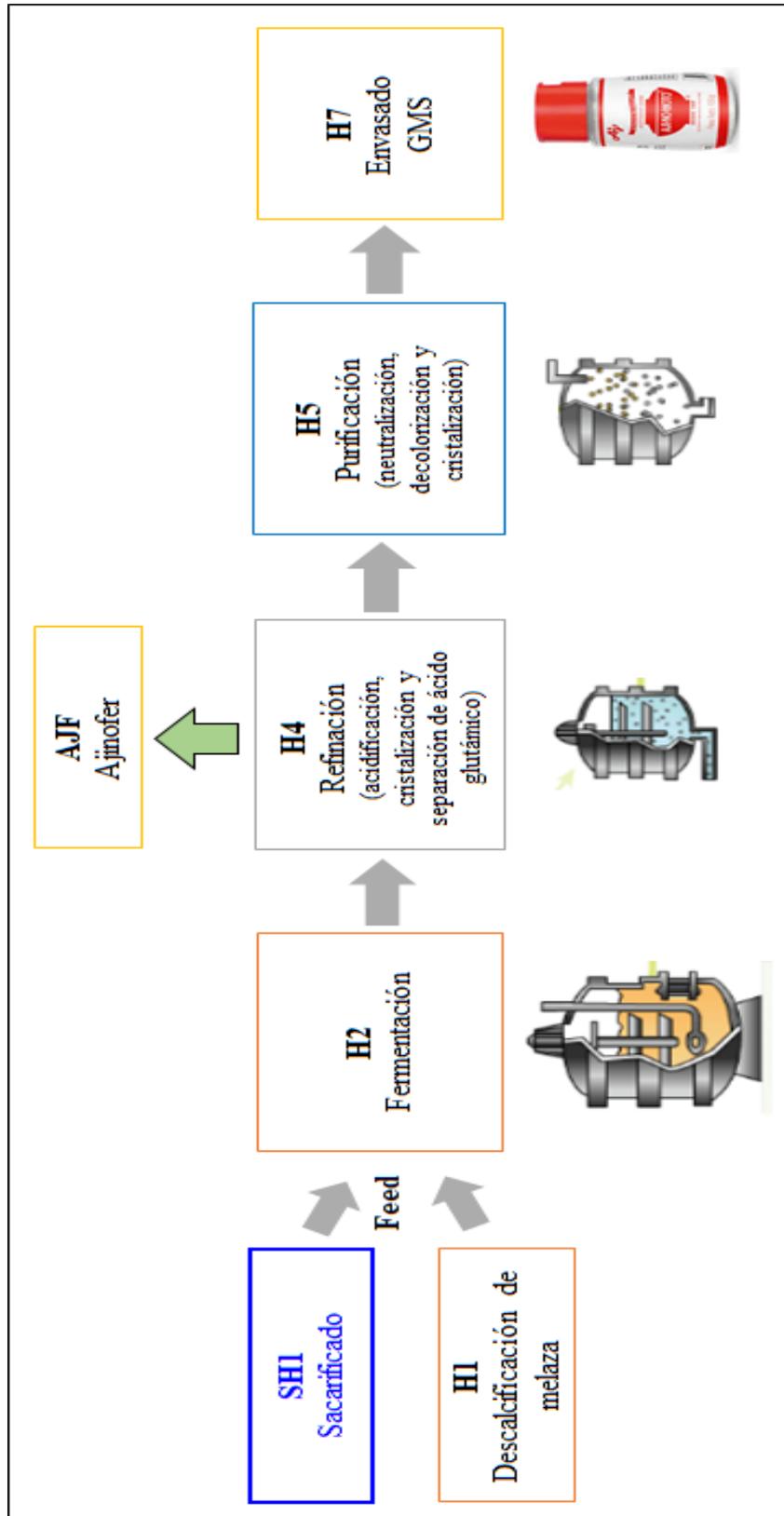
Las labores desarrolladas en la empresa en mención fueron en el proceso de producción de glutamato monosódico (GMS), enfocado en las áreas de:

- Sacarificado, área encargada de la producción de glucosa a partir de las materias primas almidón de arroz y sacarosa presente en el azúcar.
- Descalcificación de melaza, área encargada de separar el contenido de calcio presente en la melaza de caña, para optimizar el transporte de fluidos mediante la reducción del enalichamiento.
- Fermentación, área encargada de tratar la materia prima mediante un proceso biotecnológico de fermentación con el uso de un microorganismo. El cual toma la glucosa de las materias primas, para transformarla y de esa manera producir el Ácido Glutámico.
- Refinación, área encargada de eliminar las impurezas provenientes de las materias primas y encargada de generar como subproducto el fertilizante Ajinofer.
- Purificación, área encargada de neutralizar, decolorizar y cristalizar el glutamato monosódico hasta obtener el producto Ajinomoto.
- Envasado de GMS, área encargada de almacenar en las diferentes presentaciones el producto Ajinomoto.

En resumen, se tiene en la siguiente figura 1 la línea de producción de GMS, resaltando de azul el área donde se desarrolla el presente informe.

Figura 1

Línea de producción de GMS



### **1.1.3. Cultura Organizacional.**

**1.1.3.1. Visión.** Ser reconocidos como una empresa alimentaria única que contribuye a la “deliciosa, saludable y nutritiva” vida diaria en América Latina a través de la realización de negocios sostenibles.

**1.1.3.2. Misión.** Contribuir a la alimentación y bienestar en América Latina.

**1.1.3.3. Valores.** Se cuentan con los siguientes valores:

- Crear nuevo valor: Fomentar el valor a través de la búsqueda de innovación utilizando para ello los avances tecnológicos, así como implementaciones de mejora en los sectores de seguridad, comercio, medio ambiente y productividad.
- Espíritu pionero: Participar permanentemente del reto de incursionar en nuevos negocios y mercados.
- Contribución social: Considerar las necesidades sociales con humildad y honestidad, con el propósito de aportar mayor valor a la sociedad a través de nuestras actividades comerciales.
- Valorar a las personas: Respetar la individualidad de todas las personas y ser una organización en la que cada una de ellas pueda desarrollarse y desplegar al máximo sus habilidades.

**1.1.3.4. Políticas.** Son políticas de la empresa, las siguientes:

- Iniciativas para mejorar la alimentación.
  - Enfoque en las necesidades alimenticias de la población de diferentes edades, estilos de vida y estados de salud.
  - Ayudar a los consumidores en su alimentación, ofreciendo información de los productos y servicios.
- Suministro de productos y servicios seguros y de alta calidad
  - Usar los avances tecnológicos para desarrollar y ofrecer productos y servicios de alta calidad.

- Contribución con el medio ambiente y la sostenibilidad.
  - Promover el uso eficiente de los recursos y la energía, adoptando estilos de vida responsables con el medio ambiente.
- Transacciones justas y transparentes.
  - Desarrollar las operaciones con equidad y transparencia realizando prácticas justas.
  - Solicitar a los subcontratistas y proveedores unirse a los esfuerzos por cumplir nuestras responsabilidades sociales.
- Enfoque en los derechos humanos.
  - Respetar los principios y derechos fundamentales en el trabajo según los derechos humanos reconocidos internacionalmente.
  - Reconocer el derecho a la libertad de asociación y negociación colectiva, se prohíben los trabajos forzados, el trabajo infantil y la discriminación en el empleo.
- Capacitación y el velar por la seguridad de los recursos humanos.
  - Desarrollar el trabajo en equipo, demostrando creatividad y valorando el espíritu pionero.
  - Crear un ambiente laboral que mejore la satisfacción en el trabajo y promueva la productividad.
  - Mantener ambientes de trabajo positivos, basados en la comunicación asertiva, libre de discriminación y acoso.
  - Considerar la seguridad y sanidad laboral como los componentes más importantes de las actividades de la empresa.
- Trabajo con las comunidades locales.
  - Desarrollar contribuciones sociales para crear comunidades saludables, enfocando en el desarrollo económico, cultural y educativo de cada comunidad.

- Responsabilidades hacia los grupos de interés.
  - Asegurar un retorno de inversión apropiado a los accionistas e incrementar el valor corporativo.
  - Comunicar la información de manera oportuna y adecuada a los grupos de interés.
- Protección y gestión de los activos e información de la empresa
  - Proteger y administrar la información confidencial, así como los activos tangibles e intangibles de la empresa.
  - Respetar los derechos de propiedad intelectual de terceros.
- Separación clara de los temas comerciales y los asuntos personales
  - Velar que los intereses de los empleados no entren en conflicto con los intereses de la empresa.
- Establecimiento e implementación de una buena gobernanza.
  - Implementar la gestión de riesgos estratégica y gestión de crisis organizada para garantizar la preparación ante problemas políticos, económicos y sociales.

**1.1.3.5. Principios para el logro de calidad.** De acuerdo con la política de calidad presentada, se tienen los siguientes principios:

- Poner especial atención en la satisfacción de los requerimientos de los clientes y consumidores, elaborando productos seguros, basados en el sistema de gestión de fabricación como el Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP por sus siglas en inglés), y entregando productos y servicios de calidad.

Para ello contamos con un sistema de aseguramiento de la calidad basado en el estándar internacional de sistema de gestión de calidad ISO 9001 y estándares HACCP como parte de un proceso sistemático preventivo para garantizar la seguridad alimentaria, de forma lógica y objetiva; en él se identifican, evalúan y previenen todos los riesgos de

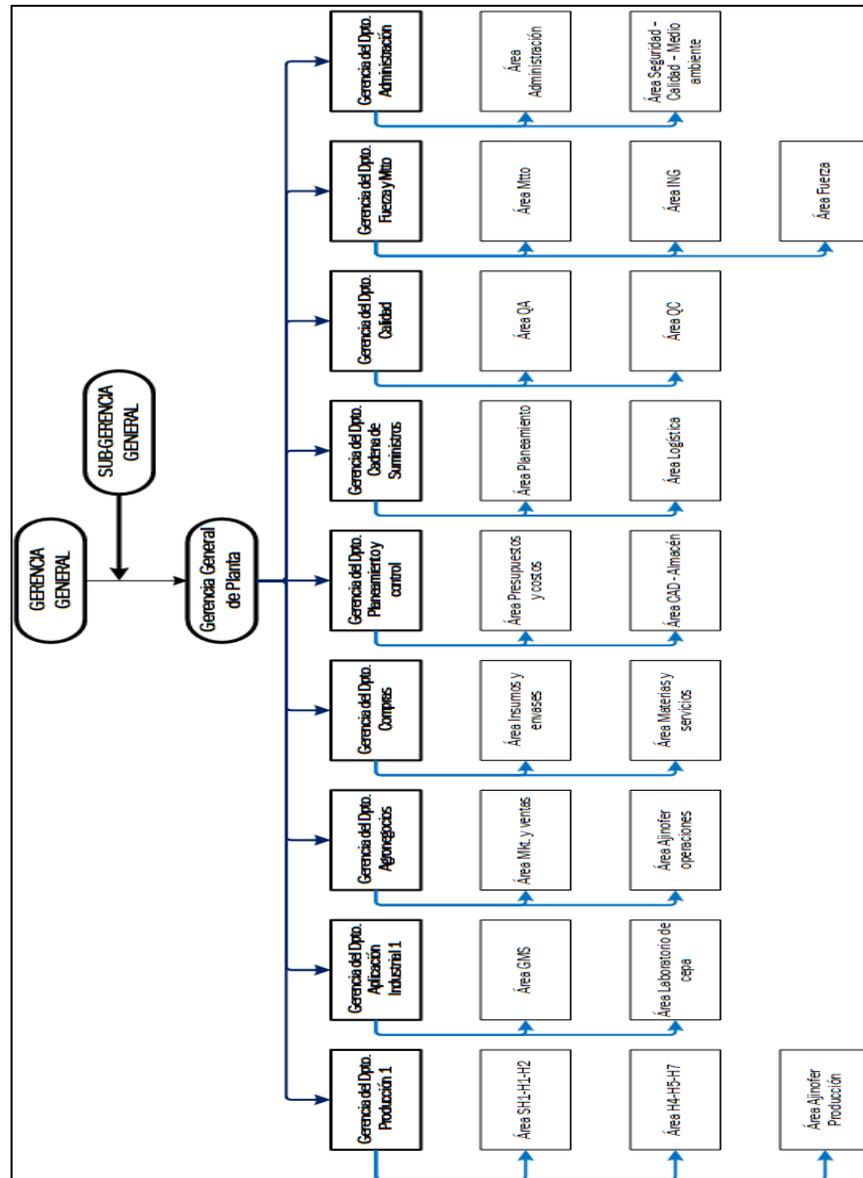
contaminación de los productos a nivel físico, químico y biológico a lo largo de todos los procesos de la cadena de suministro, estableciendo medidas preventivas y correctivas para su control tendientes a asegurar la inocuidad.

**1.1.4. Organigrama Funcional de la Empresa.**

En Ajinomoto del Perú S.A. el organigrama para la sede de planta cuenta con la siguiente estructura según la figura 2.

**Figura 2**

*Organigrama de la sede planta Ajinomoto del Perú S.A.*



De acuerdo con la figura 2, la empresa cuenta con los siguientes departamentos y áreas:

- Departamento de Producción 1. Teniendo como función la producción del producto principal GMS, conformado por las siguientes áreas:
  - SH1: Área de Sacarificado.
  - H1: Área de Descalcificación.
  - H2: Área de Fermentación.
  - H4: Área de Refinación.
  - H5: Área de Decolorización.
  - H7: Área de Envasado.
  - AJF: Área de Ajinofer.
- Departamento de Aplicación Industrial 1. Teniendo como función el soporte técnico al área de Producción 1, conformado por las áreas de:
  - GMS: Área de soporte técnico a la línea de GMS.
  - H0: Laboratorio de cepa.
  - Departamento de Agronegocios. Teniendo como función la gestión administrativa del subproducto Ajinofer (AJF).
- Departamento de Compras. Teniendo como función la provisión de materiales, envases e insumos utilizados en la línea de producción de GMS, conformado por las áreas de:
  - Área de insumos y envases.
  - Área de materias y servicios.
- Departamento de Planeamiento y Control. Teniendo como función la programación de la producción. Conformado por las áreas de:
  - Área de costos y presupuestos.
  - Área de almacén de suministros y producto terminado.

- Departamento de Cadena de suministros. Teniendo como función la gestión de los recursos de acuerdo con plan de producción, conformado por las áreas de:
  - Área de Planeamiento
  - Área de Logística
- Departamento de Calidad. Teniendo como función el aseguramiento de las políticas de calidad, conformado por las áreas de:
  - QA: Área de aseguramiento de calidad
  - QC: Área de control de calidad
- Departamento de Fuerza y Mantenimiento. Siendo parte de sus funciones el suministro de energía y agua para el procesamiento de GMS, ejecución de trabajos de mejora y el aseguramiento de la continuidad de la producción mediante los mantenimientos preventivos y correctivos, conformado por las áreas de:
  - Área de Mantenimiento
  - Área de Ingeniería
  - Área de Fuerza
- Departamento de Administración. Teniendo como funciones brindar comunicaciones internas y externas, administrar los recursos humanos y liderar los comités de seguridad industrial, calidad y medio ambiente, conformado por las áreas de:
  - Área de Administración
  - Área de Seguridad
  - Área de Calidad
  - Área de Medio ambiente

#### **1.1.5. Normatividad empresarial.**

En Ajinomoto del Perú S.A. se cuenta con el siguiente reglamento:

Reglamento interno de trabajo. En él se detallan las normas, derechos y obligaciones que tienen los trabajadores para el desempeño de sus labores.

➤ Derechos:

- Pago puntual
- Medidas de seguridad
- Lugares para aseo
- Descanso semanal obligatorio
- Formular reclamo en caso se afecte sus derechos

➤ Deberes:

- Cumplir con el trabajo encomendado
- Mantener en buen estado los bienes de la empresa
- Cumplir los horarios establecidos
- Acatar órdenes del superior
- No abandonar puesto de trabajo
- Usar bien los implementos de seguridad
- Reportar cualquier irregularidad
- Guardar respeto
- Ser colaborador
- Mantener la información confidencial

#### **1.1.6. Sistema de Seguridad Industrial.**

Todas las actividades realizadas en AJINOMOTO se basan en la Política de seguridad:

- Fomentar la Salud y Seguridad de los trabajadores mediante la prevención de accidentes e incidentes, proporcionando condiciones de trabajo seguras y saludables para la prevención de lesiones y deterioro de la salud relacionados con el trabajo, así como también la eliminación de los peligros y reducción de riesgos relacionados con las actividades.

Por lo tanto, las actividades desarrolladas se realizan bajo los siguientes principios:

- Antes de realizar una actividad nueva o no habitual, se debe informar y elaborar el permiso de trabajo según el plan de actividades.
- Mantener el orden, limpieza en el lugar de trabajo.
- Avisar de las condiciones inseguras antes de realizar una actividad.
- Evitar el uso de herramientas, equipos o vehículos sin contar con autorización.
- Utilizar correctamente los equipos de protección personal establecidos de acuerdo con la zona de trabajo.
- Respetar las señales de tránsito vehicular y peatonal.

Para el caso de Salud ocupacional, se cuentan con los principales riesgos asociados:

- Exposición a ruido.
- Inhalación de sustancias químicas.
- Inhalación de material particulado.
- Ergonómico (sobreesfuerzo, repetitivo, vibración, etc.)

Para evitar ello, se controla mediante lo siguiente:

- Monitoreo de la fuente (detectar si existe valores que puedan superar el límite y trabajar en el control de ingeniería).
- Tener un seguimiento médico anual a través de las evaluaciones periódicas y tener la línea base al inicio de empezar a laborar.
- El personal debe seguir las indicaciones y usar los EPP's indicados para controlar el riesgo.
- Leer las cartillas sobre la prevención en los riesgos asociados.

#### **1.1.7. Gestión de impactos ambientales.**

La política de medio ambiente se enfoca en lo siguiente:

- Armonizar nuestras actividades para racionalizar el uso de los recursos naturales, aplicando técnicas de reducción, reutilización y reciclaje.
- Prevenir la contaminación, con énfasis en efluentes, residuos, emisiones, ruido y derrames.
- Identificar los procesos, subprocesos y/o actividades en el proceso productivo del GMS con el potencial de generar un impacto ambiental, incluyendo en la evaluación las desarrolladas por la propia empresa y por empresas contratistas, entre las cuales se tienen:
  - Compra, almacenaje y manipulación de materias primas, insumos, etc.
  - Recepción, acondicionamiento, producción, incluyendo los desechos que puedan generarse en las líneas de envasado.
  - Actividades de soporte a los procesos de operación (por parte de las áreas de administración, logística, almacén, mantenimiento, seguridad y medio ambiente y control de calidad, etc.)
- Identificar los Aspectos ambientales según la consecuencia de estas actividades, como se resume a continuación:
  - Generación de residuos sólidos no peligrosos y peligrosos.
  - Generación de efluentes.
  - Emisión de gases de combustión.
  - Potencial incendio
  - Emisión de ruido.
- Evaluación de los Aspectos ambientales de acuerdo con la probabilidad de existencia y la consecuencia generada, de acuerdo con las siguientes denominaciones:
  - Aspecto ambiental no significativo.
  - Aspecto ambiental significativo.
  - Aspecto ambiental significativo relevante.

### **1.1.8. Cargo(s) dentro de cada una de la(s) empresa(s).**

Dentro la empresa Ajinomoto del Perú S.A. obtuve los siguientes cargos:

- Asistente del Departamento de Aplicación Industrial 1, ocupando las funciones en el área de GMS, desde mi ingreso a la empresa en Setiembre – 2019 hasta Junio – 2022.
- Asistente Senior del Departamento de Aplicación Industrial 1, ocupando las funciones en el área de GMS, desde Junio – 2022 hasta la actualidad.

### **1.1.9. Responsabilidades señaladas en el Manual de organización y funciones, ROF, TUPA, u otros documentos de la normatividad empresarial en cada caso.**

A continuación, presento las responsabilidades y funciones llevados a cargo de acuerdo con el manual de organización del departamento de Aplicación Industrial 1, como miembro del área de soporte técnico a la línea de GMS:

- Brindar soporte técnico, aportando con mejoras al departamento de producción 1 que permitan reducir los eventos de seguridad, calidad, medio ambiente y mejoras de los procesos de producción:
  - Identificar, diseñar, proponer y estandarizar las mejoras de seguridad, medio ambiente, calidad y mejoras de los procesos de producción.
  - Establecer y proponer un sistema de control de las mejoras realizadas mediante la elaboración de documentos como Plan de Prueba (PDP) y Reportes técnicos (TEC); y registrar los cambios de las implementaciones mediante un documento de Control de cambio (CDC).
- Monitorear y actualizar las plantillas de estudio de capacidad ante los cambios que impacten en la productividad y rendimiento de los procesos, para ello:
  - Actualizar las hojas de cálculo de los balances de la línea de producción ante cambios significativos que impacten la producción.

- Actualizar los formatos de estudio de capacidad que permitan visualizar y monitorear la capacidad de producción de GMS y Fertilizantes ante los cambios de nuevas tecnologías y materias primas.
- Identificar los cuellos de botella producto del análisis de las etapas de proceso para cada área en el proceso de producción de la línea de GMS.
- Desarrollar y ejecutar los proyectos de inversión o mejoras según los requerimientos del grupo de interés.
  - Diseñar las inversiones en el departamento de producción 1, mediante el uso de memorias descriptivas para garantizar que las inversiones cumplan con los requerimientos, el cronograma de trabajo, la evaluación de riesgo del proyecto, así como los documentos relacionados con la seguridad solicitados por los grupos de interés, asegurando además un retorno de inversión y/o continuidad de proceso en los siguientes 5 años.
  - Ejecutar y monitorear las inversiones de acuerdo con los requerimientos aprobados, en los plazos establecidos, realizando trabajos de calidad de acuerdo con los estándares establecidos en planta.
- Brindar soporte en la actualización de instructivos, manuales de operación y los estándares técnicos de acuerdo con los cambios realizados en el proceso.
  - Actualizar instructivos, mediante la evaluación estadística de los indicadores clave de proceso.
  - Elaboración de manuales de operación, para que los cambios realizados puedan ser entendidos por todo el personal operativo.
  - Actualización de estándares técnicos, en caso el proceso se adecúe a una nueva tecnología.
- Ejecutar las estrategias establecidas de los objetivos y metas del departamento de Aplicación Industrial 1 e informar las dificultades oportunamente para evitar retrasos.

- Ejecutar y actualizar el cumplimiento de las estrategias individuales mensualmente.
- Reportar los resultados de acuerdo con los objetivos y metas trazados con periodicidad mensual, trimestral y semestral.
- Realizar autoevaluaciones y participar de los feedback anuales de acuerdo con el cumplimiento de los objetivos y metas trazados.

**1.1.10. Conocimientos técnicos de su especialidad requeridos para el cumplimiento de sus tareas, labores, funciones, etc.**

Para la realización de las actividades, se utilizaron los siguientes conocimientos:

- Balance de materia y energía.
  - Conocimiento utilizado en el diseño conceptual de los proyectos de inversión, como por ejemplo la adquisición de nuevos equipos (ya que el balance brinda las consideraciones principales para el dimensionamiento del área de instalación, de equipos, de instrumentos y de líneas utilizadas para el transporte de fluidos).
  - Utilizado en la evaluación de productividad, debido a que el balance de materia permite identificar los flujos de salida de productos y subproductos y también permite cuantificar las pérdidas de las áreas de producción.
  - Herramienta utilizada para evaluar la capacidad actual de equipos, como por ejemplo en los cálculos de consumo de vapor de los equipos de intercambio de calor favoreciendo la identificación de eficiencia de equipos.
  
- Transferencia de cantidad de movimiento.
  - Conocimiento utilizado en la evaluación de capacidad instalada de bombas centrífugas.

- Herramienta utilizada para la evaluación de velocidades en las líneas de proceso.
- Gestión empresarial.
  - Conocimiento aplicado para poder administrar correctamente los recursos que implica un proyecto, las pruebas a nivel laboratorio, las pruebas a nivel piloto y las pruebas a nivel planta.
- Tratamiento de efluentes industriales.
  - Entendimiento del tratamiento biológico de efluentes.
  - Evaluación de rendimientos mediante balance de materia para las cargas presentes en el efluente industrial como la demanda química de oxígeno (DQO) y nitrógeno total (NT) entre los más importantes.
- Corrosión.
  - Conocimiento aplicado para tomar decisiones en cuanto a los materiales necesarios para llevar a cabo un proyecto de manera que tengan la resistencia a la corrosión en un período determinado.
  - Evaluación de posibles causas de corrosión en base a las consecuencias generadas en los materiales.
- Diseño de plantas.
  - Entendimiento de diagramas de flujo de procesos (PFD) y diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID).
  - Conocimiento utilizado en los estudios de factibilidad, elaborados para la sustentación de proyectos de inversión.
  - Elaboración del diseño de equipos industriales como parte de la ingeniería básica de la memoria descriptiva de proyectos de inversión.

### **1.1.11. Personal a su cargo y sus responsabilidades.**

Dentro de la experiencia laboral he tenido personal a cargo dependiendo de la actividad realizada:

- Ejecución de proyectos de inversión con la participación de empresas contratistas:
  - Personal a cargo: desde 1 hasta 20 personas.
  - Responsabilidades:
    - Reuniones preliminares para la definición de requerimientos (realizado con el área técnica de cada contratista).
    - Liderar la revisión de cotizaciones (realizado en conjunto con el área de Producción y con el área técnica de cada contratista).
    - Liderar la revisión de riesgos que eviten el éxito de la ejecución de los trabajos (realizado en conjunto con el área de Producción y con el área técnica de cada contratista).
    - Evaluar los cronogramas de trabajo para la ejecución de las actividades (realizado con el área técnica de cada contratista).
    - Liderar la revisión de matriz de Identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPER) de acuerdo con la actividad a realizar (en conjunto con el área de Producción y con el área técnica de cada contratista).
    - Revisión de permisos de trabajo (realizado en conjunto con el área de Producción y con el supervisor de seguridad de cada contratista).
    - Supervisión en la ejecución de trabajos, de acuerdo con los requerimientos solicitados.
    - Pruebas de confirmación de trabajos (realizado en conjunto con el área de Producción y personal contratista).

- Elaboración de manual de operación (realizado en conjunto con el área de Producción y con el área técnica de cada proveedor).
- Trabajos de ejecución con personal de planta:
  - Personal a cargo: desde 1 hasta 8 personas.
  - Responsabilidades:
    - Definición de requerimientos con las áreas relacionadas, para ello se lideran reuniones con personal de nivel operativo, supervisor, jefatura y gerencia.
    - Reuniones de aprobación de trabajos, donde se exponen las propuestas en base a la evaluación de los requerimientos donde se coordina la ejecución de pruebas a nivel piloto y pruebas a nivel planta.
    - Evaluación de riesgos en la ejecución de proyectos, para ello se lideran reuniones donde se evalúan los factores que podrían impactar negativamente al cumplimiento de los trabajos.
    - Elaboración de cronogramas de trabajo para la ejecución de las actividades, para ello se lideran reuniones con personal de nivel operativo, supervisor y jefatura.
    - Elaboración de manual de operación, liderando reuniones con el personal de nivel operativo, supervisor y jefatura.
    - Capacitación al personal en base a los manuales de operación, realizando presentaciones y evaluación de efectividad de acuerdo con lo entrenado.

**1.1.12. Función ejecutiva y/o administrativa adicional. Detallar las labores y tareas desarrolladas en la(s) empresa(s).**

Se realizaron las siguientes labores adicionales en la empresa:

- Pruebas a nivel laboratorio, piloto y planta, mediante:

- Elaboración de diseños de prueba.
  - Evaluación de parámetros para determinar la efectividad de las pruebas.
  - Redacción de planes para ejecución de pruebas a los niveles de laboratorio, piloto y planta hacia las partes interesadas.
  - Redacción de reportes técnicos que registren la prueba realizada (incluyendo hipótesis, análisis experimental, duración de la prueba, resultados, conclusiones y recomendaciones).
  - Publicación de los reportes técnicos a toda la corporación.
- Participación en proyectos de mejora tecnológica en largo plazo, donde se realizó lo siguiente:
- Revisión técnica de artículos científicos.
  - Participación en capacitación externas.
  - Evaluación de los avances del proyecto por otras filiales de la empresa.
  - Elaboración del detalle de requerimientos:
    - Zona determinada para ejecutar las instalaciones.
    - Compra de equipos según la capacidad evaluada.
    - Compra de materiales de acuerdo con las características del fluido, presión, etc.
    - Compra de instrumentos de acuerdo con los parámetros a medir.
  - Evaluación de factibilidad con el uso de nueva tecnología.
  - Elaboración de informes, registrando las evaluaciones realizadas.
- Participación en la elaboración del Plan de inversiones del departamento de Aplicación Industrial 1, realizando lo siguiente:
- Revisión de estado de equipos de laboratorio, de acuerdo con los informes de los mantenimientos preventivos y correctivos.
  - Evaluación de adquisición de instrumentos para los análisis fisicoquímicos.

- Soporte al área de Ingeniería en la evaluación y ejecución de trabajos, mediante:
  - Elaboración de cálculos preliminares para el diseño de equipos.
  - Confirmación de condiciones de trabajo de los equipos a implementar.
  - Evaluación de la factibilidad de un proyecto, calculando el retorno de inversión, en base a la mejora a implementar y los costos de inversión.
  
- Coordinación con laboratorios externos para análisis de muestras especiales.
  - Gestión de muestreos especiales con las áreas usuarias.
  - Evaluación de laboratorio en base a los ensayos solicitados.
  - Gestión de la solicitud de pedido de servicio.
  
- Reemplazo de personal supervisor de producción:
  - Participación de charlas de seguridad diarias.
  - Liderar los cambios de turno.
  - Gestionar las actividades de corrección de anomalías de equipos con el área de mantenimiento.
  - Elaboración de órdenes de producción del día.

#### **1.1.13. Cronograma de realización de las actividades como bachiller.**

Siguiendo una línea de tiempo, presento en la tabla 1 las actividades desarrolladas más relevantes de las empresas Pesquera Diamante S.A. y Ajinomoto del Perú S.A. desde el ingreso en Octubre – 2018 hasta Enero – 2023.

**Tabla 1***Cronograma de realización de actividades como bachiller.*

Empresa u organización	Actividad desarrollada	Periodo	
		Desde	Hasta
	Elaboración de informes de balance de masa y energía para la evaluación de los indicadores de producción de los períodos 2017-II y 2018-I.	Octubre 2018	Noviembre 2018
	Elaboración de informes de balance de masa para la evaluación de indicadores de la planta PAMA (programa de adecuación de manejo ambiental) para el período 2018-II	Enero 2019	Febrero 2019
Pesquera Diamante S.A.	Participación de proyectos de inversión para el incremento de capacidad de producción, de acuerdo con el plan de inversiones, como el caso de: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Participación del incremento de capacidad de la planta de evaporación de agua de cola.</li> <li>➤ Participación de la instalación de nuevo equipo de intercambio de calor "cocina"</li> <li>➤ Aislamiento térmico de toda la red de tuberías condensado.</li> <li>➤ Instalación de equipos de separación instantánea "flash" para los equipos de intercambio de calor cocinas y secadores.</li> <li>➤ Instalación de equipos de intercambio de calor de coraza y tubos.</li> </ul>	Octubre 2018	Marzo 2019
	Soporte técnico al área de Producción de GMS (de acuerdo con el listado presentado en el ítem 2.2)	Setiembre 2019	Actualidad
Ajinomoto del Perú S.A.	Soporte en el seguimiento de indicadores clave en la Producción de GMS, mediante el uso de gráficos de control de procesos para las áreas de Fermentación y Refinación.	Setiembre 2019	Noviembre 2019

Evaluación técnica del rendimiento de los equipos de intercambio de calor en el área de Refinación.	Noviembre 2019	Enero 2020
Evaluación de análisis rápido de cargas de Demanda química de oxígeno (DQO) y de contenido de nitrógeno total (NT) en la planta de tratamiento de efluentes para la reducción de tiempo en la toma de decisiones.	Febrero 2020	Marzo 2020
Evaluación teórica de la capacidad máxima de procesamiento en la planta de producción de Glucosa a partir del arroz y azúcar.	Abril 2020	Junio 2020
Participación en parada de planta del año fiscal 2020, llevando a cabo los siguientes trabajos: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Participación en patrullajes de supervisión de seguridad en planta de Producción 1.</li> <li>➤ Ampliación de capacidad del sistema de preparación del medio de cultivo para el proceso de fermentación.</li> <li>➤ Instalación de un sistema de captura de data de las variables claves del proceso de Refinación, mediante la visualización en tiempo real y con el uso de gráficos de control de procesos.</li> </ul>	Julio 2020	Noviembre 2020
Evaluación del sistema de transporte de ácido sulfúrico en la red de tuberías en planta de producción de GMS para la determinación de puntos críticos, realizando lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Identificación de puntos con mayor probabilidad de ocurrencia de corrosión en base al estudio de velocidad por tramo de instalación.</li> <li>➤ Consolidación mediante una representación gráfica de las zonas más afectadas.</li> </ul>	Diciembre 2020	Enero 2021
Participación del proyecto de incremento de capacidad de planta de obtención de glucosa a partir del almidón de arroz en el	Enero 2021	Marzo 2021

<p>área de Sacarificado, llevando a cabo lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Elaboración de la memoria descriptiva con las áreas relacionadas.</li> <li>➤ Participación de la supervisión de las actividades de ejecución.</li> </ul>		
<p>Participación en parada de planta del año fiscal 2021, llevando a cabo los siguientes trabajos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Implementación de un sistema de control de flujo de adiciones para un tanque de mezcla de materias primas.</li> <li>➤ Evaluación e implementación del sistema de recuperación de condensados de los equipos de intercambio de calor para el área de Refinación.</li> </ul>	Noviembre 2021	Enero 2022
<p>Participación del proyecto de Reducción de consumo de agua en la red de riego de planta, llevando a cabo lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Elaboración de la memoria descriptiva del proyecto en conjunto con las áreas relacionadas.</li> <li>➤ Participación de la supervisión de las actividades de ejecución.</li> </ul>	Enero 2022	Abril 2022
<p>Participación en parada de planta del año fiscal 2022, llevando a cabo los siguientes trabajos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Reducción de pérdida de calor al ambiente mediante la instalación de aislamiento en superficies de tanques y líneas de proceso.</li> </ul>	Junio 2022	Noviembre 2022
<p>Elaboración del balance hídrico en el proceso de producción de GMS</p>	Diciembre 2022	Enero 2023

**1.1.14. Participación en actividades complementarias en la empresa (Investigación, Calidad total, seguridad industrial, etc.)**

De acuerdo con las funciones del área, se cuenta con el soporte técnico en las siguientes actividades complementarias:

- Líneas de investigación:
  - Análisis rápido de cargas en los efluentes. Donde se realizó la investigación para poder obtener un resultado rápido del estado de cargas de los efluentes industriales, para ello se llevaron a cabo diferentes análisis que permitieron predecir las cargas de DQO (demanda química de oxígeno) y nitrógeno total en base a la medición de la conductividad eléctrica.
  - Aprovechamiento de condensado generado de los equipos de intercambio de calor. Para ello se utilizó información de equipos de separación instantánea “flash” para evaluar la recuperación de condensados de alta presión para la generación de energía recuperable para su utilización en el proceso de producción.
- En el ámbito de calidad total se participó en lo siguiente:
  - Control de proceso. Donde se realizó la elaboración de hojas de cálculo de tal manera que permita de una forma automatizada la representación gráfica de las variables principales del proceso del área H4 – Refinación y los límites de control conforme a las evaluaciones estadísticas realizadas.
- Participación en seguridad industrial:
  - Capacitaciones en seguridad. Durante mi estadía en la empresa, he participado de diferentes cursos entre los cuales se tienen:
    - Trabajos en espacios confinados, con el objetivo de entender las condiciones esenciales para llevar a cabo los trabajos de supervisión, así como de dar respuesta ante un caso emergencia mediante el ejercicio práctico de simulación llevado a cabo en planta.

- Trabajos en altura, con la finalidad de entender los requisitos para llevar a cabo la supervisión de trabajos con el uso de escaleras y andamios.
  - Trabajos en caliente, con el objetivo de comprender las condiciones de trabajo para llevar a cabo la supervisión de trabajos con equipos que puedan producir incendios y explosiones.
  - Trabajos con reactivos, siendo capacitado para dar respuesta ante una emergencia de fuga de ácido sulfúrico, soda caustica y amoniaco anhidro; y para llevar a cabo los trabajos de supervisión de trabajos relacionados con la exposición ante los agentes peligrosos.
  - Trabajos eléctricos, siendo capacitado para dar respuesta ante una emergencia de riesgo eléctrico.
  - Trabajos en frío, con el fin de entender las consideraciones para llevar a cabo la supervisión de trabajos con el uso de herramientas manuales y dar respuesta ante una emergencia de golpeado y cortado.
- Miembro de la brigada de evacuación. Realizando actividades como participación de capacitaciones, dar respuesta mediante la evacuación del personal del área hacia la zona segura y en casos de tsunami trasladar al equipo de trabajo hacia la zona determinada por el área de Seguridad.

#### **1.1.15. Contribuciones al desarrollo de la empresa.**

Durante el periodo de trabajo en la empresa he desarrollado las siguientes contribuciones de acuerdo con la estrategia corporativa ASV (Grupo Ajinomoto que crea valor compartido, de sus siglas en inglés) la cual se enfoca en crear valor económico y

crecimiento al contribuir con la sostenibilidad global y los recursos alimentarios, para ello participé de los siguientes proyectos:

- Reducción de consumo de agua en la red de riego de planta. De esta manera se contribuye con la sostenibilidad global en cuanto al uso adecuado del recurso natural como lo es el agua, esto se pudo lograr gracias al estudio realizado para la reutilización del dreno (subproducto generado por la evaporación de licores en el proceso de producción de GMS) compuesto principalmente por agua el cual cumple con la caracterización para ser utilizada en la red de riego de planta Callao, esto permite además tener un ahorro económico de tal manera que la inversión utilizada en el proyecto de implementación sea recuperada en un corto plazo.
- Mejoras de reducción de operaciones. Gracias a las implementaciones de automatización de operaciones, se pudo conseguir una reducción en cuanto a la exposición del personal a los riesgos que involucran las operaciones manuales, así como evitar los errores de operación producidos por las propias actividades manuales, de esta manera permite también evitar un sobrecosto originado por errores operativos.
- Mejora en la evaluación de cargas de los efluentes industriales. De esta manera el área de tratamiento de efluentes puede controlar oportunamente una sobrecarga de los componentes que perjudican la evacuación de efluentes por el emisor marino de acuerdo con los límites máximos permisibles (LMP) para la industria de alimentos.
- Optimización de uso del condensado generado de los equipos de intercambio de calor. De acuerdo con la evaluación realizada, es posible recuperar la evacuación al ambiente de la evaporización de los condensados de alta presión mediante el uso de equipos de separación instantánea, pudiendo de esta manera recuperar al 100% el condensado generado y además generar vapor

“flash” que pueda ser reusado en el mismo proceso de producción, de esta manera se puede reducir el uso de agua blanda en la generación de vapor de las calderas y también reducir el consumo de vapor reduciendo el costo de producción del producto GMS.

## **1.2. Descripción del problema de investigación**

### **1.2.1. Labores y tareas sobre el tema asignado.**

Se cuenta con las siguientes tareas relacionadas al tema de investigación desarrollado:

- Evaluación de capacidad de la planta de obtención de glucosa a partir del almidón de arroz. Para ello se realizaron las siguientes actividades:
  - Elaboración de balances de materia.
  - Elaboración de cuadros de capacidad de las etapas del proceso de producción de glucosa.
  - Elaboración de ensayos químicos para análisis de parámetros fisicoquímicos.
  - Evaluación de oportunidades de mejora en base a los resultados de capacidad máxima de planta de obtención de glucosa.
  - Elaboración de informes técnicos para registrar la evaluación realizada.
  - Difusión de información a las áreas relacionadas.
- Proyecto de incremento de capacidad de planta de obtención de glucosa a partir del almidón de arroz. Para ello se realizaron las siguientes actividades:
  - Elaboración de la memoria descriptiva del proyecto.
  - Revisión del detalle de requerimientos con las áreas relacionadas.
  - Elaboración de matriz de riesgos, con la finalidad de asegurar la entrega del proyecto bajo las premisas de cero eventos de seguridad, cumplimiento de los tiempos establecidos y evitar impactos negativos en la producción.

- Elaboración de cronograma de trabajo desde la etapa de elaboración del diseño conceptual hasta la puesta en marcha de las nuevas instalaciones.
- Evaluación económica del retorno de inversión, basado en la recuperación por uso de materia prima de menor costo.
- Supervisión en la ejecución de trabajos, con el objetivo de hacer cumplir los requerimientos establecidos.
- Coordinación para la ejecución de pruebas de funcionamiento con las áreas involucradas.
- Participación en la capacitación al personal sobre el uso de los nuevos equipos.

### ***1.2.2. Planteamiento de la realidad problemática de la actividad***

Debido a la coyuntura actual con respecto al abastecimiento de insumos y materias primas producto de los conflictos sociales (guerra Rusia – Ucrania) y fenómenos meteorológicos (fenómeno del niño, fenómeno de la niña y sequías en las zonas de cultivo), se han incrementado los costos unitarios de las principales materias primas los cuales impactan negativamente en el costo de producción del producto principal de la empresa.

Bajo esta problemática la empresa busca mejorar la flexibilidad de procesamiento de materias primas (siendo las fuentes el almidón de arroz y el azúcar) manteniendo la continuidad de producción. Para ello, como miembro del área de soporte técnico del área de Producción 1, realicé evaluaciones de capacidad máxima de la planta de producción de glucosa a partir del almidón de arroz evaluando todas las operaciones unitarias dentro de la línea de producción, detectando como cuellos de botella las etapas de Sacarificación y Separación.

### **1.3. Objetivos del estudio**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Incrementar la capacidad de la planta de producción de glucosa a partir del almidón de arroz.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la capacidad máxima actual de la planta de producción de glucosa a partir del almidón de arroz.
- Proponer mejoras de incremento de la capacidad de planta, enfocado en mejorar las etapas que presenten restricciones de capacidad.
- Mejorar la flexibilidad de la planta ante los cambios de precios de las materias primas, brindando diversas opciones para el uso de las materias primas.

### **1.4. Antecedentes investigativos**

Actualmente no se cuenta con información actualizada de capacidad de producción de glucosa a partir del almidón de arroz debido a que su producción no es continua.

La información del incremento de precio de las materias primas a lo largo de los años se encuentra al alcance en la plataforma de MIDAGRI (Ministerio de desarrollo agrario y riego) y del portal de datos (Barrientos & Soria, 2021).

## Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

### 2.1. Marco teórico

#### 2.1.1. *Fundamente teórico del proceso de obtención de glucosa a partir del almidón de arroz.*

El proceso de obtención de glucosa a partir del almidón de arroz. Según (León, 1997), se divide en las siguientes etapas:

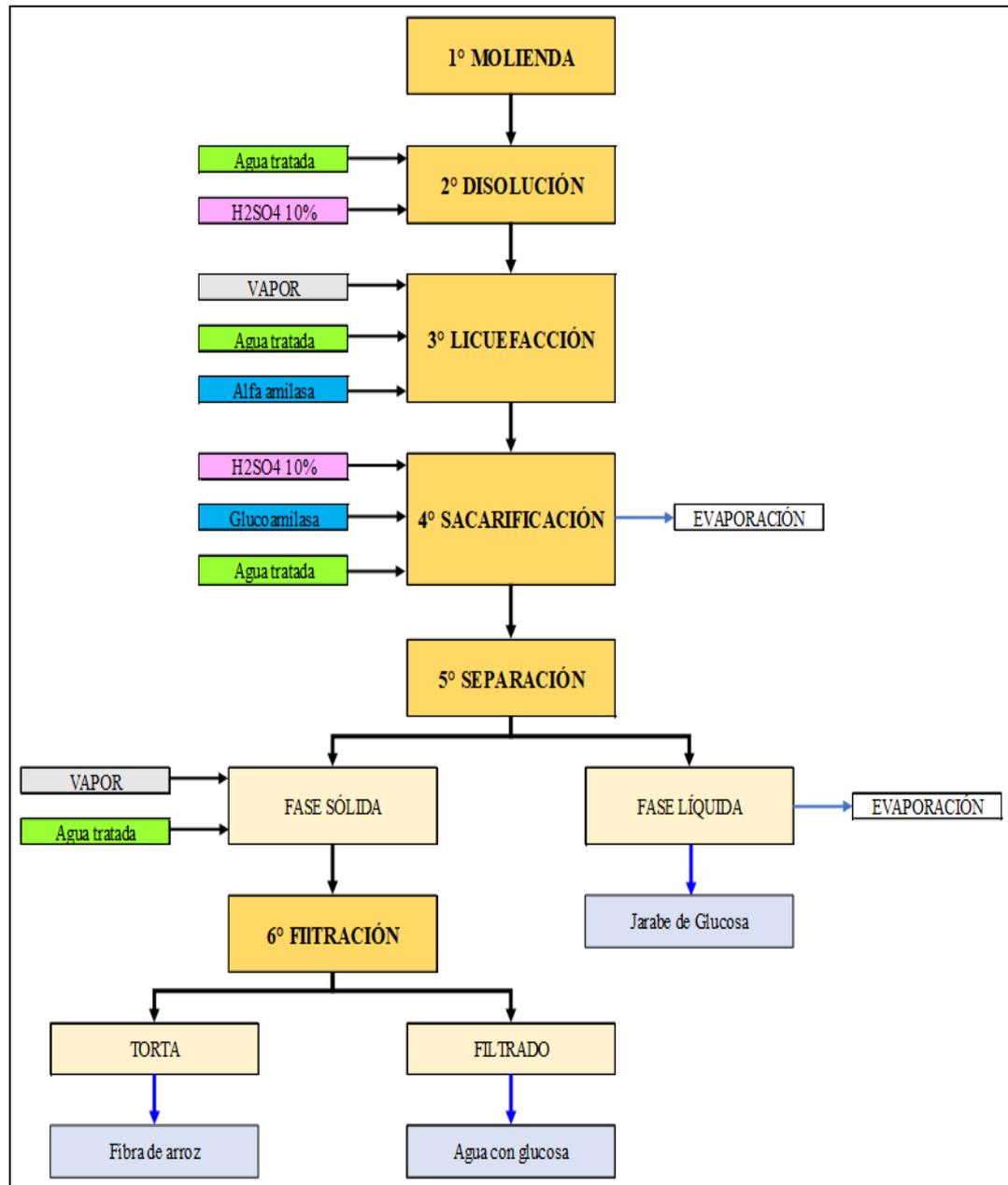
- **Dispersión o disolución.** Consiste en la preparación de una suspensión a una concentración comprendida entre 20 – 40g/dL
- **Acondicionamiento.** Donde esta suspensión de almidón será mezclada con la enzima alfa-amilasa en un reactor enzimático.
- **Licuefacción.** Donde la suspensión de almidón reacciona bajo las condiciones de temperatura y tiempo de residencia. Una vez cumplido el tiempo de residencia se procede a la inactivación con el uso de ácido para reducir el pH.
- **Sacarificación.** Una vez reducida la temperatura de licuefacción (85°C aproximadamente) hasta 65°C se agrega la siguiente enzima glucoamilasa para su activación durante todo el tiempo de hidrólisis.
- **Inactivación de la enzima.** Una vez terminado el tiempo de hidrólisis, la acción enzimática es cortada mediante el uso de ácido para reducir el pH.
- **Separación.** El producto de la hidrólisis es enviado a un equipo separador de fases L – S para obtener en la parte líquida el jarabe de glucosa.
- **Filtración.** El producto sólido de la separación se filtra con el objetivo de recuperar la glucosa de la parte líquida filtrada.

#### 2.1.2. *Proceso industrial de obtención de glucosa a partir del almidón de arroz.*

La representación del proceso industrial de obtención de jarabe de glucosa a partir de almidón de arroz, mediante el uso de diagrama de bloques se presenta en la figura 3.

**Figura 3**

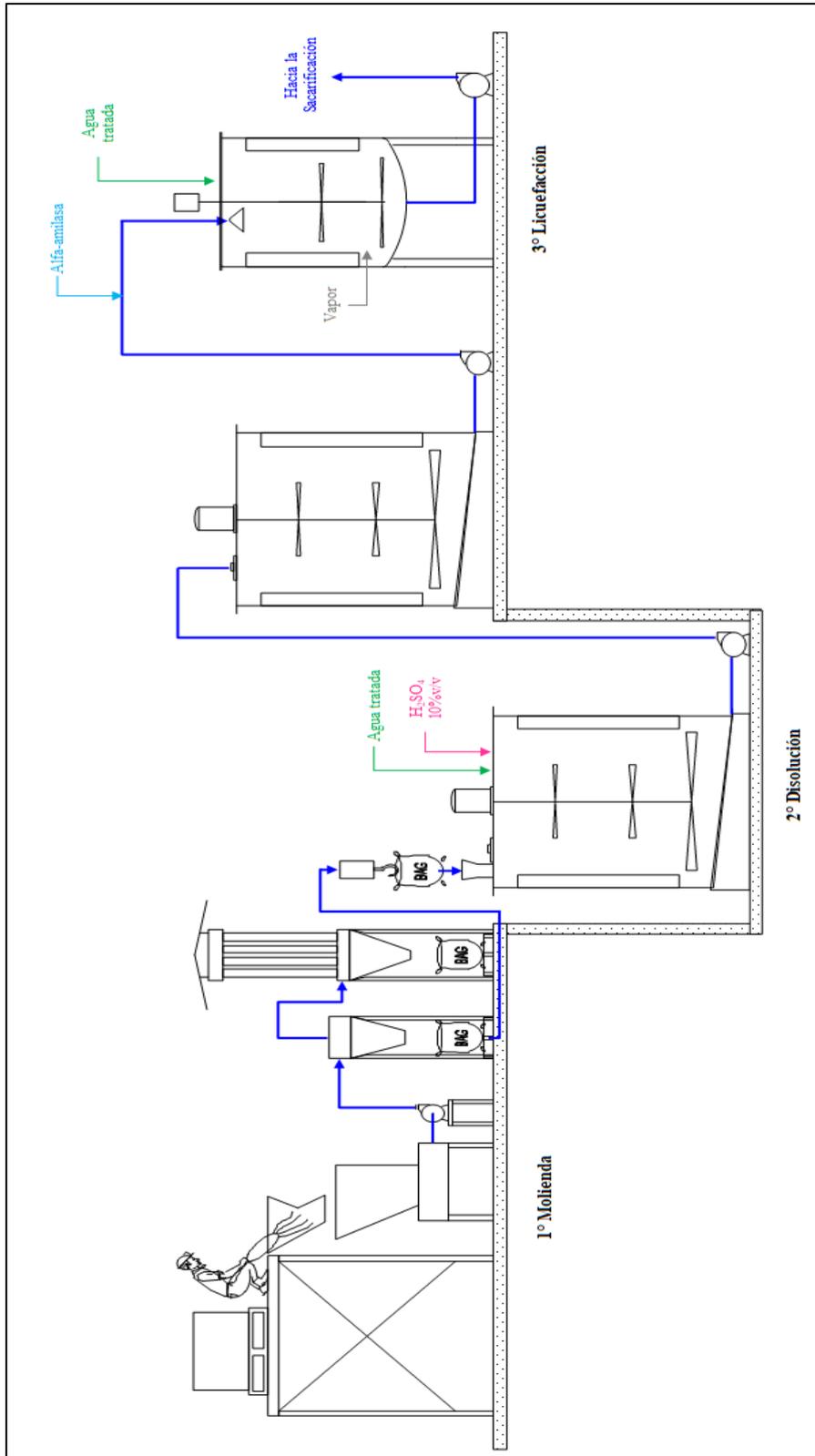
*Diagrama de bloques del proceso de obtención de glucosa a partir de almidón de arroz.*



A continuación, de acuerdo con la información del diagrama de bloques de la figura 3, se elaboran los siguientes diagramas de flujo de los componentes del proceso industrial representados en las figuras 4 y 5.

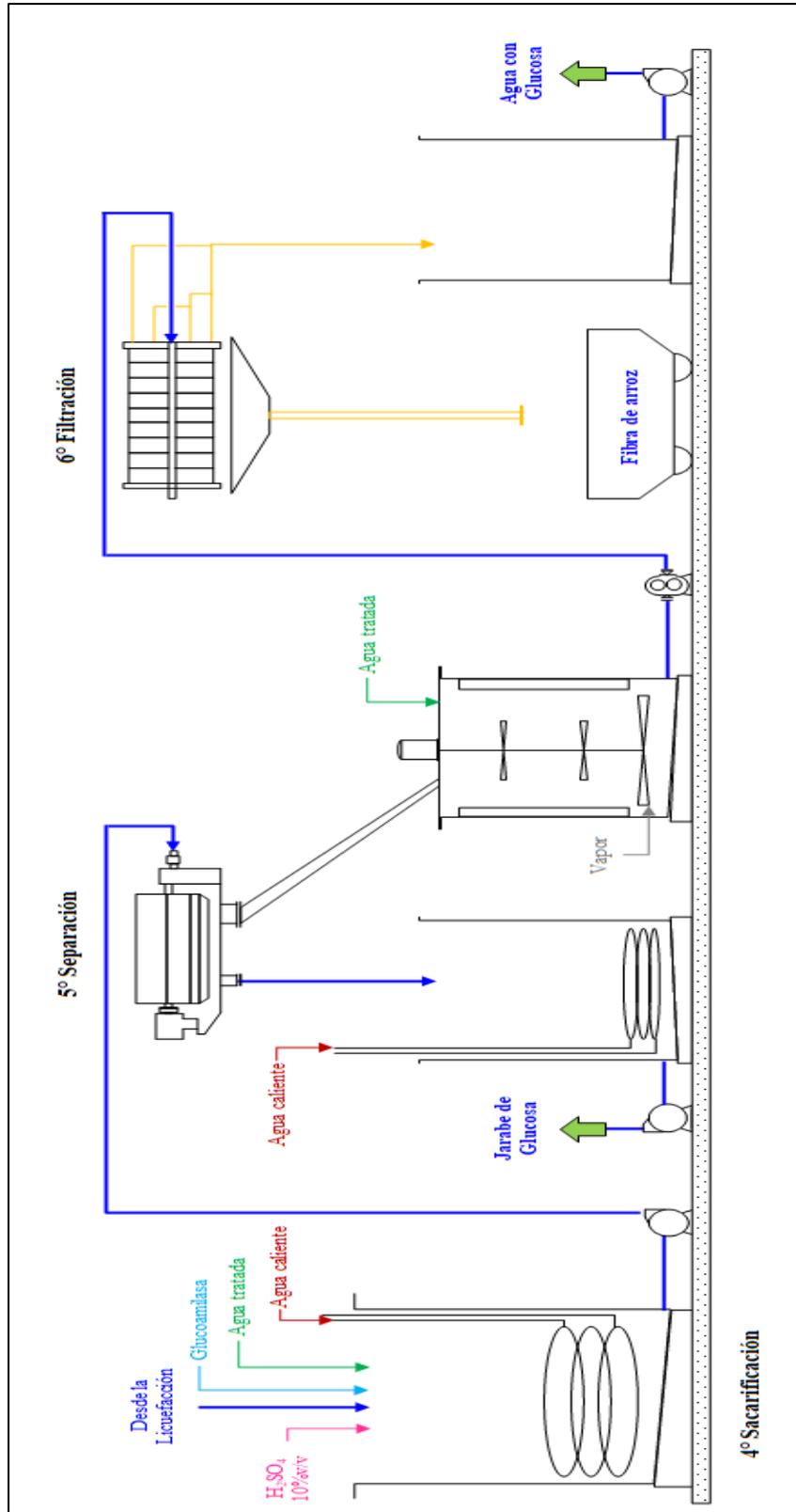
**Figura 4**

*Diagrama de Flujo de las etapas: molienda, disolución y licuefacción.*



**Figura 5**

*Diagrama de Flujo de las etapas: sacarificación, separación y filtración.*



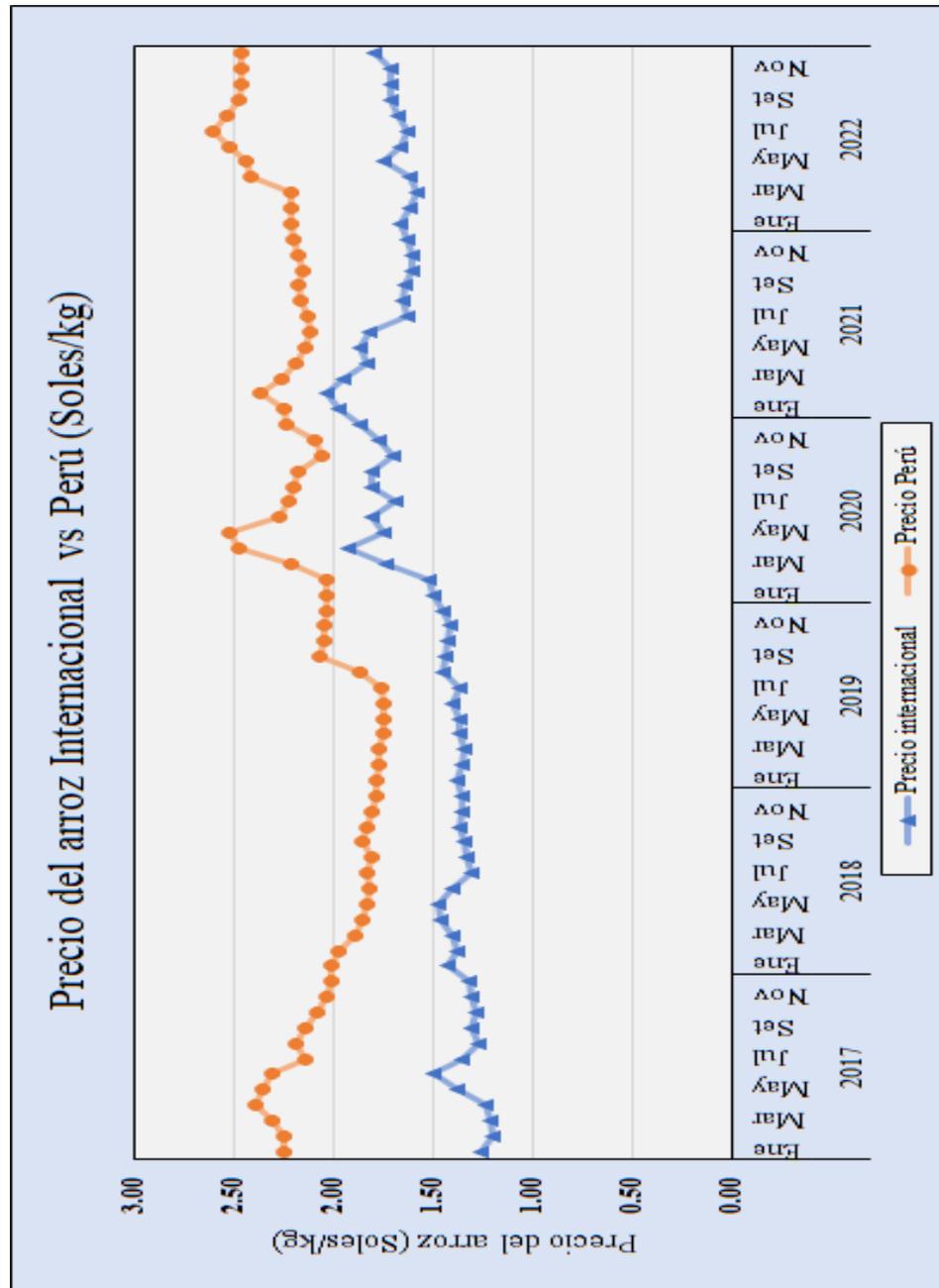
### **2.1.3. Comportamiento de los precios de las materias primas.**

Con respecto a los costos de las materias primas arroz y azúcar, se tiene:

- Costo del arroz: De acuerdo a la información obtenida del Sistema de abastecimientos y precios del Ministerio de desarrollo agrario y riego (MIDAGRI, 2010) se obtienen los precios del arroz del mercado mayorista del Perú (evaluados como promedio por mes y expresados en la unidad de soles/kg) y con la información recopilada del portal de datos (Barrientos & Soria, 2021) que utiliza la información del Banco mundial; se obtuvieron los precios internacionales (evaluados como promedio por mes y expresados en la unidad de soles/kg), representando en la siguiente gráfica la comparación de estos:

**Figura 6**

*Precio de arroz internacional vs Perú (en soles/kg)*



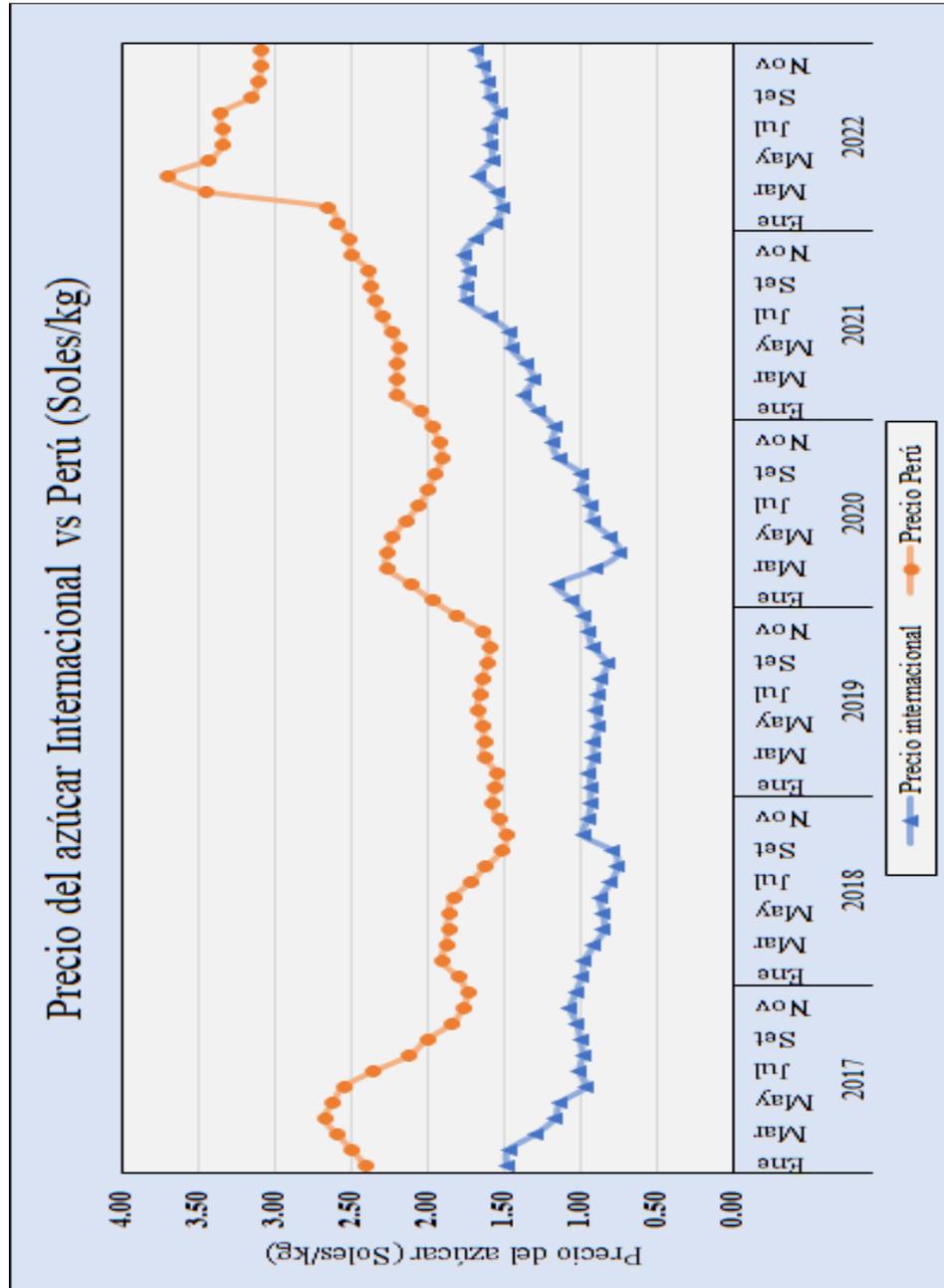
*Nota:* Adaptado de acuerdo con las referencias MIDRAGI y (Barrientos & Soria, 2021).

Donde se observa el incremento del precio de arroz a nivel nacional desde mediados del año 2019 hasta la actualidad siguiendo la misma tendencia que los precios internacionales, siendo el promedio de los últimos meses del año 2022 de 2.458 soles/kg

- Costo del azúcar: Se utiliza la misma referencia para obtener los precios del azúcar del Perú (evaluados como promedio por mes y expresados en soles/kg) y con la información recopilada del portal de datos (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar, 2017) de acuerdo a la información seleccionada de la Bolsa de Nueva York, bajo el contrato N°11 se transa azúcar cruda de caña a granel con un grado de polarización de 96 grados, se obtuvieron los precios internacionales (los cuales se evaluaron como promedio por mes y se expresan en soles/kg), representando en la Figura 7 la comparación de estos.

**Figura 7**

*Precio de azúcar internacional vs Perú (en soles/kg)*



*Nota:* Adaptado de acuerdo con las referencias MIDRAGI.

Donde se observa un incremento del precio de azúcar a nivel nacional a partir de mediados del año 2019 hasta la actualidad (similar comportamiento que el precio del arroz) siguiendo la misma tendencia que los precios internacionales (aunque se observa que la brecha entre los precios ha ido incrementando en el

último año), siendo el promedio de los últimos meses del año 2022 de 3.094 soles/kg.

## 2.2. Marco conceptual

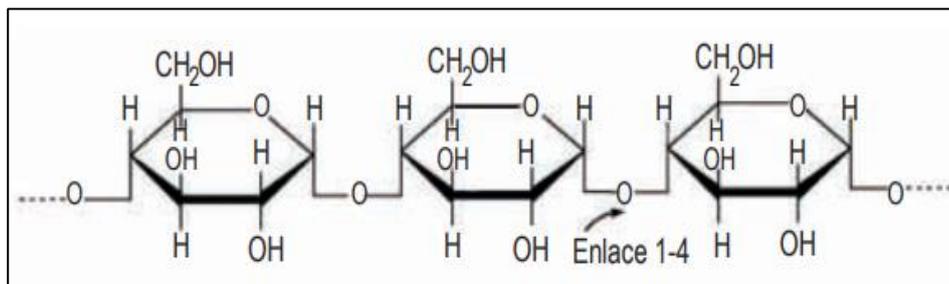
Para comprender adecuadamente el tema del informe de suficiencia profesional, se usaron los siguientes conocimientos técnicos:

### 2.2.1. Definiciones.

- Arroz: es un tipo de cereal usado como alimento básico de más de la mitad de la población mundial. El Perú se encuentra entre los principales productores de arroz en el mundo, teniendo un promedio anual de 2.35 millones de toneladas producidas de arroz pilado (Romero & Sánchez Noel, 2022)
- Almidón: es una materia orgánica compuesto de un polímero constituido por dos componentes, la amilosa que consta de moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -D-(1→4) (ver figura 8).

### Figura 8

*Representación de amilosa*

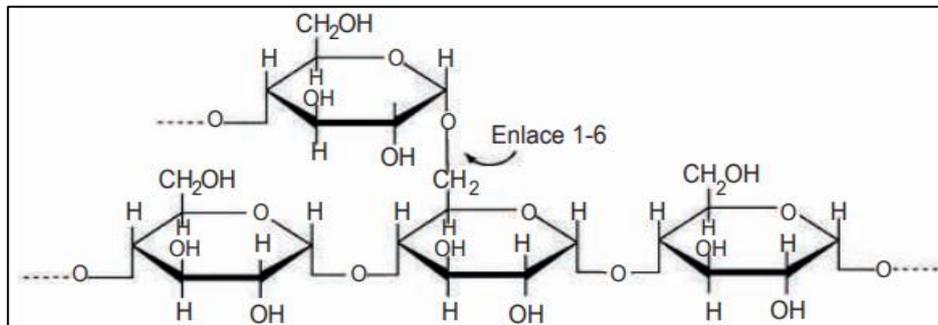


*Nota:* adaptado de (Aristizábal, 2007).

Y la amilopectina que se compone por cadenas lineales de moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -D-(1→4) y estas a su vez están unidas entre sí por enlaces  $\alpha$ -D-(1→6) (ver Figura 9) (Aristizábal, 2007).

**Figura 9**

*Representación de amilopectina*



*Nota: adaptado de (Aristizábal, 2007).*

- **Enzimas:** Son catalizadores que aumentan la velocidad de las reacciones enzimáticas, usadas para la despolimerización de compuestos orgánicos. En el proceso de producción de aminoácidos, estos compuestos son usados para llevar a cabo la hidrólisis de almidón del arroz obteniendo azúcares que serán utilizados como fuente de sustrato para la fermentación.
- **Alfa – amilasa:** Es una enzima que cataliza la hidrólisis de los enlaces glicosídicos  $\alpha$ -D-(1→4), presentes en el almidón, se encuentra entre las enzimas más importantes, debido a que tienen aproximadamente el 25% del mercado mundial de enzimas, las cuales tienen aplicación potencial en un amplio número de procesos industriales como la alimentación, la fermentación, la industria textil, papelera, de detergentes y farmacéutica (Bernal & Martínez, 2006).
- **Glucoamilasa:** Es una enzima que cataliza la hidrólisis de los enlaces  $\alpha$ -D-(1→4) y  $\alpha$ -D-(1→6) glicosídicos del almidón después de la licuefacción.
- **Glucosa:** El jarabe de glucosa es un producto de la hidrólisis del almidón, se usan de acuerdo con sus diversas concentraciones en varias industrias tales como la panadería, la confitería, el procesado de frutas, alimentos compuestos, bebidas alcohólicas, etc. Las reacciones para obtener jarabe de glucosa a partir

del almidón pueden ser la hidrólisis ácida o hidrólisis enzimática. Siendo la hidrólisis enzimática de mejor rendimiento que la hidrólisis ácida debido a la facilidad de adquisición de enzimas en el mercado y también por su óptimo rendimiento.

- Torta de fibra de arroz: Es un subproducto del procesamiento de almidón de arroz, obtenida de las operaciones de hidrólisis enzimática, separación de 02 fases (fase líquida y sólida) y filtración. Su principal uso es la alimentación de animales para su crecimiento, siendo el sector ganadería de ganado vacuno, pollo, cerdo entre los principales consumidores.

### **2.2.2. Conceptos del proceso de obtención de glucosa.**

Donde se tienen 06 operaciones principales, las cuales requieren de los siguientes conocimientos técnicos para su entendimiento:

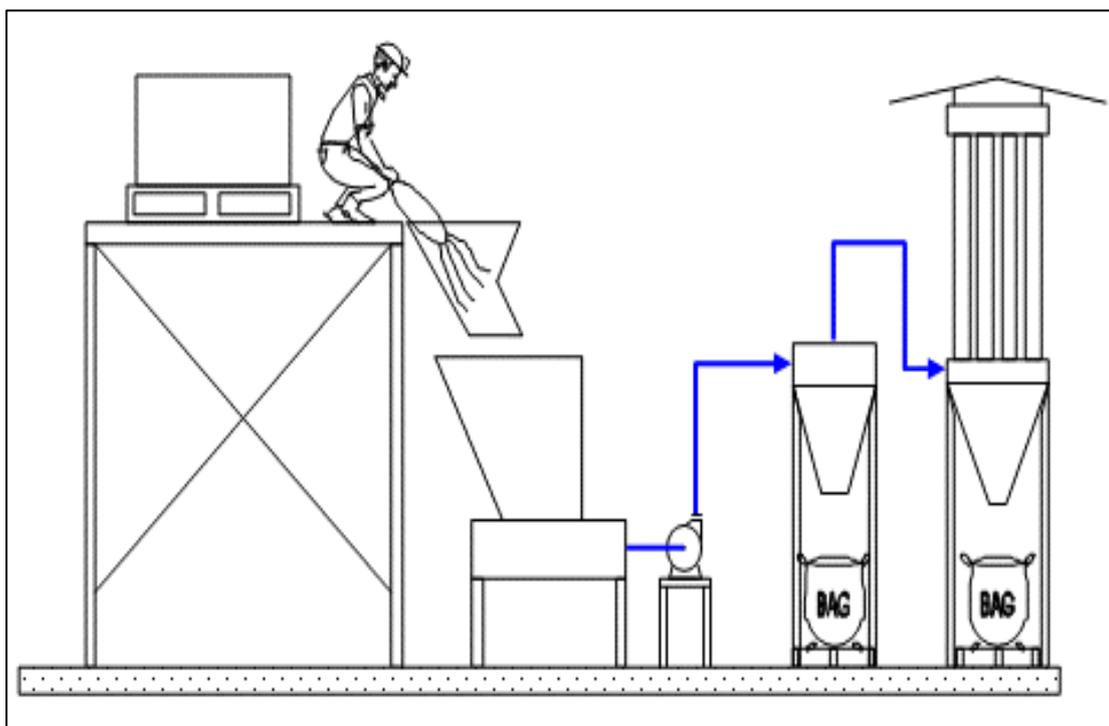
- Molienda:
  - Objetivo: Incrementar el área de contacto del sustrato y así estas puedan ser atacadas por las enzimas y finalmente desdoblar el almidón en glucosa.
  - Principio: Esta operación requiere el uso de molinos del tipo “martillos giratorios”, controlando el tamaño de partícula mediante el uso de un tamiz con una apertura determinada.
  - Operación: Inicia cuando el arroz granulado es adicionado desde una tolva ubicada en la toma superior el cual por gravedad se introduce al interior del molino (cápsula donde ocurre la rotura del material) en el cual se acciona el eje de los martillos golpeando el arroz el cual rebota con la cápsula y continúa el ciclo de golpeado por los martillos hasta que el material molido pase por el tamiz el cual es transportado hacia los bolsones de colección de material molido mediante el uso de un ventilador axial los cuales serán usados en la etapa siguiente, los

materiales más finos son colectados en mangas los cuales después son almacenados en bolsones para su posterior uso.

- Control de calidad: El lote de arroz a emplearse debe ser previamente liberado por el área de Aseguramiento de Calidad, cumpliendo con los parámetros de inocuidad, %almidón y %humedad.

**Figura 10**

*Operación de molienda.*



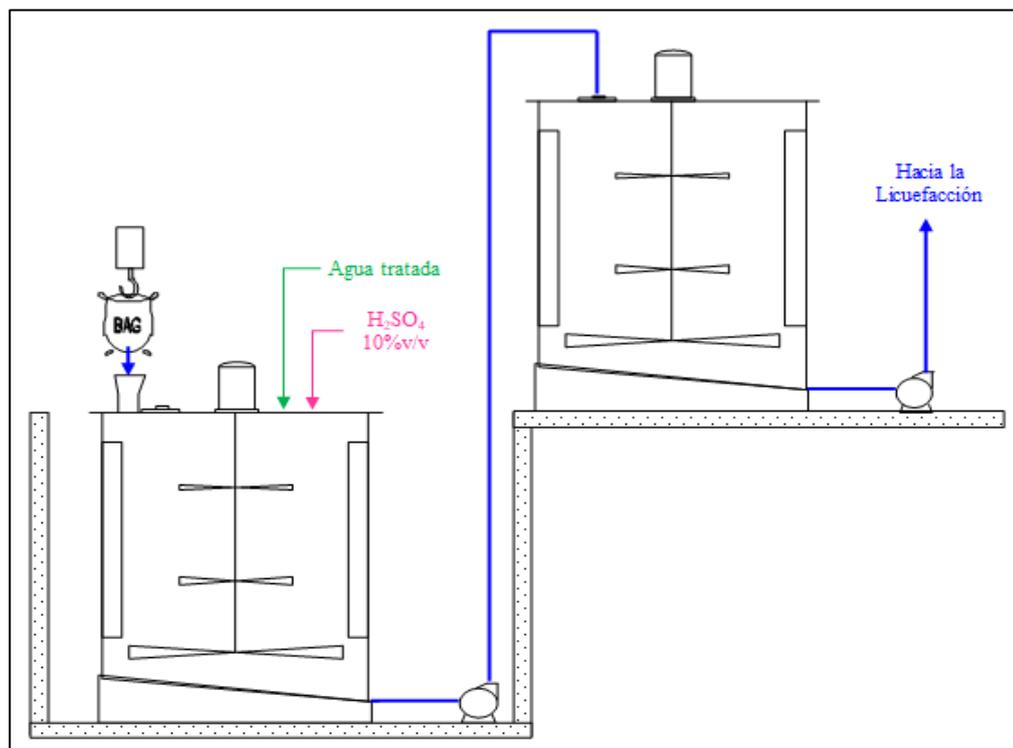
➤ **Disolución:**

- Objetivo: Disolver el arroz molido con agua y dar las condiciones para el uso de la enzima.
- Principio: Esta operación requiere que la mezcla de disolución de gránulos de arroz se ajuste a una densidad adecuada para el transporte del fluido, así como un ajuste del pH con el uso de ácido sulfúrico diluido (al 10% v/v) para dar las condiciones de uso de la enzima alfa-amilasa.

- Operación: Una vez obtenido el arroz molido en bolsones, se transportan hacia el tanque de mezcla para ser disuelto con el uso de agua tratada y posteriormente se ajusta el pH agregando ácido sulfúrico diluido. Finalmente, esta mezcla es enviada a un tanque de almacenamiento para ser enviado a la etapa de licuefacción.
- Control de calidad: Densidad de la mezcla: 20°Be y pH de ajuste: 5.60 – 5.80 pH

**Figura 11**

*Operación de disolución.*



➤ Licuefacción:

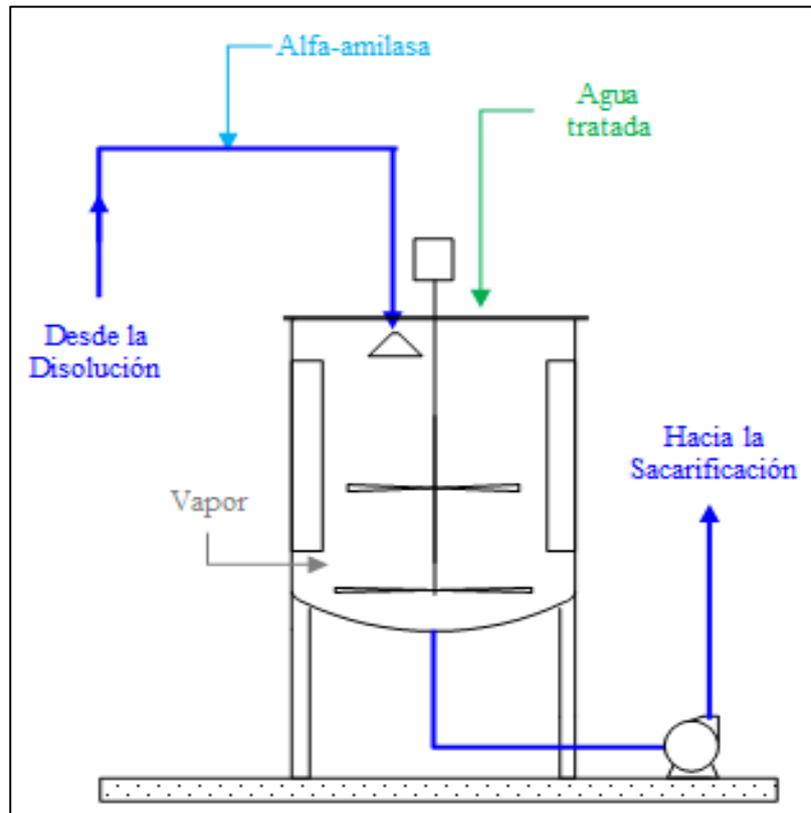
- Objetivo: Romper los enlaces  $\alpha$ -1,4 de la cadena del almidón hasta formar dextrinas (cadenas de almidón más pequeñas) para ir

consiguiendo en una primera instancia el desdoblamiento parcial de este polisacárido.

- Principio: Para llevar a cabo la licuefacción se requiere mezclar la enzima alfa-amilasa con la disolución de arroz molido, bajo las condiciones de temperatura y tiempo de residencia que optimizan el uso de la enzima.
- Operación: Se tendrá que preparar una cama de agua a la temperatura de trabajo dentro del reactor para recibir la mezcla de enzima alfa-amilasa con la disolución de arroz, posterior a ello se debe mantener el tiempo de residencia de la mezcla, controlando inicialmente con el nivel de trabajo del tanque y posteriormente con los flujos de entrada y salida del tanque. Finalmente, esta mezcla es enviada hacia un tanque de recepción a la etapa de sacarificación.
- Control de calidad: Ratio de uso de enzima alfa-amilasa: 0.324 Kg/ton-almidón, temperatura de proceso: 85°C, tiempo de Licuefacción: 70 minutos

**Figura 12**

*Operación de Licuefacción.*



➤ **Sacarificación:**

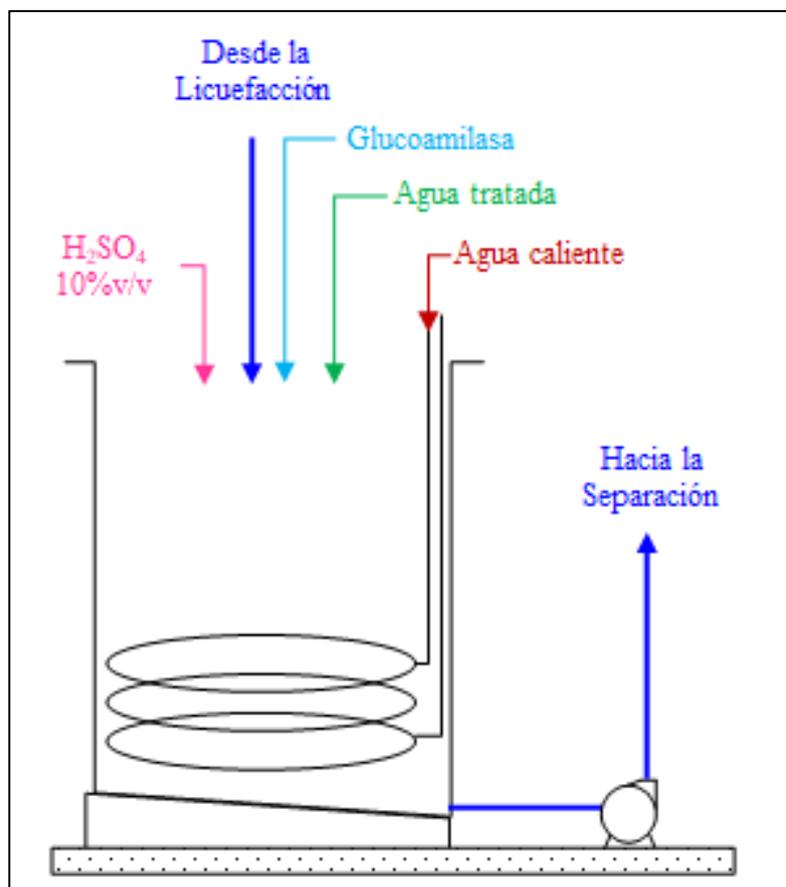
- Objetivo: Producir jarabe de glucosa a partir de las dextrinas obtenidas de la licuefacción.
- Principio: Para llevar a cabo la sacarificación se requiere mezclar la enzima glucoamilasa con el contenido proveniente de la licuefacción, bajo las condiciones de temperatura, agitación y tiempo de reacción que requiere la enzima para transformar las dextrinas en glucosa.
- Operación: El contenido de la licuefacción se recibe en un tanque. Luego este contenido se acondiciona según el pH que requiere la enzima con el uso de ácido sulfúrico diluido (al 10% v/v) y se mantiene a una

temperatura estable mediante el paso de agua caliente por los serpentines que tiene el tanque manteniendo esta condición por todo el tiempo de reacción. Finalmente, se inactiva la enzima con el uso de ácido sulfúrico diluido y se envía esta mezcla de acuerdo con la concentración requerida (mediante el uso de agua tratada para la dilución) a la operación de separación.

- Control de calidad: pH de ajuste para uso de enzima glucoamilasa: 4.30 – 4.60 pH, ratio de uso de enzima glucoamilasa: 0.412 Kg/ton-almidón
- Temperatura de la solución: 60°C, tiempo de reacción: 34 – 36 horas y pH de corte de la hidrólisis enzimática: 3.00 pH

**Figura 13**

*Operación de Sacarificación.*

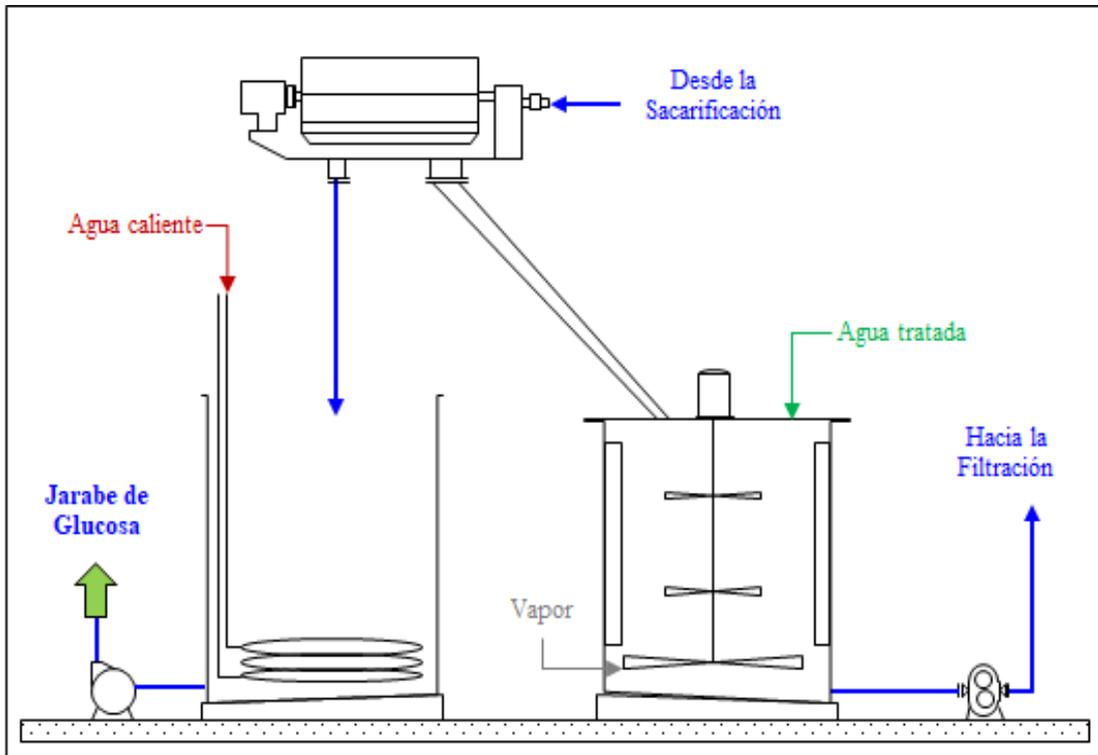


➤ Separación:

- Objetivo: Separar el contenido producto de la sacarificación en 02 fases, siendo la fase líquida el jarabe de glucosa y la fase sólida el residuo de fibras proveniente del arroz.
- Principio: Esta operación requiere del uso de un equipo que separe la mezcla de glucosa y fibra de arroz (siendo este último el causante de problemas de obstrucción de líneas de proceso), para ello se utiliza un equipo de separación centrífuga donde la fase sólida es un lodo con un contenido bajo de glucosa que requiere de una etapa adicional para optimizar la obtención de glucosa y la fase líquida que será usado como fuente de carbono para la fermentación en el proceso de obtención de GMS.
- Operación: El contenido del tanque de sacarificación es bombeado hacia el equipo SDC (superdecantador centrífugo) para separar la fase líquida el cual se recibe en un tanque para luego ser enviado a la planta de fermentación, la fase sólida es recibida en un tanque para ajustar la temperatura con el uso de vapor y la densidad con el uso de agua tratada para mejorar el envío hacia la etapa de filtración.
- Control de calidad: Temperatura del tanque de recepción de lodo 60 – 65°C, densidad del lodo en el tanque de recepción de la fase sólida 10 °Be, sólidos en el jarabe de glucosa 18 – 20% y contenido de glucosa en el jarabe 27 – 31 g/dL

**Figura 14**

*Operación de Separación.*



➤ **Filtración:**

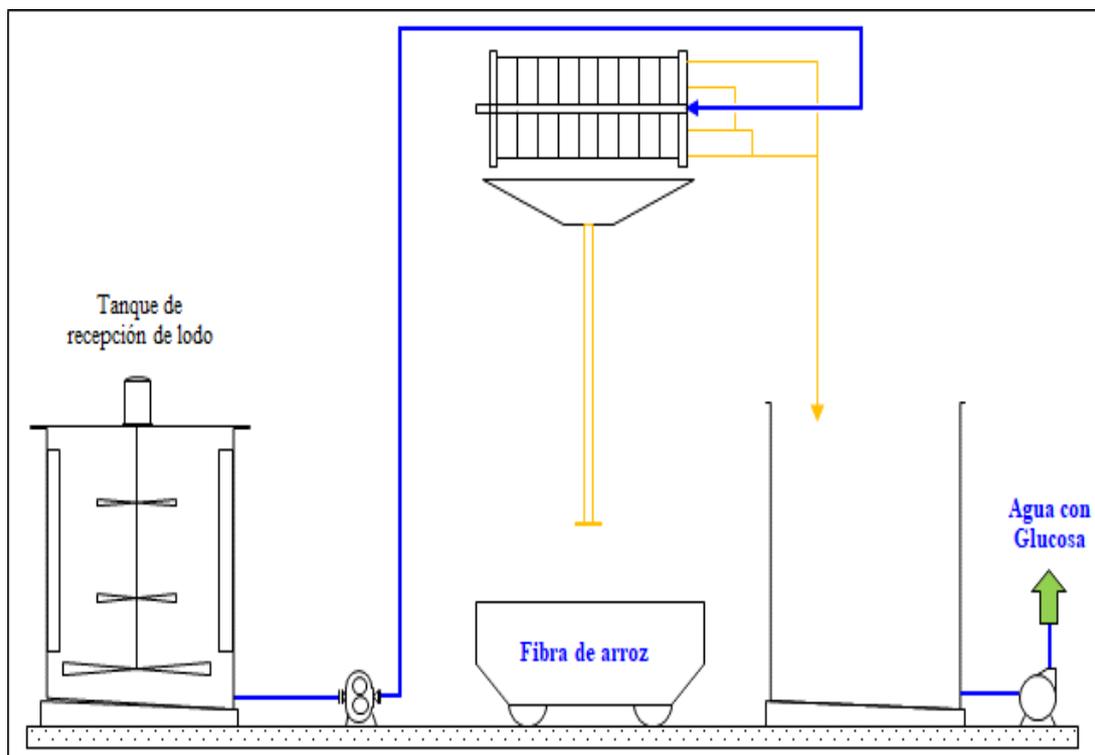
- Objetivo: Concentrar las fibras de almidón no hidrolizadas para la recuperación de glucosa en la parte líquida del filtrado.
- Principio: Esta operación requiere del uso del filtro prensa donde la torta de fibra de arroz es retenida entre los marcos del filtro y la parte líquida es el agua con glucosa que será reutilizada para la fermentación en el proceso de obtención de GMS.
- Operación: Una vez ajustada las condiciones de trabajo en el tanque de recepción de lodo, este contenido es bombeado hacia el filtro prensa durante un tiempo establecido, luego de ello se procede a retirar la fibra de arroz retenida en las telas del filtro descargando mediante un chute

hacia la tolva de almacenamiento y la parte líquida es almacenado en un tanque para su posterior uso.

- Control de calidad: contenido de glucosa en el líquido filtrado 7.00 g/dL, sólidos en el agua con glucosa 5 – 6%, rendimiento de telas de filtración 06 filtraciones (pasado este número se deberá de limpiar las telas).

**Figura 15**

*Operación de Filtración.*



## Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

### 3.1. Objetivos y justificaciones del uso de las técnicas propuestas

Para llevar a cabo la propuesta de incremento de capacidad, se plantearon las siguientes técnicas:

#### 3.1.1. *Estudio del mercado.*

➤ Objetivo:

- Identificar las tendencias en cuanto los costos de las materias primas.

➤ Justificaciones:

- En la planta de sacarificación se tratan 02 materias primas, el almidón de arroz y el azúcar rubia para obtener de ellos la glucosa que sirve como materia prima para la siguiente etapa del proceso de producción de GMS. Actualmente el precio del azúcar es mayor que el del arroz, para lo cual se requiere disminuir el consumo de azúcar y elevar el consumo de almidón de arroz, sin embargo, de acuerdo con la capacidad instalada se tiene la oportunidad de mejora de incremento de capacidad.

#### 3.1.2. *Elaboración de balance de masa y energía.*

➤ Objetivo:

- Confirmar la conversión del almidón de arroz en jarabe de glucosa.
- Utilizar los resultados del balance de masa de cada etapa de proceso en la evaluación de capacidad de planta.

➤ Justificaciones:

- Mediante el cálculo del balance de masa, se obtiene los resultados de salida del producto principal y subproductos utilizados para calcular la conversión de almidón en glucosa.

- La información obtenida del balance de masa permite elaborar la evaluación de capacidad de planta.

### **3.1.3. Evaluación de capacidad de producción de glucosa a partir del arroz.**

#### ➤ Objetivo:

- Confirmar el uso máximo de glucosa de arroz en la proporción de materia prima.
- Detectar oportunidades de mejora.
- Proyectar incremento de capacidad en las etapas del proceso.

#### ➤ Justificaciones:

- Conocer la capacidad instalada actual de la planta de sacarificación.
- Identificando los cuellos de botella para proponer mejoras de ampliación de capacidad.
- Estimar el ahorro económico por incremento de capacidad.

### **3.1.4. Evaluación de factibilidad de la propuesta.**

#### ➤ Objetivo:

- Estimar el costo total de la inversión.
- Evaluar los tiempos de ejecución.

#### ➤ Justificaciones:

- La estimación del costo de inversión y el ahorro económico de la propuesta de incremento de capacidad, permite evaluar el tiempo de retorno de inversión.
- Un menor tiempo de ejecución, permite utilizar las condiciones de trabajo e ir recuperando la inversión.

## **3.2. Cálculos y determinaciones utilizadas en las aplicaciones**

### **3.2.1. Balance de materia y energía.**

A continuación, se muestran las siguientes premisas utilizadas para la realización del balance de masa:

- Balance por batch (procesamiento por lote).
  
- Consideraciones de balance para la etapa de Molienda:
  - El contenido de almidón en el arroz usado fue de 75%
  - La masa de arroz molido con grano de partícula menor a 250 micras utilizado por batch fue de 22 toneladas.
  - Cada bolsón contiene aproximadamente 500 kg de arroz molido sin considerar mermas, obteniendo una cantidad de 44 bolsones necesarios para cumplir un batch.
  
- Consideraciones de balance para la etapa de Disolución:
  - El número de disoluciones por batch fue de 4 (es decir se usaron 5.50 toneladas de arroz molido por disolución).
  - Volumen total de una disolución de arroz molido fue de 13.0 m<sup>3</sup>.
  - Volumen de agua usado para lavar el sistema (comprendido por tanques y tuberías donde pasa el producto) fue de 0.50 m<sup>3</sup> y fue usado al final del batch.
  - El volumen de ácido sulfúrico diluido al 10% (en volumen) usado para ajustar el pH de la disolución fue de 7.0 L/ton-almidón.
  - La densidad de una disolución fue de 20°Be, equivalente a 1.16 g/L
  
- Consideraciones de balance para la etapa de Licuefacción:
  - La proporción de uso de la enzima alfa-amilasa en esta etapa fue de 0.324 Kg-alfa amilasa/ton-almidón.
  - La preparación de la enzima alfa-amilasa con agua tratada fue al 10% de dilución (en proporción volumétrica) teniendo en cuenta que la densidad de la enzima fue de 1.12 Kg/L
  - Volumen de agua utilizado como cama para la recepción del contenido de la disolución fue de 3.00 m<sup>3</sup>

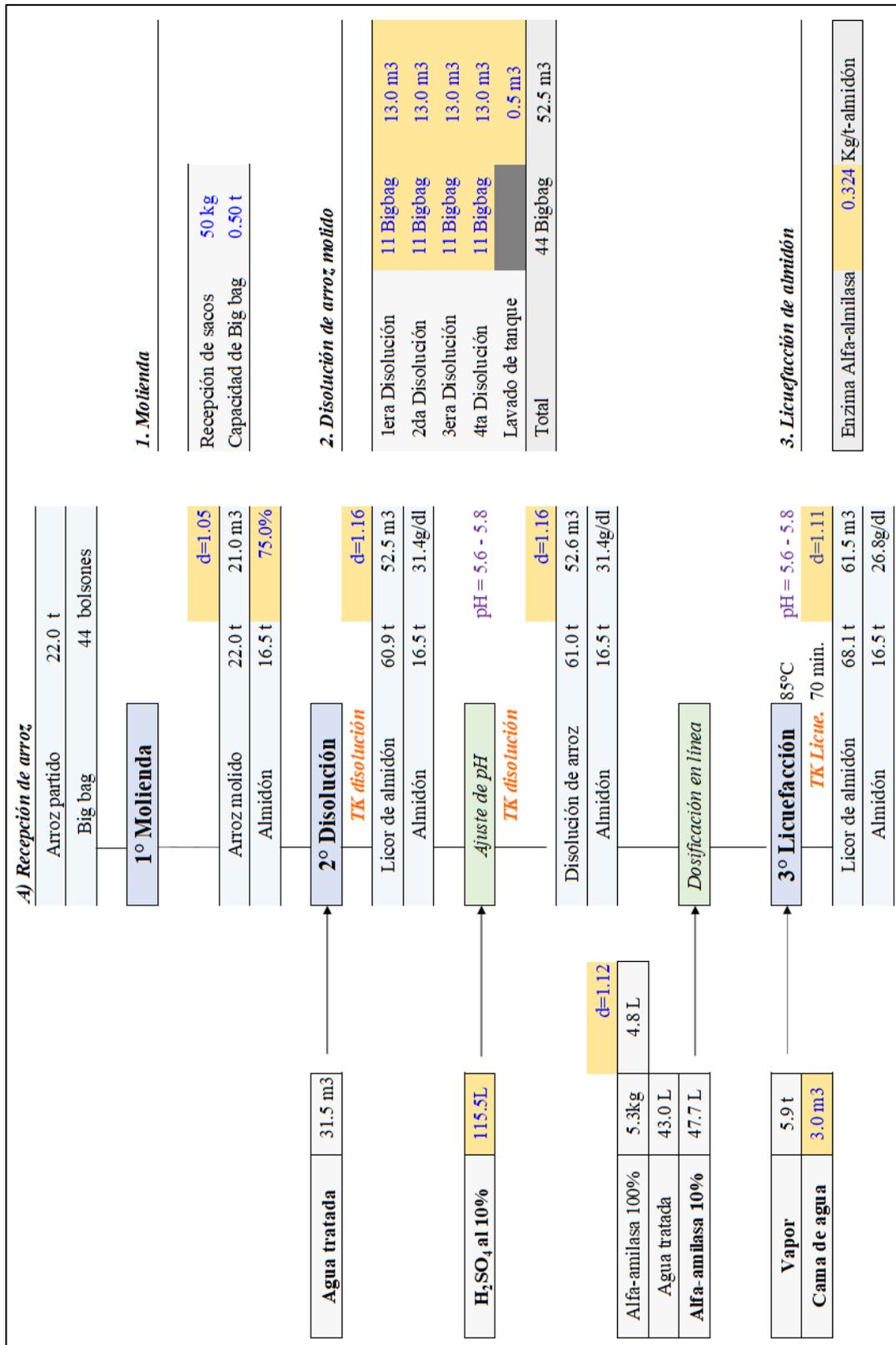
- El tiempo de residencia del tanque de licuefacción fue de 70 minutos, siendo el volumen tratado en el tanque de 12 m<sup>3</sup>, por lo tanto, el tiempo de paso por esta etapa fue de 6 horas.
  - Para el cálculo de ingreso de vapor directo, se tomaron como datos la temperatura de ingreso proveniente de la disolución en 23°C con el uso de vapor saturado a una presión de 2 barG para mantener la temperatura del tanque en 85°C durante todo el batch.
  - La densidad producto de la licuefacción fue de 14°Be, equivalente a 1.11 Kg/L
- Consideraciones de balance para la etapa de Sacarificación:
- El volumen de ácido sulfúrico diluido al 10% (en volumen) usado para ajustar el pH del producto de la licuefacción fue de 8.50 L/ton-almidón.
  - Ratio de uso de la enzima en esta etapa fue de 0.412 Kg-glucoamilasa/ton-almidón.
  - El volumen usado en la preparación de la enzima glucoamilasa fue calculado con la densidad de la enzima de 1.17 Kg/L
  - Para el cálculo de evaporación se consideraron las siguientes pérdidas de calor: pérdida de calor por la superficie líquida (calor perdido al ambiente 2333 Kcal/h.m<sup>2</sup>) y pérdida de calor por paredes del tanque (calor perdido por no presentar aislamiento térmico 488 Kcal/h.m<sup>2</sup>), donde las dimensiones del tanque son diámetro de 4.50 m y altura de 4.88 m.
  - La concentración estimada de glucosa al final de la sacarificación fue de 31.50 g/dL
  - La densidad del producto de la sacarificación fue de 16°Be equivalente a 1.12 kg/L.

- El volumen de ácido sulfúrico diluido al 10% (en volumen) usado para la inactivación de la enzima después de la sacarificación (tiempo aproximado de 36 horas) fue de 8.50 L/ton-glucosa.
  - La concentración de ajuste final de glucosa fue de 28.00 g/dL
  - El contenido de sólidos secos en el producto del ajuste de concentración fue de 12.8%.
- Consideraciones de balance para la etapa de Separación:
- La densidad del jarabe de glucosa (fase líquida) fue de 13°Be equivalente a 1.10 kg/L
  - La concentración de glucosa del jarabe de glucosa fue de 28.00 g/dL
  - El contenido de sólidos secos del jarabe de glucosa fue de 12.8%.
  - La eficiencia de separación usado es del 90%
- Consideraciones de balance para la etapa de Filtración:
- El número de filtraciones por batch fueron de 4.0 filtraciones.
  - La densidad para iniciar la filtración fue de 8°Be, equivalente a 1.06 kg/L.
  - El volumen de licor de glucosa + fibra de arroz fue de 4.0 m<sup>3</sup>/filtración.
  - La densidad del filtrado fue de 7°Be, equivalente a 1.05 Kg/L
  - La concentración de glucosa en el licor filtrado fue de 12.00 g/dL
  - El contenido de sólidos secos en el filtrado fue de 5.0%

De acuerdo con las premisas presentadas para cada etapa del proceso, se tienen la figura 16 y figura 17 consolidando los cálculos del balance de masa y energía mediante diagramas, donde los valores sombreados de color amarillo son los datos de entrada y los valores sombreados de color celeste son los resultados obtenidos.

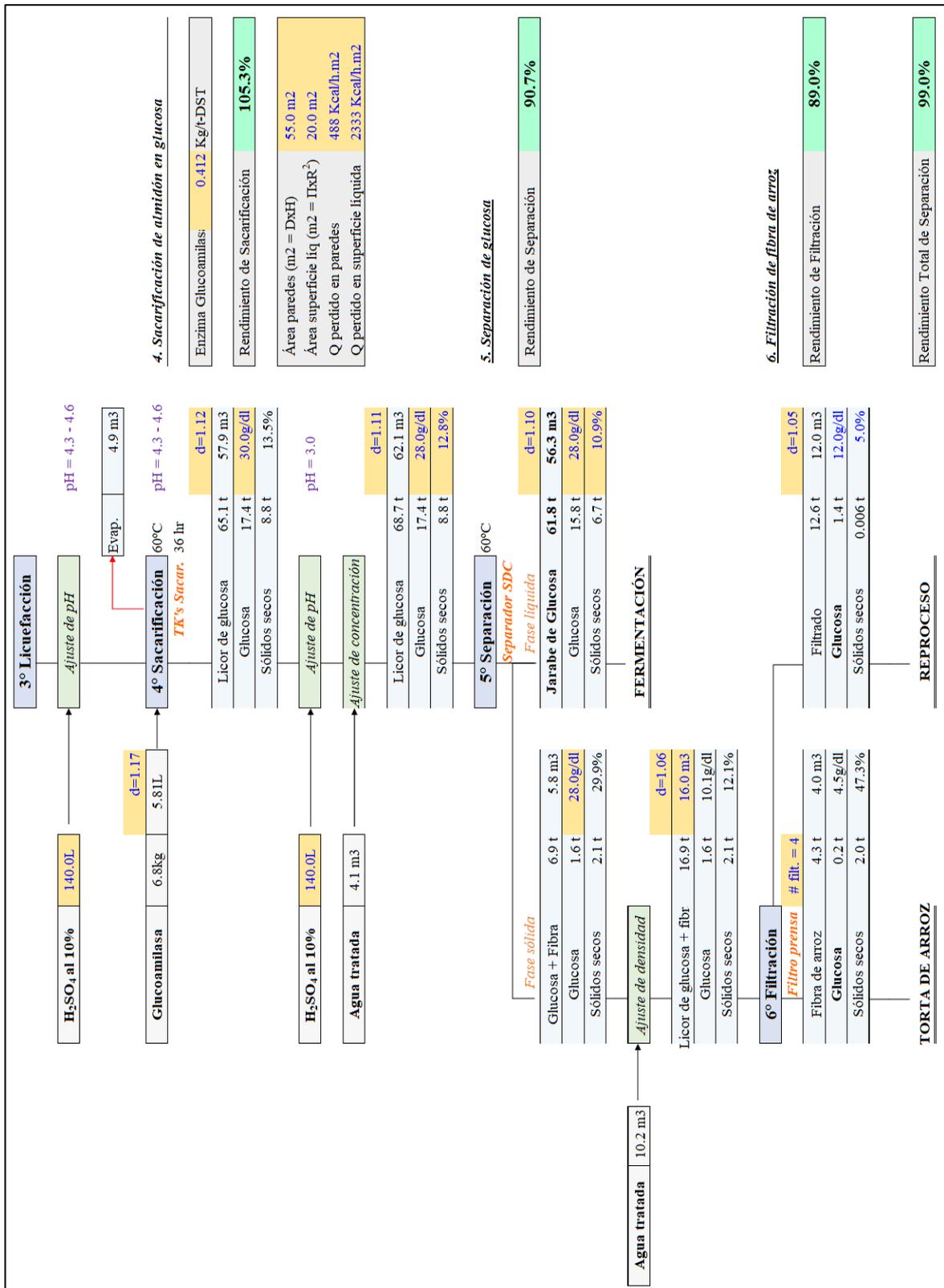
**Figura 16**

*Cuadro de balance de materia para las etapas de molienda, disolución y Licuefacción*



**Figura 17**

*Cuadro de balance de materia para las etapas de sacarificación, separación y filtración.*



### **3.2.2. Evaluación del uso de materia prima de la condición anterior.**

Para cumplir con el plan de producción anual del producto GMS se requiere usar 19,190 toneladas de glucosa al año, para ello se debe hacer uso de las materias primas de acuerdo con la capacidad de planta de sacarificación como se presenta a continuación:

- Uso de azúcar de la condición anterior:
  - La participación de la materia prima azúcar es del 50% respecto al uso de glucosa (según la capacidad instalada) por lo tanto, la producción de glucosa es de 9,595 ton-glucosa/año.
  - Para cumplir el plan producción de glucosa a partir del azúcar se debe considerar que el proceso de producción es de 333 días (debido a una parada anual) al año de forma continua, siendo entonces la producción por día de 28.8 ton de glucosa. Teniendo en cuenta que la producción por batch de azúcar es de 29.0 ton de glucosa (según lo establecido), se tendrían 07 preparaciones por semana en el área de Sacarificación.
- Uso de arroz de la condición anterior:
  - La participación de la materia prima arroz es del 20% respecto al uso de glucosa (según la capacidad instalada) por lo tanto, la producción de glucosa es de 3,838 ton-glucosa/año.
  - Para cumplir el plan producción de glucosa a partir del arroz se debe considerar una producción por día de 11.5 ton de glucosa. Teniendo en cuenta que la producción por batch es de 15.9 ton de glucosa, se tendrían 05 preparaciones por semana.

### **3.2.3. Gantt de operaciones.**

De acuerdo con la información del plan de producción de glucosa a partir del azúcar y el arroz se elaboran los diagramas Gantt de operaciones, herramienta utilizada para bosquejar la secuencia de actividades durante el tiempo de trabajo, para el caso del proceso de producción de glucosa a partir del azúcar se representa en la figura 18.

**Figura 18**

*Cuadro de tiempos empleados en 01 batch de Azúcar*

<b>Etapa de proceso</b>	<b>Cuadro de tiempos para un batch de Azúcar</b>	<b>Horas</b>
1. Disolución		7 horas
2. Homogenización		7 horas
3. Calentamiento		6 horas
4.1. SAC ajuste pH i		1 hora
4.2. Sacarificación		24 horas
4.3. SAC ajuste pH f		1 hora
5. Envío a H2		6 horas

Y para el caso del proceso de producción de glucosa a partir del arroz sigue la siguiente estructura:

**Figura 19**

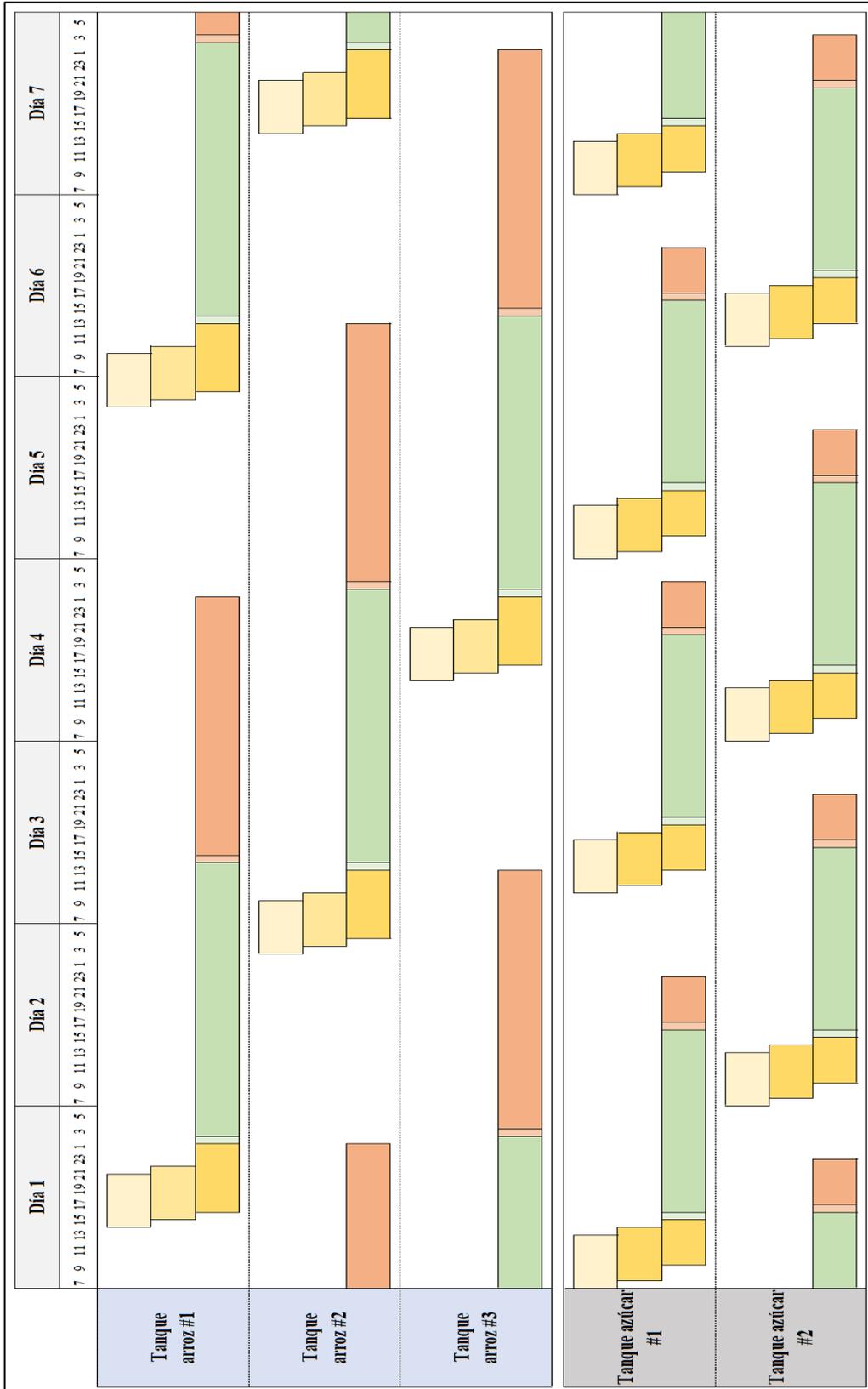
*Cuadro de tiempos empleados en 01 batch de Arroz*

<b>Etapa de proceso</b>	<b>Cuadro de tiempos para un batch de Arroz</b>	<b>Horas</b>
1. Disolución		7 horas
2. Homogenización		7 horas
3. Licuefacción		9 horas
4.1. SAC ajuste pH i		1 hora
4.2. Sacarificación		36 horas
4.3. SAC ajuste pH f		1 hora
5. Envío a SDC (01)		34 horas

A continuación, se presenta en la siguiente Figura 20, el consolidado de tiempos considerando que los tanques empleados para la producción de glucosa a partir del arroz para el caso de las etapas de disolución, homogenización y licuefacción son utilizados para la producción de glucosa a partir del azúcar.

**Figura 20**

*Diagrama Gantt con la condición anterior.*



### **3.2.4. Estudio de capacidad.**

Para comprender el estudio de capacidad, se divide la evaluación en las siguientes partes, donde primer se evaluarán los equipos por cada operación y luego se presentarán los cálculos realizados para la obtención de la capacidad máxima por etapa, presentados a continuación:

**3.2.4.1. Equipos y componentes de cada operación.** Para la etapa de molienda se tiene lo siguiente:

- Molino de martillos
  - 02 unidades con una capacidad de 2 ton/h cada uno
- Disolución:
  - Tanque de disolución: capacidad de 20 m<sup>3</sup>
  - Bomba de traspaso de disolución a tanque de homogenización:  
Capacidad de 40 m<sup>3</sup>/h, H: 25 m
- Homogenización:
  - Tanque de homogenización: capacidad de 40 m<sup>3</sup>
  - Bomba de traspaso de disolución a tanque de licuefacción: capacidad de 15 m<sup>3</sup>/h, H: 20 m
- Licuefacción:
  - Tanque de Licuefacción: capacidad de 20 m<sup>3</sup>
  - Bomba de envío de licuefacción hacia el enfriador:
  - Capacidad de 15 m<sup>3</sup>/h, H: 30.7 m
- Sacarificación:
  - Tanques de Sacarificación de arroz
  - 03 unidades con una capacidad de 70 m<sup>3</sup> cada uno.
- Separación:
  - Superdecantador centrífugo de 2 fases
  - 01 unidad con una capacidad de separación de 3.0 m<sup>3</sup>/h

- Tanque de recepción de fase líquida: capacidad de 20 m<sup>3</sup>.
- Tanque de recepción de fase sólida: capacidad de 15 m<sup>3</sup>.

➤ Filtración:

- Filtros prensa
- 02 unidades con área de marco de filtro prensa: 1.0m x 1.0m y 37 marcos por cada filtro.
- Tanque de recepción de filtrado: capacidad de 20 m<sup>3</sup>
- Tolva de recepción de torta de arroz: 01 unidad con capacidad de 7 toneladas.

**3.2.4.2. Cálculos de capacidad.** Para llevar a cabo la evaluación de capacidad de producción de glucosa, se partieron de las siguientes premisas:

- La producción de glucosa a partir del azúcar tiene como capacidad instalada la participación del 50% de la producción total de glucosa.
- La evaluación de capacidad de producción de glucosa a partir del almidón de arroz toma en consideración las siguientes premisas por cada etapa del proceso.
- Cálculo de capacidad de Molienda.
  - Capacidad máxima de trabajo de molinos, de acuerdo con las mediciones realizadas en campo será expresado en ton/h.
  - Para el cálculo del tiempo útil de trabajo en 01 día de trabajo, se consideran los tiempos promedios en la operación (de acuerdo con las mediciones en campo para cada operador), como la habilitación de bolsones, limpieza del molino, traslados en el área de trabajo, descanso por refrigerio y como punto de consumo de energía se consideran las horas punta en el día.
  - Para calcular la capacidad de esta etapa, se deben seguir los siguientes pasos: primero se calculó la capacidad diaria de molienda con los

resultados de flujo de molienda (expresado en ton/h) y tiempo útil (expresado en horas), después se realizó el cálculo de la capacidad por año de producción de arroz molido (usando los días operativos por año), paso siguiente se aplicó la conversión de almidón en glucosa, para ello se usaron los datos de contenido de almidón en el arroz que fue de 75% y la conversión de almidón en glucosa que fue de 104.2% finalmente se realizó una comparación al plan de uso de glucosa anual indicando en porcentaje.

- Como resumen se tiene en la siguiente tabla 2 el resultado de la evaluación realizada, donde los valores sombreados en amarillo son los datos utilizados y los valores sombreados de color verde son los resultados obtenidos.

**Tabla 2**

*Cuadro resumen de la evaluación de capacidad de Molienda.*

<b>Molienda.</b>		
Turnos de trabajo al día	2	turnos/d
#molinos	2	un
Capacidad de molienda	1.38	ton/h
Duración de la operación:		
Tiempo de habilitación de BB	0.17	h/turno
Tiempo para limpiar el molino (por día):	0.75	h/turno
Tiempo en comedor (por día)	0.75	h/turno
Tiempo de traslados	0.50	h/turno
Total, duración de la operación	15	h/d
Capacidad de molienda (ton-arroz/día)	41.25	ton-arroz/d
Capacidad de molienda (ton-arroz/año)	13,736	ton-arroz/año
Capacidad equivalente en glucosa al año	10,817	ton-glucosa/año
Cap. Máx molienda (%)	56.4%	

- Cálculo de capacidad de Disolución.
  - Como esta etapa depende de la etapa de molienda, se tomaron como punto de entrada la disolución del contenido máximo de arroz molido obtenido.
  - Para el cálculo del tiempo útil, se evaluó primero la duración de 01 batch, para ello se consideraron los tiempos promedios (de acuerdo con las mediciones en campo para cada operador), como la adición de agua para la recepción del arroz molido, la adición de bolsones, la adición de ácido sulfúrico, el ajuste de volumen con agua, el traspaso de la mezcla al tanque de almacenamiento, la limpieza del sistema y los traslados en el área de trabajo.
  - Para calcular la capacidad de esta etapa, se realizaron los siguientes pasos: primero se calculó la capacidad diaria de disolución con los datos de concentración de almidón (indicado en el balance de materia), el volumen obtenido de 01 batch (se obtendrá un resultado expresado en ton/h) y con tiempo útil (donde se debe considerar el tiempo utilizado en la disolución de azúcar que es de 8 horas), después se calculó la capacidad por año de disolución de almidón (usando los días operativos por año), paso siguiente se aplicó la conversión de almidón en glucosa, para ello se usaron los datos de contenido de almidón en el arroz que es de 75% y la conversión que fue de 104.2% finalmente se realizó una comparación al plan de uso de glucosa anual indicando en porcentaje.
  - Como resumen se tiene en la siguiente tabla 3 el resultado de la evaluación realizada.

**Tabla 3***Cuadro resumen de la evaluación de capacidad de Disolución.*

<b>Disolución.</b>		
Número de disoluciones por batch	4	disoluciones
Arroz (ton por año)	13,736	ton-arroz/año
Almidón (ton por año)	10,302	Ton-almidón/año
Toneladas de arroz por batch	22	toneladas
<b>Duración de 01 disolución arroz</b>		
Adición de Agua	5	min/disolución
Adición de BB	45	min/disolución
Adición de AS	5	min/disolución
Ajuste de volumen	5	min/disolución
Traspaso a T1615	30	min/disolución
Limpieza del sistema	15	min/disolución
Traslado del personal	5	min/disolución
Total, duración de BATCH de arroz	7.3	h/batch
Concentración de almidón en disolución	31.4	g/dL
Volumen de disolución (m3/batch)	52.5	m <sup>3</sup>
Capacidad de disolución (ton-almidón/d)	36.0	ton-almidón/d
Capacidad equivalente en glucosa al año	11,417	ton-glucosa/año
Cap. máx disolución (%)	59.5%	

- Consideraciones para evaluación de capacidad de Licuefacción.
- Como esta etapa es independiente de la etapa de disolución, se tomó como punto de partida el tiempo de residencia que requiere la enzima alfa-amilasa para sintetizar el almidón en dextrinas.
  - Para calcular la capacidad de esta etapa, se siguieron los siguientes pasos: primero se calculó la capacidad diaria de licuefacción con los datos de volumen de trabajo, tiempo de residencia, concentración de almidón y con tiempo útil (donde se consideró que el tiempo utilizado en la disolución de azúcar que es de 8 horas), después se calculó la capacidad por año de la licuefacción de almidón (usando los días operativos por año), paso siguiente se aplicó la conversión de almidón

en glucosa, para ello se usaron los datos de contenido de almidón en el arroz que fue de 75% y la conversión que fue de 104.2% finalmente se realizó una comparación al plan de uso de glucosa anual indicando en porcentaje.

- Como resumen se tiene en la siguiente tabla 4 el resultado de la evaluación realizada.

**Tabla 4**

*Cuadro resumen de la evaluación de capacidad de Licuefacción.*

<b>Licuefacción.</b>	
Volumen de trabajo	12 m <sup>3</sup>
Tiempo de residencia	1.2 h
Flujo P1615	10.3 m <sup>3</sup> /h
Concentración de almidón	31.4 g/dL
Capacidad de Licuefacción (ton-almidón/d)	51.7 ton-almidón/d
Capacidad equivalente en glucosa al año	18,085 ton-glucosa/año
Cap. máx licuefacción (%)	94.2%

➤ Cálculo de capacidad de Sacarificación.

- Como esta etapa depende de la etapa de separación, se usó dentro de la evaluación de tiempos el envío a la siguiente etapa.
- Para el cálculo del tiempo disponible, se evaluó la duración de 01 batch, para ello se consideraron los tiempos promedios (de acuerdo a las mediciones en campo), como el tiempo de recepción de la etapa anterior, el tiempo de sacarificación, el lavado del tanque, el tiempo de envío a la separación (en base al flujo máximo enviado a la separación y el volumen generado), luego se calculó la frecuencia de sacarificación (considerando el número de tanques) y por último de acuerdo al tiempo efectivo se obtuvo el tiempo disponible.
- Para calcular la capacidad de esta etapa, se realizaron los siguientes pasos: primero se calculó la capacidad diaria de sacarificación con los

datos de volumen generado, rendimiento de separación (según balance de materia), y el tiempo disponible (en base al número de tanques instalados), después se calculó la capacidad por año de la sacarificación de almidón en glucosa (usando los días operativos por año), paso siguiente se aplicó la conversión de almidón en glucosa, que fue de 104.2% finalmente se realizó una comparación al plan de uso de glucosa anual indicando en porcentaje.

- Como resumen se tiene en la siguiente tabla 5 el resultado de la evaluación realizada.

**Tabla 5.**

*Cuadro resumen de la evaluación de capacidad de Sacarificación.*

<b>Sacarificación.</b>		
Concentración de glucosa antes de ajuste	31.5	g/dL
Flujo de separación	2.70	m <sup>3</sup> /h
Duración de 01 batch de sacarificado		
Tiempo de recepción	5.4	h
Sacarificado	36	h
Lavado del tanque	2.5	h
Tiempo de envío a la separación	23.3	h
Tiempo del 01 batch	67.2	h
#Tanques para la Sacarificación	3.0	tanques
Frecuencia de Sacarificación	22.4	h
Tiempo de envío a la separación	21	h
Frecuencia de Sacarificación útil	25.6	h
Concentración de glucosa después de ajuste	28	g/dL
Volumen de 01 batch	62.8	m <sup>3</sup> /batch
Capacidad de Sac. (ton-glucosa/d)	13.1	ton-glucosa/d
Capacidad de Sac. (ton-glucosa/año)	4,151	ton-glucosa/año
Cap. máx sacarificación (%)	21.6%	

- Cálculo de capacidad de Separación.
  - Para el cálculo de capacidad máxima de trabajo del equipo SDC, se usó el flujo de las mediciones realizadas en campo que fue de 2.7 m<sup>3</sup>/h.
  - El tiempo útil de acuerdo con las mediciones realizadas en campo, corresponde a las horas de operación continua en un día de trabajo.
  - Para calcular la capacidad de esta etapa, se siguieron los siguientes pasos: primero se calculó la capacidad diaria de separación con los datos de flujo de trabajo, concentración del volumen tratado, rendimiento de separación (según balance de materia), y el tiempo disponible, después se realizó el cálculo de capacidad por año (usando los días operativos por año), finalmente se realizó una comparación al plan de uso de glucosa anual indicando en porcentaje.
  - Como resumen se tiene en la siguiente tabla 6 el resultado de la evaluación realizada.

**Tabla 6.**

*Cuadro resumen de la evaluación de capacidad de Separación.*

<b>Separación.</b>		
Concentración de glucosa	28	g/dL
Flujo máximo en SDC	2.7	m <sup>3</sup> /h
Rendimiento de separación	91%	
Horas de operación al día	21	h
Capacidad de Separación (ton-glucosa/día)	14.4	ton-glucosa/d
Capacidad de Separación (ton-glucosa/año)	4,795	ton-glucosa/año
Cap. máx separación (%)	25.0%	

- Cálculo de capacidad de Filtración.
  - La capacidad máxima de trabajo de la etapa de filtración de acuerdo con las mediciones realizadas en campo fue de 4 filtraciones.
  - Para el cálculo del tiempo útil de trabajo en 01 día, se consideraron los tiempos promedios en la operación (de acuerdo con las mediciones en

campo), como el tiempo de funcionamiento del equipo en las etapas de filtración y soplado, el tiempo empleado en la descarga de las tortas filtradas, el tiempo en habilitar el sistema y el traslado del personal en la zona de trabajo.

- Para calcular la capacidad de esta etapa, se siguieron los siguientes pasos: primero se calculó la capacidad diaria de filtración con los datos de volumen de filtrado, volumen generado de torta de fibra de arroz y volumen de agua usado para ajustar la densidad (expresado en  $\text{m}^3/\text{filtración}$ ), la concentración del volumen tratado, ratio de filtración equivalente al ingreso de separación (según balance de materia es la división del contenido de glucosa en la torta de fibra entre el contenido de glucosa en la mezcla que alimenta la etapa de separación), después se calculó la capacidad por año (usando los días operativos por año), finalmente se realizó una comparación al plan de uso de glucosa anual indicando en porcentaje.
- Como resumen se tiene en la siguiente tabla 7 el resultado de la evaluación realizada.

**Tabla 7.***Cuadro resumen de la evaluación de capacidad de Filtración.*

<b>Filtración.</b>		
Ciclo de Filtración		
Tiempo de filtración	3.0	h/batch
Tiempo de soplado	0.7	h/batch
Tiempo de descarga	0.5	h/batch
Tiempo en habilitar el sistema	0.3	h/batch
Tiempo desmontaje de telas	0.2	h/batch
Tiempo montaje de telas	0.2	h/batch
Tiempo en el traslado	0.1	h/batch
Tiempo de filtración al día	4.9	h/batch
#Filtros	2.0	un
Filtraciones al día	4.0	#fil/d
Concentración de glucosa de ingreso a filtración	10.2	g/dL
Ratio filtración a separación	9.3%	
Volumen de filtrado	3.00	m <sup>3</sup> /filtración
Volumen de torta de fibra	1.00	m <sup>3</sup> /filtración
Volumen de agua para ajuste de densidad	2.55	m <sup>3</sup> /filtración
Volumen de filtración al día	26.20	m <sup>3</sup>
Equivalente en glucosa	28.70	ton-glucosa/d
Capacidad de filtración	9,559	ton-glucosa/año
Cap. máx filtración (%)	49.8%	

**3.3. Resultados y aportes técnicos de la actividad**

Los resultados serán presentados de acuerdo con los cálculos y herramientas utilizadas, según se detalla a continuación:

**3.3.1. Resultados del balance de materia y energía.**

De acuerdo con cálculo de balance de materia realizado, se tuvieron los siguientes resultados:

- Rendimiento total del proceso.
  - El valor del rendimiento total fue de 104.2% que representa la conversión de almidón en glucosa de acuerdo con los resultados de glucosa generada en el jarabe producto de la separación de la fase líquida y en el licor obtenido de la filtración con respecto al almidón en el arroz utilizado en la disolución.
  - Este resultado es importante para su uso en los cuadros de capacidad de las operaciones, debido a que se utiliza para proyectar la conversión de almidón a glucosa de las etapas de molienda, disolución y licuefacción donde aún no se obtiene la glucosa.
- Rendimiento de Sacarificación.
  - El valor del rendimiento fue de 105.3% de acuerdo con los resultados de glucosa al final del tiempo de sacarificación con respecto al almidón en el arroz utilizado en la disolución.
  - Este resultado es importante para uso como indicador de proceso ya que ayuda a controlar la efectividad de las operaciones realizadas para la generación de glucosa.
- Rendimiento de Separación.
  - El valor del rendimiento fue de 90.7% de acuerdo con los resultados de glucosa generada en el jarabe obtenido de la separación con respecto a la glucosa generada al final de la sacarificación.
  - El resultado es utilizado como indicador de proceso ya que ayuda a controlar la efectividad de la operación de separación, traduciendo que un menor rendimiento indica un mayor pase de contenido de fibras al jarabe de glucosa, impactando negativamente en las siguientes etapas del proceso de producción del producto principal.
- Rendimiento de Filtración.

- El valor del rendimiento fue de 89.0% de acuerdo con los resultados de glucosa generada en el licor filtrado con respecto a la glucosa que ingresa a la filtración.
  - Este resultado es utilizado como indicador de proceso ya que ayuda a controlar la efectividad de la operación de filtración, traduciendo que un menor rendimiento indica una menor recuperación de glucosa para su uso como reproceso.
- Rendimiento Total de Separación.
- El valor del rendimiento fue de 99.0% de acuerdo con los resultados de glucosa generada en la torta de fibra de arroz con respecto a la glucosa generada al final de la sacarificación.
  - Este resultado es utilizado como indicador de proceso ya que ayuda a controlar la efectividad de la operación de separación y filtración, traduciendo que un mayor rendimiento indica un incremento en el contenido de fibra de la materia prima y por tanto un incremento de actividades en la etapa de filtración.

### **3.3.2. Resultados del Gantt de operaciones.**

El diagrama Gantt de operaciones de la figura 20 correspondiente a la condición anterior de trabajo permite visualizar la distribución de actividades durante 01 semana de trabajo, donde se tienen como resultados los siguientes:

- Para el caso de lotes de arroz, se pueden procesar como máximo 05 lotes a la semana, de acuerdo con las consideraciones para el caso de equipos en común empleados para la producción de glucosa a partir del arroz y para la producción de glucosa a partir del azúcar.
- Para el caso de lotes de azúcar, se pueden procesar como máximo 07 lotes a la semana, evitando el cruce de actividades por uso de los equipos en común.

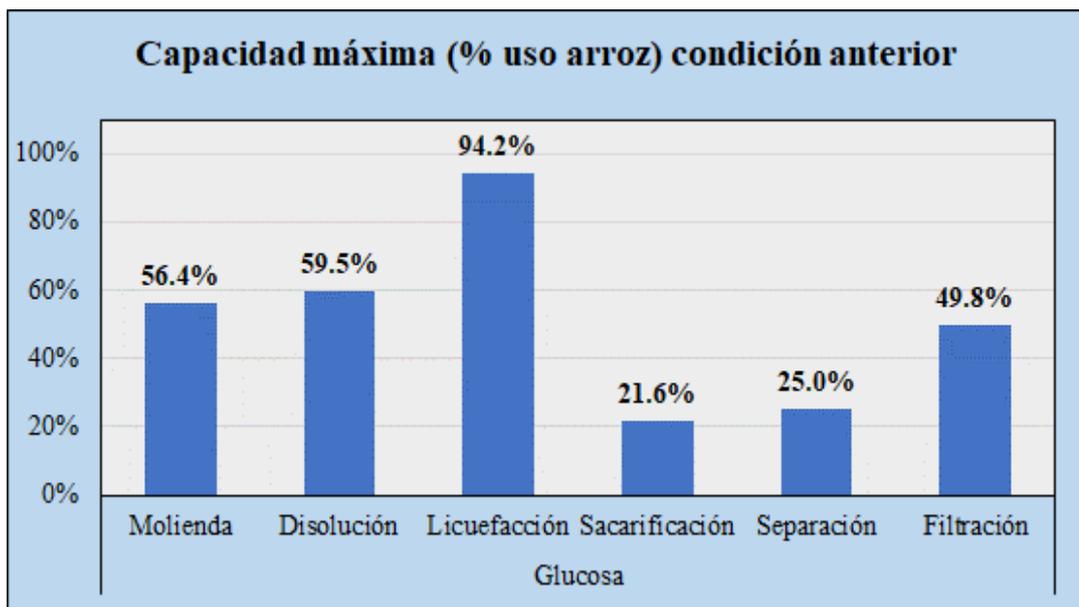
- Se observa además un lapso corto de tiempo para la limpieza de equipos debido a que los lotes tienen ciclos muy ajustados, esto puede traducirse como un impacto negativo en el proceso de producción por afectar los tiempos de inicio del siguiente lote sea de arroz o azúcar.

### 3.3.3. Resultados del estudio de capacidad.

De acuerdo con la evaluación realizada, se consolida la información de capacidad máxima de procesamiento por cada operación en la siguiente figura 21.

**Figura 21**

*Gráfico resumen de capacidad máxima de uso de arroz (%) según condición anterior.*



Donde se tienen los siguientes resultados:

- La capacidad máxima de la planta de producción de glucosa a partir del arroz fue de 21.6%, limitado por la etapa de Sacarificación.

- De acuerdo con la evaluación, se tuvieron 02 cuellos de botella que restringen la capacidad de producción de glucosa, siendo estas las etapas de Sacarificación y Separación.
- Como la participación global de uso de arroz fue del 21.6%, se demuestra que la capacidad instalada permite la preparación de sólo 05 batch de glucosa de arroz a la semana confirmando la evaluación mediante el uso de la herramienta diagrama de Gantt.
- Se observa un sobredimensionamiento de la etapa de licuefacción llegando hasta un valor de 94.2%, dato importante para una posible renovación de equipo, pues se debería de considerar reducir las dimensiones del tanque para evitar un sobre costo al invertir en la renovación.

## Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

### 4.1. Análisis de resultados

De acuerdo con los resultados revisados, existe la oportunidad de mejorar la capacidad de la planta de producción de glucosa a partir del almidón de arroz.

Teniendo en cuenta que la capacidad se encuentra limitada por las etapas de Sacarificación (debido al número de tanques y el tiempo de envío a la etapa siguiente) y Separación (debido al número de separadores) se propuso lo siguiente:

- Adquisición de un nuevo tanque para la etapa de Sacarificación.
- Adquisición de un nuevo equipo separador para la etapa de Separación.

### 4.2. Discusión de resultados

A continuación, se muestra el análisis realizado de la nueva capacidad de la planta con los cambios mencionados, así como un estudio de factibilidad que permita garantizar un retorno de inversión de la propuesta en mención.

#### 4.2.1. Análisis de capacidad de planta con la condición propuesta.

Para llevar a cabo la evaluación de capacidad de esta nueva condición, se consideraron las siguientes premisas:

- Según la evaluación anterior, existe una dependencia de la etapa de Separación para el cálculo de capacidad de la etapa de Sacarificación, por lo que se tuvo que iniciar con esta etapa la evaluación de capacidad.
- Evaluación de capacidad propuesta para la etapa de separación:
  - Capacidad máxima de trabajo del equipo superdecantador centrífugo fue tomado bajo las mediciones realizadas en campo del equipo existente debido a que se proyectó comprar un equipo similar.
  - El tiempo útil se mantuvo similar ya que el equipo nuevo trabajaría de forma paralela al actual.

- Para calcular la capacidad de esta etapa, se consideraron los mismos pasos tomados en la evaluación anterior: primero se calculó la capacidad diaria de separación con los datos de flujo de trabajo (considerando el uso de un equipo adicional), concentración del volumen tratado, rendimiento de separación (según balance de materia), y el tiempo disponible, después se debe calcular la capacidad por año de la separación de jarabe de glucosa (usando los días operativos por año), finalmente se realizó una comparación al plan de uso de glucosa anual indicando en porcentaje.
- Como resumen se tiene en la siguiente tabla 8 el resultado de la evaluación realizada.

**Tabla 8**

*Cuadro resumen de la evaluación de capacidad propuesta de la etapa de Separación.*

<b>Separación</b>		
Concentración de glucosa	28	g/dL
Flujo máximo en SDC	5.4	m <sup>3</sup> /h
Rendimiento de separación	91%	
Horas de operación al día	21	h
Capacidad de Separación (ton-glucosa/día)	28.8	ton-glucosa/d
Capacidad de Separación (ton-glucosa/año)	9,590	ton-glucosa/y
Capacidad de Separación	39978.7	ton-GMS/y
Cap. máx separación (%)	50.0%	

- Evaluación de capacidad propuesta para la etapa de sacarificación.
  - Según lo mencionado, esta etapa depende de la etapa de separación, por lo que en la evaluación de tiempos se consideró el flujo máximo nuevo (con el uso de un nuevo equipo de separación similar al actual).
  - Para el cálculo del tiempo disponible, se consideraron los mismos pasos que la condición anterior determinando primero la duración de 01 batch, para ello se tomaron los tiempos promedios (de acuerdo a las

mediciones en campo), como el tiempo de recepción de la etapa anterior, el tiempo de sacarificación, los ajustes (de pH, concentración), el lavado del tanque, el tiempo de envío a la separación (en base al flujo máximo enviado a la separación y el volumen generado con el nuevo equipo de separación), luego se tendrá que calcular la frecuencia de sacarificación (considerando el número de tanques) y por último de acuerdo al tiempo efectivo se obtuvo el tiempo disponible.

- Para calcular la capacidad de esta etapa, se siguieron los siguientes pasos: primero se calculó la capacidad diaria de sacarificación con los datos de volumen generado, rendimiento de separación (según balance de materia), y el tiempo disponible (considerando el uso de un nuevo tanque), después se calculó la capacidad por año de la sacarificación de almidón en glucosa (usando los días operativos por año), paso siguiente se aplicó la conversión de almidón en glucosa, que fue de 104.2% finalmente se realizó una comparación al plan de uso de glucosa anual indicando en porcentaje.
- Como resumen se tiene en la siguiente tabla 9 el resultado de la evaluación realizada.

**Tabla 9**

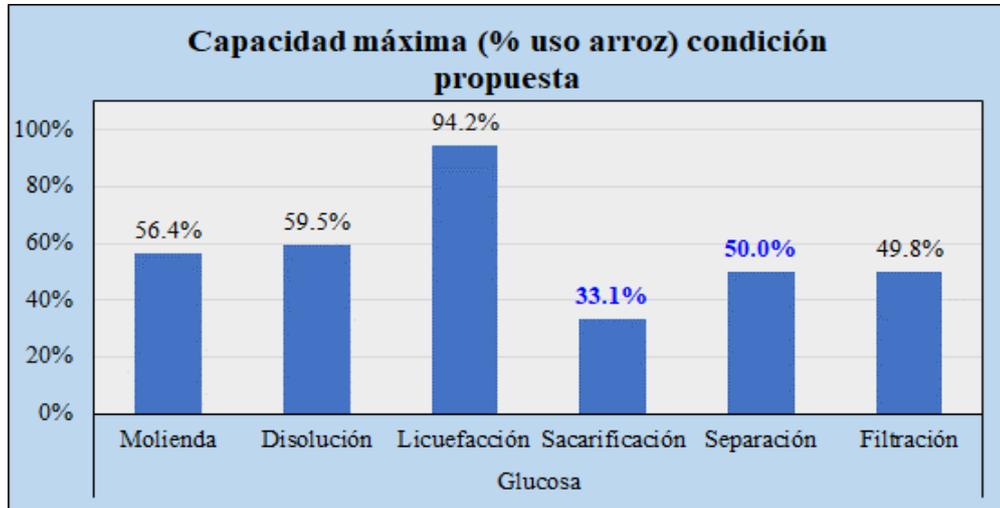
*Cuadro resumen de la evaluación de capacidad propuesta de la etapa de Sacarificación*

<b>Sacarificación</b>		
Concentración de glucosa antes de ajuste	31.5	g/dL
Flujo de separación	5.40	m3/h
Duración de 01 batch de sacarificado		
Tiempo de recepción	5.4	h
Sacarificado	36	h
Lavado del tanque	2.5	h
Tiempo de envío a la separación	11.6	h
Tiempo del 01 batch	58.5	h
#Tanques para la Sacarificación	4.0	tanques
Frecuencia de Sacarificación	14.6	h
Tiempo de envío a la separación	21	h
Frecuencia de Sacarificación útil	16.7	h
Concentración de glucosa después de ajuste	28	g/dL
Volumen de 01 batch	62.8	m3/batch
Capacidad de Sac. (ton-glucosa/día)	20.0	ton-glucosa/d
Capacidad de Sac. (ton-glucosa/año)	6,350	ton-glucosa/año
Cap. máx sacarificación (%)	33.1%	

De acuerdo con la nueva capacidad de las etapas evaluadas, se consolida la información de capacidad máxima de procesamiento por cada operación en la siguiente figura 22.

**Figura 22**

*Gráfico resumen de capacidad máxima de uso de arroz (%) según condición propuesta*



Donde se tienen los siguientes resultados:

- La capacidad máxima de la planta de producción de glucosa a partir del arroz fue de 33.1%, limitado por la etapa de Sacarificación.
- De acuerdo con la evaluación, solo se tendría un cuello de botella que restringe la capacidad de producción de glucosa hasta un 50%, siendo esta la etapa de Sacarificación.

#### **4.2.2. Análisis del impacto en el costo de producción.**

La evaluación del impacto en el costo de producción fue principalmente por el costo de materia prima (debido a que el costo por procesamiento tanto de arroz como para el azúcar es el mismo).

El cálculo de la cantidad de materia prima usada para cumplir con el plan de producción de glucosa anual se realizó de la siguiente manera: para el caso arroz la cantidad de materia prima es la división de la cantidad de glucosa requerida (19,190 ton/año) entre la conversión de almidón a glucosa (de acuerdo con el balance de masa fue

de 104.2%) y el contenido de almidón presente en el arroz (75%) y para el caso del azúcar la cantidad de materia prima es la división de la cantidad de glucosa requerida entre la inversión de sacarosa a glucosa (98% de acuerdo con los datos establecidos) y el contenido de pureza de la muestra (98% según ficha técnica del producto).

Tomando como referencia los datos actuales de precios del mercado peruano (según las imágenes 6 y 7) y el resultado del análisis de capacidad, se tiene que:

- El costo de materia prima para la producción de glucosa bajo la condición anterior (uso de arroz al 20% y uso de azúcar al 50%).

**Tabla 10**

*Evaluación de costo de materia prima de la condición anterior.*

**Cantidad de materia prima**

Participación de materia prima		Producción de glucosa		Cantidad de materia prima	
Arroz	20%	3,838	ton-glucosa/año	4,911	ton-arroz/año
Azúcar	50%	9,595	ton-glucosa/año	9,991	ton-azúcar/año

**Costo de materia prima por año**

Costo unitario (soles/kg)	Costo anual (soles/año)	
2.458 soles/kg	12,071,406	soles/año
3.094 soles/kg	30,911,006	soles/año
<b>Costo total</b>	<b>42,982,412</b>	<b>soles/año</b>

- El costo de materia prima para la producción de glucosa de la condición propuesta (uso de arroz al 30% y uso de azúcar al 40%).

**Tabla 11***Evaluación de costo de materia prima de la condición propuesta.***Cantidad de materia prima**

Participación de materia prima		Producción de glucosa		Cantidad de materia prima	
Arroz	30%	5,757	ton-glucosa/año	7,367	ton-arroz/año
Azúcar	40%	7,676	ton-glucosa/año	7,993	ton-azúcar/año

**Costo de materia prima por año**

Costo unitario de materia prima	Costo de Materia prima	
2.458 soles/kg	18,107,109	soles/año
3.094 soles/kg	24,728,805	soles/año
Costo total	42,835,914	soles/año

- Evaluación económica de la propuesta.
  - Se observa que un reemplazo del 10% de la participación de arroz en lugar del azúcar significa un ahorro anual de 146,000 soles aproximadamente, por lo que es económicamente viable la propuesta de incremento de uso de arroz.
  - Para confirmar el incremento de uso de arroz en la composición de materia prima, primero se debe recalcular el uso diario de las materias primas, luego se debe evaluar la adquisición de nuevos equipos y finalmente la elaboración de un Gantt de operaciones (debido a que el procesamiento de las materias primas comparte equipos dentro del flujo de proceso).
- Propuesta de uso de materias primas:
  - Preparaciones de azúcar por semana. Para cumplir el plan producción de glucosa a partir del azúcar (7,676 ton-glucosa/año) se debe considerar una producción por día de 23.1 ton de glucosa. Teniendo en

cuenta que la producción por batch de azúcar es de 29.0 ton de glucosa, se tendrían 06 preparaciones por semana.

- Preparaciones de arroz por semana. Para cumplir el plan producción de glucosa a partir del arroz (5,757 ton-glucosa/año) se debe considerar una producción por día de 17.3 ton de glucosa. Teniendo en cuenta que la producción por batch es de 15.9 ton de glucosa, se tendrían 07 preparaciones por semana.

#### 4.2.3. Análisis del Gantt de operaciones con la condición propuesta.

Se realiza la evaluación de tiempos mediante el uso del diagrama de Gantt con el objetivo de confirmar si la propuesta de incremento de capacidad es posible mediante la adquisición de 01 tanque nuevo en la etapa de Sacarificación y de 01 equipo separador centrífugo en la etapa de Separación.

Además, debido a los cambios en las etapas de sacarificación y separación se modifica la secuencia de tiempos representados en la figura 23.

**Figura 23**

*Cuadro de tiempos empleados en 01 batch de Arroz de la condición propuesta*

Etapa de proceso	Cuadro de tiempos para un batch de Arroz	Horas
1. Disolución		7 horas
2. Homogenización		7 horas
3. Licuefacción		9 horas
4.1. SAC ajuste pH i		1 hora
4.2. Sacarificación		36 horas
4.3. SAC ajuste pH f		1 hora
5. Envío a SDC (02)		22 horas

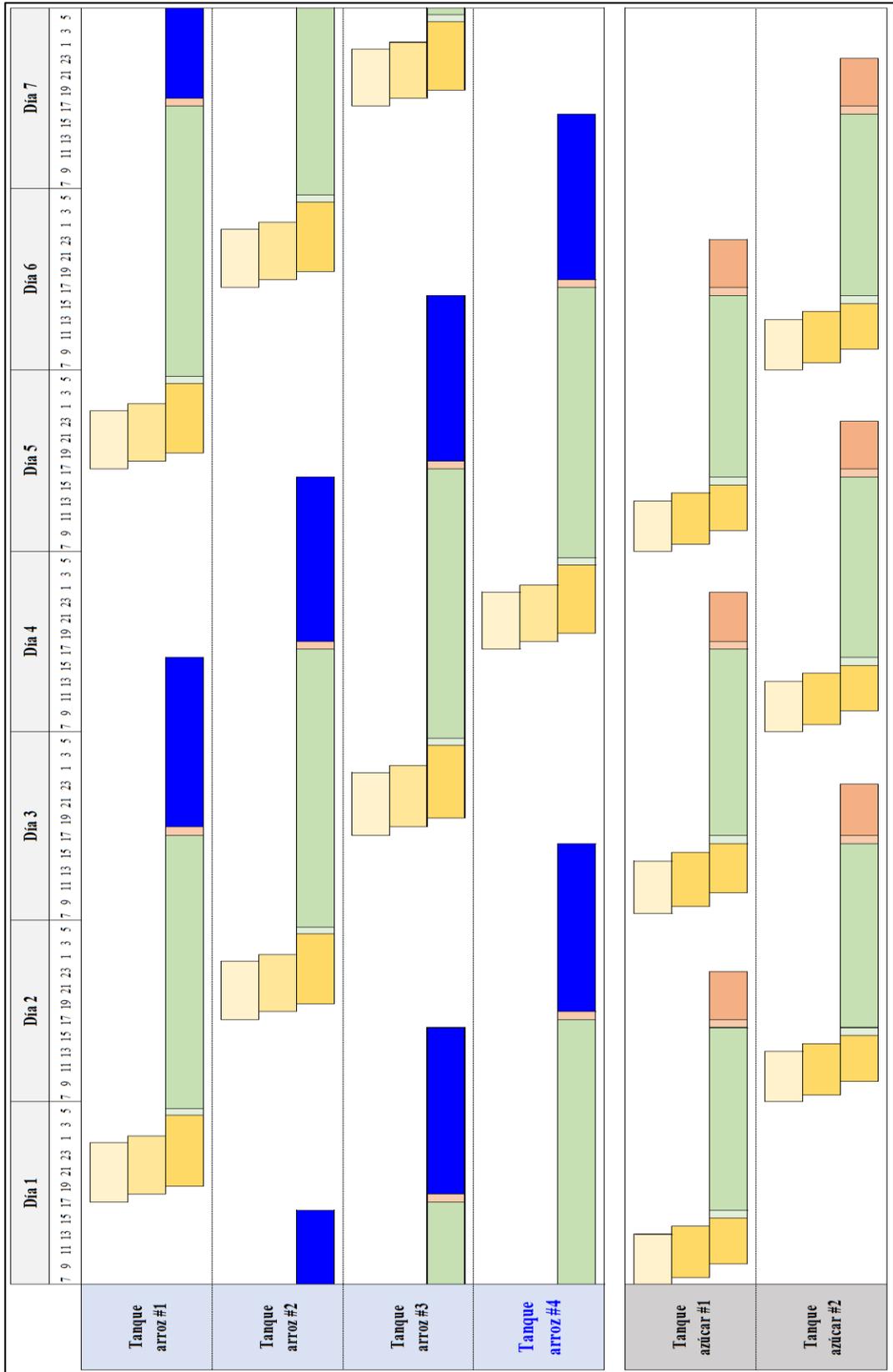
Donde se observa que, para los tiempos empleados para las etapas de disolución, homogenización, licuefacción, sacarificación y los ajustes de pH se mantienen, sin

embargo, hay una reducción en el tiempo de envío a la separación desde 34 horas hasta 22 horas debido al incremento de flujo de trabajo.

A continuación, se presenta en la siguiente figura 24, el consolidado de tiempos tomando las mismas consideraciones en el caso de uso de los mismos equipos para las etapas de disolución, homogenización y licuefacción.

**Figura 24**

*Diagrama Gantt de la condición propuesta*



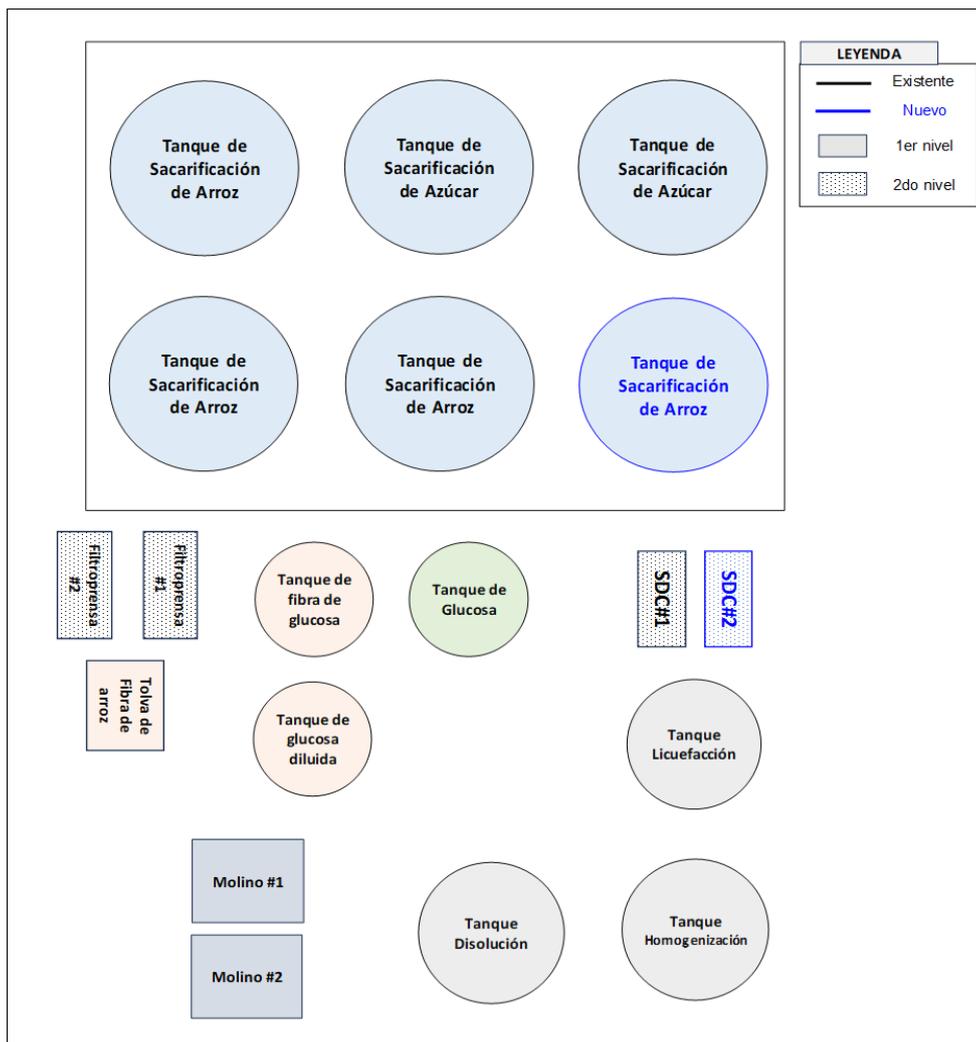
#### 4.2.4. Evaluaciones y decisiones tomadas

De acuerdo con las evaluaciones realizadas, se tienen las siguientes decisiones tomadas para sustentar un incremento de capacidad de la planta de producción de glucosa:

**4.2.4.1. Cambios en el Layout.** Es posible incrementar la capacidad de la planta de producción de glucosa a partir del almidón de arroz, mediante la adquisición de nuevos equipos en las etapas de sacarificación y separación, esto conlleva a modificar el Layout de planta según la siguiente figura 25:

**Figura 25**

*Layout de instalaciones de equipos en planta.*



**4.2.4.2. Incremento de operaciones.** Debido a que la mayoría de las operaciones son automatizadas, no se genera incremento de horas – hombre para esta condición de ampliación de capacidad.

**4.2.4.3. Indicadores de desempeño de proceso.** Para garantizar el rendimiento de los cambios propuestos, se generan indicadores de desempeño, siendo estos:

- **Productividad:** De acuerdo con el balance realizado, se debe realizar el seguimiento de la producción por batch en 15.8 ton de glucosa.
- **Eficiencia:** Con la finalidad de reducir pérdidas por mal uso de la materia prima, se debe realizar el seguimiento de la eficiencia en 104.2%
- **Eficacia:** Mediante el seguimiento del plan de producción, se debe de cumplir el plan de preparaciones semanales, siendo 7 preparaciones de arroz y 6 preparaciones de azúcar por semana.
- **Efectividad:** De acuerdo con los valores establecidos de uso de consumibles, se debe monitorear los consumos de acuerdo con lo establecido por el balance de materia.
- **Capacidad:** Confirmar que se logre la producción de glucosa respecto al arroz con una participación del 30% y para el caso de azúcar en 40%.
- **Retorno de inversión:** Un retorno de inversión menor de 5 años hace factible a la propuesta para ello se realizan las siguientes estimaciones:
  - De acuerdo con la siguiente estimación de costos según la tabla 12, para la instalación de estos equipos se requiere de aproximadamente 692,000 soles, siendo un costo recuperable según el ahorro anual.

**Tabla 12.**

*Cuadro de estimación del costo de inversión*

<b>Costo de instalación de 01 tanque y 01 SDC (soles).</b>	
Instalación de tanque	S/ 425,000
Accesorios (válvulas e instrumentos)	S/ 25,000
Trabajos civiles	S/ 40,000
Trabajos mecánicos	S/ 280,000
Trabajos eléctricos	S/ 80,000
Instalación de nuevo SDC	S/ 267,000
Compra de equipo SDC	S/ 150,000
Accesorios (válvulas e instrumentos)	S/ 32,000
Trabajos civiles	S/ 15,000
Trabajos mecánicos	S/ 70,000
Trabajos eléctricos	S/ 40,000
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 692,000</b>

- Otro punto importante es la evaluación de tiempos de ejecución de estas implementaciones, resumidas en el diagrama de la figura 26.

**Figura 26.**

*Diagrama de tiempos para la implementación de equipos.*

Nº	Descripción de actividades	Enero				Febrero				Marzo				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13
<b>1</b>	<b>Instalaciones civiles</b>													
	Base civil de nuevo tanque	■	■	■	■	■	■							
	Base civil de nuevo SDC	■	■	■										
<b>2</b>	<b>Instalaciones mecánicas</b>													
	Fabricación e instalación de nuevo tanque	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Instalación de nuevo SDC			■	■	■	■							
<b>3</b>	<b>Instalaciones eléctricas</b>													
	Conexiones de instrumentos de nuevo tanque												■	■
	Conexiones de instrumentos de nuevo SDC										■	■		

#### **4.3. Informes presentados como resultado de la actividad realizada**

Para las tareas realizadas, se cuentan con los siguientes informes presentados:

- Evaluación de capacidad de la planta de obtención de glucosa.
  - Elaboración de reporte interno, registrando la evaluación.
  - Evaluación presentada como información de entrada del proyecto de ampliación de planta de producción de glucosa.
- Proyecto de ampliación de planta de producción de glucosa. Para ello se realizaron las siguientes actividades:
  - Elaboración de memoria descriptiva del proyecto de inversión.
  - Uso de documento interno “Plan de prueba”, donde se evalúa el diseño, cronograma y variables a monitorear para conseguir los resultados propuestos.
  - Elaboración de un reporte técnico, registrando los resultados de la implementación del proyecto de inversión, así como los resultados en otras áreas concluyendo que no hay impactos negativos para el cumplimiento del plan de producción del producto principal.

## Conclusiones

Las actividades presentadas en el informe dan evidencia de la aplicación de los conocimientos adquiridos por la facultad de Ingeniería Química y Textil, utilizados para ejercer cargos de la línea de carrera de Producción para el caso de una empresa de Alimentos y Sazonadores como lo es el caso de Ajinomoto del Perú S.A.

Además, de acuerdo con los objetivos trazados en cuanto a las técnicas usadas para la evaluación de la propuesta de incremento de capacidad de la planta de producción de glucosa a partir del almidón de arroz, se tienen las siguientes conclusiones:

- Estudio del mercado.
  - Permitió identificar que las tendencias de los costos de las materias primas a nivel nacional como internacional guardan una relación directa, por lo que se requiere tomar acción inmediata ante el incremento de estos costos, para que no afecte el costo de producción de GMS.
- Elaboración de balance de masa.
  - El cálculo de la conversión total del almidón de arroz en jarabe de glucosa es de 104.2%, obtenido de la siguiente ecuación

$$Y\% \text{ total} = \frac{\text{Glucosa en Jarabe (ton)} + \text{Glucosa en el licor filtrado(ton)}}{\text{almidón en el arroz (ton)}} \times 100\%$$

Reemplazando los valores de las figuras 16 y 17 se tiene:

$$Y\% \text{ total} = \frac{15.8 \text{ ton} + 1.4 \text{ ton}}{16.5 \text{ ton}} \times 100\% = 104.2\%$$

- Otros resultados del balance de masa utilizados en la propuesta de incremento de capacidad fueron:

- Factor de filtración – separación equivalente.

$$\text{Factor de filtración eq. \%} = \frac{\text{Glucosa de ingreso a filtración (ton)}}{\text{Glucosa de ingreso a separación (ton)}} \times 100\%$$

Reemplazando los valores de la figura 17, se tiene:

$$\text{Factor de filtración eq. \%} = \frac{1.6 \text{ ton}}{17.4 \text{ ton}} \times 100\% = 9.3\%$$

- Producción de glucosa por batch. De acuerdo con la figura 17 es de 15.8 ton/batch.
- Estos cálculos permitieron definir los siguientes indicadores de desempeño: productividad, eficiencia y efectividad detallados en el capítulo 4.
- Evaluación de capacidad de producción de glucosa a partir del arroz en la planta de sacarificación.
  - Según la evaluación por etapas se detectaron como cuellos de botella las etapas de sacarificación y separación.
  - Conforme a lo calculado se determinó que la capacidad máxima de producción de glucosa era de un 20% bajo las condiciones anteriores, por lo que la propuesta evaluada incrementa hasta un 30% con la adquisición de 01 tanque en la etapa de sacarificación y 01 SDC en la etapa de separación.
- Evaluación de factibilidad de la propuesta.
  - Para tomar la decisión de aprobar la propuesta se tuvo que calcular mediante una estimación preliminar el costo total de la inversión el cual resultó de 692,000 soles (ver mayor detalle en la tabla 12) y compararlo con el ahorro anual por incremento del uso de arroz del 20 al 30% y reducción del azúcar de 50% a 40% siendo el ahorro aproximado de 146,000 soles por año, resultando factible debido a un tiempo de retorno de la inversión de aproximadamente 5 años.
  - De acuerdo con los tiempos de ejecución, se permite incrementar la capacidad de procesamiento de arroz de la planta de producción de glucosa en un corto plazo.

Finalmente, según los resultados beneficiosos de las evaluaciones de incremento de capacidad, la propuesta de adquisición de nuevos equipos fue aprobada y ejecutada en los tiempos establecidos, los cuales actualmente se encuentran en uso, favoreciendo a la empresa brindando la flexibilidad ante los cambios de precios de las materias primas.

## Recomendaciones

De acuerdo con la experiencia compartida, se tienen las siguientes recomendaciones en base a las actividades realizadas en la empresa:

- Los conocimientos aprendidos en la etapa de pregrado sirvieron como base para el planteamiento de propuestas de mejora a lo largo de mi formación profesional por las empresas donde laboré.
- De la evaluación de las técnicas empleadas, los balances de materia y energía permiten no solo evaluar los indicadores principales de producción, sino que también los resultados de estos aportan en la evaluación de capacidad de equipos mediante el uso del rendimientos y factores de los flujos del proceso de producción.
- Es importante reforzar los conocimientos técnicos con herramientas del tipo software para poder desenvolverse aún más dentro del campo laboral, ya que permiten expresar los resultados de forma clara y entendible según el nivel de presentación.
- De acuerdo con el trabajo realizado, se comparte la información para ser usada en la evaluación de una futura ampliación de la planta de producción de glucosa.
- Para poder enriquecer la experiencia a nivel profesional es importante mantener una relación WIN - WIN con los clientes internos para conseguir los objetivos trazados, en mi caso pude entablar buenas relaciones con las áreas de seguridad, compras, control de calidad, planeamiento y control, mantenimiento, ingeniería, control de efluentes y producción.

## Referencias bibliográficas

- Aristizábal, J. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Roma, Italia: FAO.
- Barrientos, M., & Soria, C. (2021). *Indexmundi*. Obtenido de <https://www.indexmundi.com/>
- Bernal, L., & Martínez, E. (2006). Una nueva visión de la degradación del almidón. *Revista del Centro de Investigación*, 77-90.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. (2017). *Sector agroindustrial de la caña*. Obtenido de <https://asocana.org/modules/documentos>
- León Arévalo, A. I. (1997). *Obtención de jarabe de glucosa del almidón de arroz (tesis de pregrado)*. Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- MIDAGRI. (2010). *Sistema de abastecimientos y precios*. Obtenido de <http://sistemas.midagri.gob.pe/sisap/portal2/mayorista/>
- Romero, C. A., & Sánchez Noel, K. (2022). *Observatorio Commodities Arroz abr-jun 2022*. Lima: Dirección general de políticas agrarias.

## ANEXOS

<b>ANEXO 1: Balance de materia y energía.....</b>	<b>1</b>
---	----------

## ANEXO 1: Balance de materia y energía

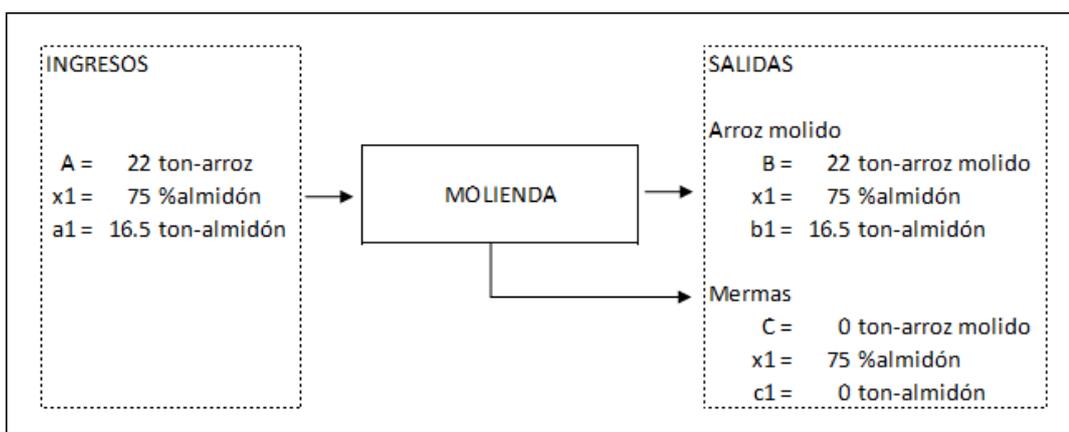
De acuerdo con la descripción de las consideraciones de balance por cada etapa de proceso presentado en el apartado 3.7.1. A continuación, se presentan los diagramas de bloques por cada etapa de proceso.

### Balance de materia en Molienda:

En esta etapa se calcula el contenido de arroz molido producto de la molienda, no se consideran mermas debido a que el sistema de molienda es hermético y los polvos generados se recuperan en el almacenamiento en bolsones.

**Figura 27**

*Balance de molienda*

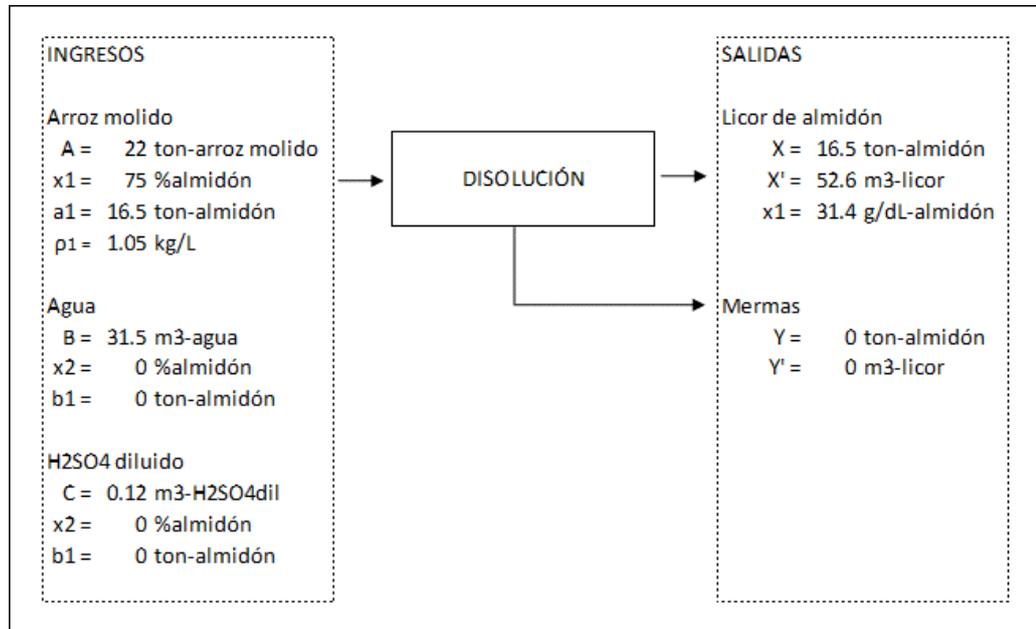


### Balance de materia en disolución.

En esta etapa se calcula el volumen final de disolución y la concentración de almidón en el licor. No se consideran mermas debido que parte de la operación involucra un lavado final el cual es cuantificado y colocado en el balance.

**Figura 28**

*Balance de disolución*

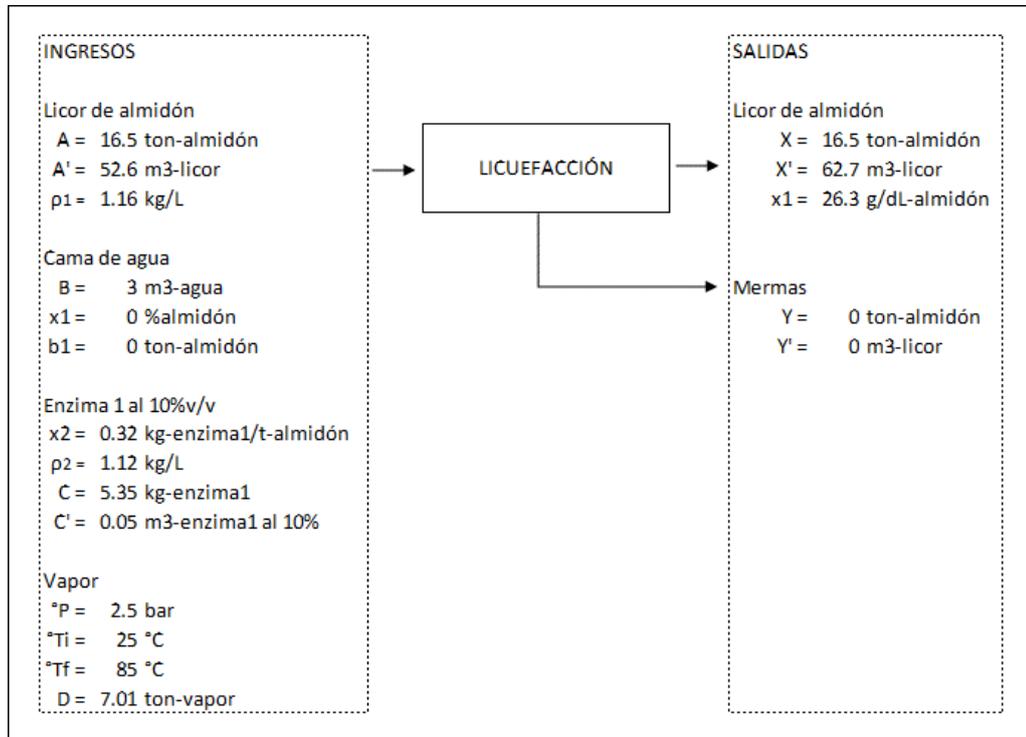


**Balance de materia y energía en Licuefacción.**

En esta etapa se calcula el volumen de enzima 1 y el vapor saturado usado (sin considerar pérdidas al ambiente ni en paredes) para obtener el volumen final de licuefacción y la concentración de almidón en el licor.

**Figura 29**

*Balance de licuefacción*

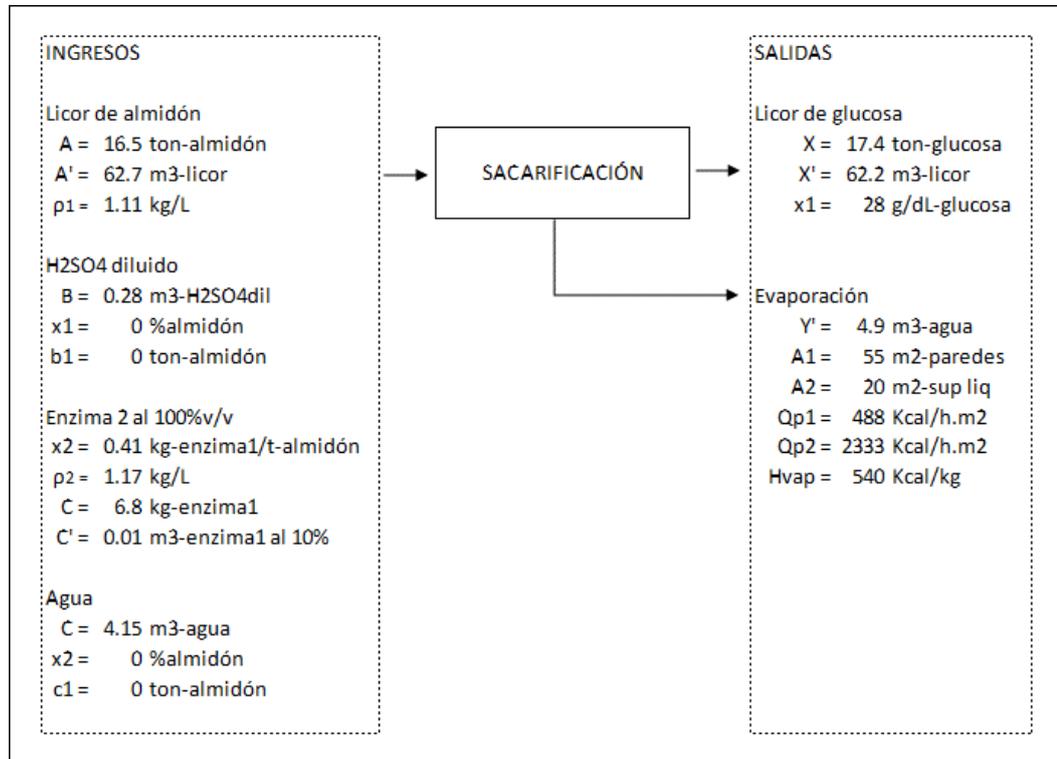


**Balance de materia y energía en Sacarificación.**

En esta etapa se calcula el volumen de enzima 2 y la evaporación al ambiente (considerando pérdidas al ambiente y en las paredes del tanque según datos de fabricante) para obtener el volumen final de sacarificación y la concentración de glucosa en el licor.

**Figura 30**

*Balance de sacarificación*

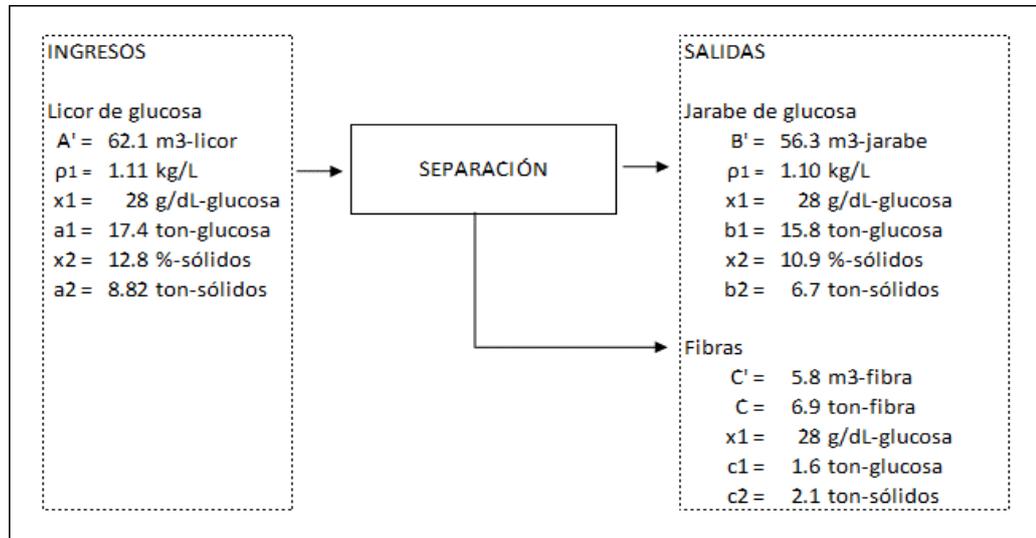


**Balance de materia en Separación**

En esta etapa se calculan los volúmenes generados de la fase líquida de la separación (jarabe de glucosa) y la fase líquida (contenido de fibras) en base al contenido de sólidos en el ingreso y al final de la separación (obtenido del fabricante).

**Figura 31**

*Balance de separación*



**Balance de materia en Filtración**

En esta etapa se calculan los volúmenes generados del filtrado y la torta de arroz en base al contenido de sólidos en el ingreso y al final de la filtración (obtenido del fabricante).

**Figura 32**

*Balance de filtración*

