



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

Evaluación de la factibilidad del incremento de la capacidad de recepción y la optimización del tiempo asignado para el suministro de materia prima hacia la línea de transformación en la empresa agropecuaria Samuel Mansell S.A, del departamento de Matagalpa, durante el año 2025.

Caldera, Bruno; García, Karla; Lumbi, Frederman

Asesor/Tutor

José Alfredo Montenegro Montenegro

ÁREA DE CONOCIMIENTO

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE MATAGALPA

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Área de Conocimiento
Centro Universitario Regional de Matagalpa

Departamento Ciencias Tecnología y Salud

Informe de Investigación

Tesis para optar al grado de
Ingeniería Agroindustrial

Autor/es

Bruno Ismael Caldera Reyes

Karla Lisbeth García Arauz

Frederman Isrrael Lumbi Aguinaga

Asesor/es

José Alfredo Montenegro Montenegro

Noviembre, 2025



Dedicatoria

Se lo dedico a mi Dios, quien en su infinita bondad me ha dado la fuerza y la fortaleza para seguir adelante cumpliendo cada sueño que he tenido en mi corazón quien me dio la capacidad y la inteligencia para cumplir una nueva meta en mi vida y lograr superar los obstáculos que se me han presentado, por lo logrado hoy y por lo que Dios me prepara en mi futuro dedico cada uno de mis logros a mi Padre Celestial, dador de toda paz y conocimiento. A los profesores por apoyarnos siempre brindar de su paciencia y su conocimiento

A mis padres Luis Adolfo Lumbi Pineda y Leopoldina Aguinaga García, a mis hermanos por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por levantarme cuando desmaye, por su amor infinito, por aconsejarme, enseñarme el camino correcto por todos los valores inculcados, por ser mi mayor ejemplo a seguir, hoy les dedico de todo corazón mi tesis de Graduación, sin ellos no lo habría logrado.

Frederman Israel Lumbi Aguinaga

Dedicatoria

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar a este momento tan importante de mi formación profesional; por ser mi guía y brindarme la sabiduría necesaria. Reconozco que cada paso dado, cada meta cumplida y cada pequeño triunfo de este proceso académico han sido posible gracias a su gracia, su amor y su infinita fidelidad.

A mis padres, Teresa Arauz Vallejos; Carlos José García quienes han sido el pilar fundamental de mi vida; nada de esto habría sido posible sin su cariño incondicional, sus palabras de ánimo y ese apoyo constante que, aún en los momentos más difíciles, nunca me faltó. Gracia por enseñarme a creer en mis capacidades y por inculcarme los valores que hoy sostienen mi identidad.

A mi esposo, Maynor Emilser García Rodríguez por ser mi mano derecha, por su compañía, paciencia y motivación diaria; por apoyarme en este logro que, más que mío, también es tuyo. Tu presencia se convirtió en una motivación invaluable que me impulso a continuar incluso cuando el cansancio parecía vencerme. Aprecio cada palabra de aliento que me brindaste durante las jornadas extensas de estudio.

A los docentes, quien con su vocación, compromiso y entrega han acompañado estos cinco años de formación, les agradezco profundamente por cada esfuerzo y por la dedicación con la que nos han guiado con paciencia, claridad y responsabilidad. Su labor ha sido esencial para nuestro crecimiento académico y personal, y su acompañamiento han dejado una huella valiosa en este proceso formativo.

A mis compañeros, por su colaboración, su amistad y por compartir juntos los desafío y aprendizajes que hicieron de esta etapa una experiencia inolvidable.

Karla Lisbeth García Arauz

Agradecimiento

Con profundo agradecimiento queremos reconocer a todas las personas e instituciones que hicieron posible la culminación de este trabajo de investigación.

- A Dios, por ser nuestra guía constante, fuente de fortaleza y sabiduría en cada etapa de este proceso académico.
- Al Centro Universitario Regional de Matagalpa y al Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud, por brindarnos el espacio, los recursos y la formación que nos permitieron crecer como profesionales.
- A nuestro asesor, José Alfredo Montenegro Montenegro, por su paciencia, orientación y compromiso. Sus observaciones y consejos fueron fundamentales para dar claridad y rigor a cada parte de este estudio.
- A nuestros docentes, quienes con dedicación y vocación nos acompañaron durante estos años de formación, transmitiéndonos no solo conocimientos técnicos, sino también valores que guiarán nuestra vida profesional.
- A nuestras familias, por su apoyo incondicional, comprensión y ánimo en los momentos de mayor exigencia. Cada palabra de aliento y cada gesto de confianza nos impulsaron a seguir adelante.
- A nuestros compañeros y colegas, por compartir esfuerzos, aprendizajes y experiencias que hicieron de este camino académico una etapa enriquecedora y memorable.
- A la empresa Samuel Mansell S.A., por abrirnos sus puertas y permitirnos desarrollar esta investigación en un entorno real, aportando al fortalecimiento del sector agroindustrial de nuestra región.

Este logro no es únicamente nuestro, sino el resultado de un esfuerzo colectivo en el que cada aporte, grande o pequeño, dejó una huella significativa. A todos ustedes, nuestra más sincera gratitud.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Carta Aval

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL- MATAGALPA
DEPARTAMENTO DE CIENCIA TECNOLOGÍA Y SALUD
VALORACION DEL TUTOR

El presente trabajo de investigación, para optar al título de Ingeniero Agroindustrial, con el tema **“Evaluación de la factibilidad del incremento de la capacidad de recepción y la optimización del tiempo asignado para el suministro de materia prima hacia la línea de transformación en la empresa agropecuaria Samuel Mansell S.A, del departamento de Matagalpa, durante el año 2025”**, realizado por los egresados: Br. Bruno Ismael Caldera Reyes; Br: Frederman Isrrael Lumbi Aguinaga Br: Karla Lisbeth García Arauz, ha significado un trabajo arduo de recolección y procesamiento de información, aplicando técnicas, procedimientos y métodos científicos, que generaron resultados innovadores, efectivos y significativos en el área agroindustrial, tanto para el aprendizaje de los autores como para la industria donde se realizó el estudio.

Así mismo es de mucho provecho para los protagonistas locales, involucrados en el área de estudio y los profesionales ligados al área de agroindustria, puesto que utiliza las herramientas de recolección y análisis de información necesarias para estudios de este perfil; además formará parte de la reserva bibliográfica científica de la UNAN Managua-CUR Matagalpa, retribuyendo con esto, parte de los conocimientos y habilidades adquiridas en esta alma mater.

Ante lo expuesto considero que el presente trabajo investigativo cumple con los requisitos teóricos y metodológicos, para ser sometido a defensa ante la comisión evaluadora ya que se apega a los artículos que establece el Reglamento de la Modalidad de Graduación, así como apegándose a la estructura y rigor científico que UNAN Managua exige para este tipo de investigación.

Msc. José Alfredo Montenegro Montenegro
TUTOR UNAN MANAGUA-CUR Matagalpa

Resumen

Esta investigación evaluó la factibilidad técnica y operativa de aumentar la capacidad de recepción y optimizar los tiempos de suministro de materia prima en Samuel Mansell S.A. (Matagalpa, 2025) mediante la construcción de una nueva tolva de recepción. Se empleó un diseño mixto: observación directa, cronometraje de descargas, entrevistas estructuradas al personal clave y encuestas al equipo operativo, además de revisión bibliográfica sobre diseño de tolvas, propiedades del grano y normativa aplicable. El diagnóstico identificó un cuello de botella en el departamento de almacén y secado mecánico, derivado de una tolva principal de flujo tubular y una tolva auxiliar subutilizada, procedimientos manuales (guillotina) y variabilidad por humedad del grano. Los registros cronométricos muestran diferencias significativas: descargas de chompipa seca ≈ 5 minutos y rastra con granza húmeda ≈ 26 minutos; cambios de lote incrementan las esperas cerca de 8 minutos. El diseño vigente asegura vaciado por su pendiente (45°) pero limita capacidad simultánea y flexibilidad operativa. La propuesta técnica recomienda una tolva de 600 qq con boca adecuadamente dimensionada, válvula rotativa automática y el uso de materiales internos adecuados (AISI 304 o acero pasivado). Se estima un aumento de productividad de moderado a alto (percepción interna 41–59 %) si se acompañan sistemas complementarios: respaldo eléctrico, reorganización logística y validación multidisciplinaria. Se concluye que la solución es viable técnicamente, pero requiere ensayos piloto de flujo, pruebas in situ y un plan financiero y operativo integral antes de la inversión definitiva.

Índice

I. Introducción	1
II. Antecedentes	3
III. Planteamiento del problema	6
IV. Justificación	8
V. Objetivos	9
VI. Preguntas de investigación	10
VII. Limitaciones	11
VIII. Contexto de la investigación	12
IX. Marco teórico	14
9.1. Especificaciones del cultivo del arroz	14
9.1.1. El cultivo de arroz en Nicaragua	15
9.1.2. Valoración nutricional.....	16
9.1.3. Angulo de reposo.....	17
9.2. Beneficio del cultivo del arroz.....	19
9.2.1. Evaluación técnica del proceso productivo	20
9.2.2. Valoración de la calidad en el producto final	24
9.3. Diseño detallado de la tolva de recepción	25
9.3.1. Criterios de diseño	28
9.3.1.2. Parámetros de geometría de la tolva.....	32
9.3.1.3. Cargas aplicadas en la tolva.....	35
9.3.1.4. Espesor de la plancha de la tolva	37
9.4. Estudio de tiempo	38
9.4.1. Equipo requerido para el análisis de un estudio de tiempos.....	38
9.4.2. El tiempo estándar	39
9.4.3. Productividad.....	40
X. Marco legal	41
XI. Diseño metodológico	45
11.1. Tipo de diseño mixto	45
11.2. Paradigma	45

11.3.	Tipo de investigación.....	46
11.4.	Población y muestra.....	46
11.5.	Variables de la investigación	48
11.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de información	48
11.7.	Confiabilidad y validez de los instrumentos.....	50
11.8.	Técnicas, instrumentos y procedimiento para el procesamiento y análisis de la información.....	51
11.9.	Criterios de calidad.....	53
XII.	Análisis y discusión de resultados	54
12.1.	Modelos de flujo.....	54
12.2.	Arquetipo geométrico de la tolva de recepción	55
12.3.	Dimensiones de la abertura.....	56
12.4.	Modelos de válvulas	56
12.5.	Pendiente del material de soporte	57
12.6.	Eficiencia del vaciado.....	57
12.7.	Tiempo promedio de los medios de transporte.....	58
12.8.	Tiempo promedio de esperas	59
12.9.	Minutos detenidos por interrupciones	60
12.10.	Numero de paradas no planificadas.....	61
12.11.	Evaluaciones complementarias.....	62
12.12.	Desarrollo de la propuesta de mejora	64
XIII.	Conclusiones.....	84
XIV.	Recomendaciones.....	85
XV.	Bibliografía.....	86

Índice de tablas

Tabla 1	19
Tabla 2	27
Tabla 3	58
Tabla 4	58
Tabla 5	59
Tabla 6	60
Tabla 7	61
Tabla 8	64
Tabla 9	70
Tabla 10	71
Tabla 11	74
Tabla 12	76
Tabla 13	77
Tabla 14	78
Tabla 15	80
Tabla 16	83

Índice de ilustraciones

Ilustración 1	16
Ilustración 2	26
Ilustración 3	26
Ilustración 4	29
Ilustración 5	30
Ilustración 6	31
Ilustración 7	32
Ilustración 8	33
Ilustración 9	34
Ilustración 10	35
Ilustración 11	36
Ilustración 12	67
Ilustración 13	72

I. Introducción

La recepción y el abastecimiento eficientes de materia prima son determinantes para la competitividad y la continuidad operativa en plantas arroceras. En Samuel Mansell S.A., ubicada en el departamento de Matagalpa, la temporada de cosecha revela limitaciones operativas en el departamento de almacén y secado mecánico: congestión de camiones, tiempos de descarga variables según el tipo de transporte y humedad del grano, intervenciones manuales para dosificación y una tolva auxiliar subutilizada. Estas condiciones generan esperas prolongadas, subutilización de la capacidad instalada, riesgos de contaminación cruzada y pérdida potencial de confianza por parte de productores asociados. Frente a ello, surge la necesidad de evaluar soluciones infraestructurales y procedimentales que permitan aumentar la capacidad de recepción y optimizar los tiempos de suministro hacia la línea de transformación.

Esta investigación plantea como propósito evaluar la factibilidad técnica y operativa de construir una nueva tolva de recepción —con capacidad objetivo de 600 quintales netos— diseñada para integrarse al sistema general de suministro de la planta y acompañada de equipos y procedimientos complementarios (válvula rotativa automática, protocolos de mantenimiento preventivo y reordenamiento logístico). El estudio adopta un diseño mixto: combinó observación directa y cronometraje de descargas para cuantificar tiempos reales; entrevistas estructuradas a los responsables de almacén y secado para capturar criterios técnicos y operativos; y encuestas al personal operativo para conocer percepciones sobre impacto y riesgos. Además, se revisaron criterios técnicos (ángulo de reposo, factor de flujo, geometría de tolvas, cálculo de boca de salida) y el marco normativo aplicable, con el fin de asegurar cumplimiento de inocuidad y sostenibilidad.

Los resultados preliminares muestran que la tolva actual garantiza un vaciado efectivo por su pendiente, pero limita la flexibilidad y la capacidad de abastecimiento simultáneo; las descargas de chompipa seca y rastra húmeda difieren marcadamente (≈ 5 min frente a ≈ 26 min), y los cambios de lote y paradas no planificadas incrementan notablemente el tiempo neto de evacuación. Por tanto, la propuesta técnica no solo debe resolver dimensiones y materiales, sino integrarse con automatización, respaldo energético y un plan operativo y de mantenimiento que habilite la materialización de los beneficios esperados en productividad

y en la relación con productores. El estudio concluye que la solución es viable técnicamente, condicionada a ensayos piloto de flujo y validaciones multidisciplinarias antes de la inversión definitiva.

II. Antecedentes

El objetivo de este inciso en el trabajo de investigación es presentar un resumen práctico de los diversos estudios que fueron desarrollados previamente en torno al mismo tema, a fin de exponer sus principales conclusiones e interrelacionar los esfuerzos diseminados con la investigación en curso. De este modo, y limitándose al origen del que preceden y la conexión que establecen con el documento, tenemos lo siguiente:

2.1. Antecedentes latinoamericanos

1. (Vera, 2020) presentó una investigación titulada **Diseño de una tolva de almacenamiento y descarga de subproductos de atún** en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la producción, para optar al título de Ingeniero Mecánico, con el objetivo de ofrecer un proyecto relacionado a la construcción de una fosa que permita descargar la materia prima hacia el galpón de procesos, considerando que la estructura deberá de permitir maniobras efectivas de limpieza y mantenimiento.

No obstante, la investigación se caracteriza por ser de tipo aplicada (considerando el uso que se le da a la información), puesto que se enfoca en resolver los problemas prácticos de la empresa, tomando en consideración la información teórica necesaria, en lugar de generar conocimiento nuevo. Además, posee un enfoque cuantitativo, lo que, en suma, los dirige a los siguientes resultados: lograron determinar, mediante los cálculos correspondientes, las dimensiones para un tornillo sinfín de 14" de diámetro con un tren motriz de 1 Hp girando a 4.71 rpm; determinaron las dimensiones de 3 tornillos sinfín de 16" de diámetro con un tren motriz de 5 Hp girando a 18.84 rpm; y el diseño estructural de la tolva de acero inoxidable capaz de almacenar 26 toneladas de producto.

El estudio, ofrece las herramientas metódicas indispensables para la evaluación y determinación del diseño final de la propuesta a desarrollar (en cuanto a sus dimensiones); sin considerar el contexto operativo sobre el cual se proyecta, puesto que, difieren notoriamente. Es decir, ofrece las herramientas prácticas complementarias al desarrollo del proyecto bajo una realidad distante.

2. (Cordova & Sandoval, 2016) desarrollaron una investigación titulada **Diseño de un sistema de mezclado continuo para la producción de suelo estabilizado con cemento** en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la producción, para optar al título de Ingeniero Mecánico, con el objetivo de ofrecer un sistema de mezclado continuo de agregados para la estabilización de suelos que sea capaz de generar productos de gran calidad.

No obstante, la investigación se caracteriza por ser de tipo aplicada, al hacer uso de la información existente que gira en torno al tema, a fin de desarrollar el diseño de una solución con relación a una problemática identificada. A su vez, posee un enfoque cuantitativo, lo que, en suma, los conduce a las siguientes conclusiones: se logró estructurar un sistema de mezclado continuo para la producción de suelo estabilizado con cemento, el cual consta de cuatro subsistemas: alimentación, transporte, mezclado y despacho, operando a una capacidad de 75 toneladas por hora. Por otra parte, entre los elementos que fueron proyectados se encontró el mezclador helicoidal con paletas recortadas, las tolvas de alimentación, despacho y silo de cemento, los transportadores de bandas, y los elementos estructurales que soportan los diferentes equipos.

El estudio ofrece las herramienta y metodología necesaria para la evaluación sistemática y digital de la propuesta diseñada, a través del cual se someterá a pruebas para la definición del factor de seguridad estructural y la identificación de posibles fallas no previstas previa a su aplicación práctica, evitando incurrir en errores o gastos innecesarios, y solucionando las complicaciones antes de que surjan; lo que supone una estrategia valiosa en el proyecto.

3. (Florez, Garcia, & Sanchez, 2016) presentaron un artículo titulado **Diseño de un sistema alimentador para un horno rotatorio en la producción de fosfato en norte de Santander** en la Revista Colombiana de Tecnología de Avanzada, con el objetivo de desarrollar un sistema alimentador que sea capaz de tecnificar el proceso y disminuir los costos, aumentando la producción y la calidad del producto final.

Sin embargo, la investigación se caracterizó por ser de tipo aplicada, puesto que hace uso de la información teórica existente para buscar una solución integral a una problemática identificada. Además, posee un enfoque cuantitativo; todo lo cual, los conduce a las siguientes conclusiones: la implementación del sistema alimentador en la planta de producción permite mejorar el flujo de materiales producidos hacia el horno de secado, aumentando la productividad y reduciendo costos de operación.

En este sentido, el estudio ofrece la metodología a adoptar para la estructuración y definición del modelo transportador que facilite la movilización de la materia prima hacia sus diversos destinos (secado mecánico, trillo o los silos de almacenamiento), considerando los aspectos técnicos y mecánicos que subyacen al mismo.

III. Planteamiento del problema

La empresa nicaragüense “Samuel Mansell S.A”, a través de su flujo operativo industrial, es capaz de fabricar un producto de gran calidad y aceptación, destinado al mercado nacional, basándose en el cumplimiento de regulaciones nacionales e internacionales que condicionan los procesos necesarios para la transformación, a fin de garantizar su inocuidad. No obstante, actividades específicas, como las correspondientes a la recepción y/o distribución de la materia prima hacia los silos, secadoras y trillo; manifiestan deficiencias relevantes en el uso del tiempo y favorecen a las condiciones necesarias para la evolución de una contaminación cruzada, que amenaza la integridad del material y la filosofía empresarial; cuestión que, en su conjunto, ilustra un apreciable contraste entre la plenitud de su apogeo (el incremento de su cuota de mercado) con las limitaciones de su de flujo de trabajo.

Es decir, la empresa emplea mecanismos que puedan suscitar a complicaciones en el funcionamiento global del sistema de suministro, manifiestas durante la evolución simultanea de los numerosos movimientos que corresponden al departamento de almacén y secado mecánico. No obstante, la raíz del problema descansa sobre los canales de alimentación bilaterales utilizados en sus operaciones: una tolva de recepción que opera de forma continua; y una tolva auxiliar, que es hábil únicamente ante casos particulares, como la alimentación sincrónica de los silos de almacenamiento y el trillo.

Si bien, dicha metodología atiende a aspectos logísticos, no es capaz de satisfacer la demanda de trabajo necesaria para el pleno aprovechamiento de la capacidad instalada de cada uno de los departamentos, puesto que, no pretende emerger como una solución integral para los problemas más significativos, sino como una forma de trabajo, de corto plazo, que atiende tanto a conflictos puntuales, que aquejan durante las temporadas de cosecha, como los intereses administrativos. Es decir, las necesidades sobre las que se fundamenta están relacionadas con el abastecimiento dual de granza en sus diferentes estados físicos y la optimización de los recursos financieros destinados a los procesos de transformación, cuestión que soslaya los problemas de mayor interés.

A este parecer, desestimar la situación es semejante a supeditar el futuro de la empresa, asumiendo los problemas que derivan de las limitaciones basadas en la capacidad del

trabajo y el riesgo de perder alianzas claves con productores importantes como resultado de la dilación en los procesos durante las temporadas con cargas de trabajo significativas.

Por consiguiente, la solución consiste en la construcción de una nueva tolva de recepción, capaz de establecer una conexión con el sistema general de suministro de la materia prima, que se ajuste a la capacidad de los procesos correspondientes; lo cual, a su vez, se manifiesta como la meta de la siguiente investigación. Es decir, se pretende ofrecer una propuesta de mejora que repare en el incremento de la capacidad de trabajo del departamento de almacén y secado mecánico, mitigando el cuello de botella existente y optimizando tiempo asignado al proceso, a través de la edificación de una tolva de recepción. El hecho, consecuentemente incrementa la productividad, reduce la probabilidad de abandono entre los productores asociados e influye positivamente en la imagen que estos tienen de la misma.

De esta forma, lo mencionado con anterioridad hace que sea necesario formular la siguiente pregunta: **¿Cómo impacta la construcción de una fosa de abastecimiento en el incremento de la capacidad de recepción del grano y en la optimización del tiempo invertido en los procesos operativos de la empresa arrocera Samuel Mansell S.A, departamento de Matagalpa, durante el año 2025?**

IV. Justificación

Actualmente, Samuel Mansell S.A ostenta de una posición estratégica dentro del mercado nacional del rubro del arroz, debido a la adopción de rigurosas normas internacionales en los procesos de transformación que subyacen a su sistema, lo que deriva en la fabricación de un producto de calidad y, consecuentemente, en una significativa aceptación de los consumidores. No obstante, a pesar de su destacado desempeño y la creciente cuota de mercado, algunos de sus procesos críticos exhiben limitaciones de interés que condicionan su futuro, especialmente, en las operaciones relacionadas con el departamento de almacén y secado mecánico.

Si bien, son muchos los cambios que supone alcanzar la meta global de ser una empresa altamente competitiva, lo cierto es que la suma de la resolución individual de cada problema puntual, conduce, eventualmente, al objetivo final. Así, la estrategia se basa en la canalización de los esfuerzos a la búsqueda de soluciones integrales para los problemas particulares del sistema productivo, más que en la búsqueda del resultado en sí mismo. Se trata de enfocarse en el método utilizado para obtener el beneficio, en lugar de limitar las acciones a lograr únicamente ese beneficio; lo que, en la investigación en curso se interpreta como en la resolución del conflicto que aqueja al departamento de almacén y secado mecánico en sus operaciones correspondientes a la red de suministro, a fin de, globalmente, aumentar la productividad.

La urgencia de abordar la situación radica en la necesidad de disminuir o eliminar definitivamente las dificultades y riesgos que implica, como la dilación del tiempo en la recepción y distribución de la materia prima hacia sus diversos destinos y las pérdidas de alianzas claves por retrasos en el procesamiento y entrega de los productos; con modificaciones basadas en un enfoque de largo plazo.

Por ello, la investigación propone la construcción de una tolva de recepción que sea capaz de integrarse eficientemente a la red general de suministro, incrementando su flujo de materia prima y disminuyendo el tiempo asignado a la evolución de esta fase. Aunque, su impacto no solo estriba en la mejora de los procesos internos, sino que también en la consolidación de las relaciones con los productores asociados y en la percepción favorable de la empresa en el sector agroindustrial.

V. Objetivos

5.1.Objetivo general

Evaluar la factibilidad del incremento de la capacidad de recepción y la optimización del tiempo asignado para el suministro de materia prima en la empresa agropecuaria Samuel Mansell S.A, del departamento de Matagalpa, durante el año 2025.

5.2.Objetivos específicos:

- Diagnosticar las condiciones actuales de almacenamiento y la metodología de distribución de la materia prima, identificando limitaciones y riesgos en el manejo del arroz.
- Evaluar estrategias técnicas, económicas y de logística basadas en el incremento de la capacidad de recepción y la optimización del tiempo estipulado para el desarrollo actual de la operación correspondiente.
- Especificar la alternativa de mejora, que integre tanto el diseño de una tolva de recepción orientada a la mejora de la capacidad y el tiempo subyacente de la admisión de materia prima, como la selección de una estructura que se vincule eficientemente con los mecanismos necesarios para la distribución del producto.
- Estimar la factibilidad de la propuesta para la resolución técnica del problema y las limitaciones identificadas durante el desarrollo de la operación de interés.

VI. Preguntas de investigación

- a) ¿Cuáles son las condiciones actuales de almacenamiento y los procedimientos de distribución de la materia prima en Samuel Mansell S.A., y qué limitaciones y riesgos operativos y de inocuidad se identifican en el manejo del arroz durante la temporada de cosecha?
- b) ¿Qué estrategias técnicas, económicas y logísticas (incluyendo alternativas de infraestructura, equipos y reorganización operativa) son más efectivas para aumentar la capacidad de recepción y reducir los tiempos de suministro de materia prima en Samuel Mansell S.A., considerando costos, beneficios y factibilidad operativa?
- c) ¿Cuál es el diseño óptimo de una tolva de recepción (capacidad, geometría de boca, material, sistema de descarga y automatización) y qué estructura de integración con los mecanismos de distribución garantiza la mejora en capacidad y tiempos de admisión de materia prima en la planta?
- d) ¿En qué medida la propuesta de construcción e integración de la tolva de recepción es factible técnica, operativa y económicamente para resolver los cuellos de botella y limitaciones identificadas en el proceso de recepción y suministro de materia prima en Samuel Mansell S.A.?

VII. Limitaciones

Para esta investigación, emergen las siguientes limitaciones particulares:

1. Resulta difícil corroborar las estimaciones teóricas inducidas por las evaluaciones progresivas que fueron generadas en el proyecto en curso, por cuanto para ello se requiere de la inversión sustancial tanto de recursos administrativos, como de capital humano y financieros, aspectos que escapan de la disposición benévola de la compañía ante el desarrollo de proyectos que no han sido respaldados por experiencias prácticas de individuos más duchos en estas cuestiones, lo que, ante un enfoque pragmático, se manifiesta como el motivo principal de que el estudio se someta únicamente a las consideraciones de naturaleza científica.
2. La complejidad de la naturaleza del proyecto demanda la colaboración multidisciplinaria de diferentes ramas de la ingeniería humana, entre las cuales destacan: la ingeniería civil y la agroindustrial. La participación de una sola de este conjunto de especializaciones, limita el ámbito del proyecto al cumulo de conocimientos y enfoques propios de la rama en cuestión, de manera que, su evolución se encuentra condicionada por las disposiciones características de la ingeniería que lo construye, siendo, el resultado, la sintetización de un documento que carece de la óptica integral que necesita para el alcance satisfactoria de la meta estipulada.
3. El tiempo necesario para las consideraciones minuciosas de todos los elementos que al proyecto interesan, es sustancialmente superior al disponible por el contexto universitario que facilito las condiciones que lo concibieron, de modo que, algunos de estos asuntos no fueron abordados con la rigurosidad científica que precisaban, y se limitaron únicamente a expresar lo que, en esencia, son, o a omitirse directamente en su evolución, atribuyendo las acciones a razones lógicas debidamente sopesadas.

VIII. Contexto de la investigación

La presente investigación se enmarca en la realidad operativa de Samuel Mansell S.A., empresa agroindustrial que se ubica en el departamento de Matagalpa, y, que se dedica a la producción, transformación y comercialización de arroz, a través del uso de procesos industriales complejos. Durante la cosecha del año en curso, y como resultado de un proceso de diagnóstico meticuloso, se logró identificar restricciones recurrentes en el departamento de almacén y secado mecánico, que emergen como obstrucciones logísticas en las operaciones de recepción y distribución de la materia prima, hecho que afecta la capacidad productiva del plantel y el cumplimiento de plazos con productores y clientes asociados.

Sobre este sentido, se deduce que la planta atiende a una zona con importante producción de arroz, lo que, en la temporada más productiva del cultivo, genera la circulación de una cantidad considerable de camiones que ubican su destino en las instalaciones de la corporación. Sumado a esto, se tiene que la operación de recepción se apoya con una tolva de flujo continuo de 600 qq y una tolva auxiliar que raras veces es considerada en el proceso; esquema logístico que no satisface la demanda en los periodos críticos y que provoca esperas prolongadas, mayor riesgo de contaminación cruzada y la subutilización de la capacidad de almacenamiento, secado y trilla.

Los principales actores involucrados en la labor son los productores asociados, transportistas, el equipo operativo de almacén y las áreas de control de calidad y producción, cuya coordinación es clave para un flujo efectivo de materia prima, y sobre los que, en la mayor parte tiempo, actúan fuerzas internas y externas que inciden, directa e indirectamente, en la productividad y tiempo necesario para su desarrollo eficiente.

En cuanto a las normas que condicionan al sistema; Samuel Mansell desarrollo un marco normativo de estándares de calidad que aplica y sobre los que se basan los procedimientos de muestreo, secado y almacenamiento, cuestión que obliga a mantener procesos controlados y estandarizar el resultado de las producciones efectuadas, siendo que, el problema identificado atienda contra dicho objetivo, y sobre lo que la construcción de una tolva de recepción, diseñada con estándares de calidad y de cumplimiento legal, aparece como una inversión técnica oportuna, aun cuando, las limitaciones del estudio incluyen la imposibilidad

de validar in situ todas las predicciones sin inversión adicional y la necesidad de integrar criterios de ingeniería civil y mecánica para el diseño final.

El diagnóstico situacional y la propuesta técnica presentada se basan en mediciones operativas y en el análisis de los procesos críticos, conectando directamente con el planteamiento del problema y los objetivos de esta tesis.

IX. Marco teórico

9.1. Especificaciones del cultivo del arroz

Se deduce que existen, en base a las especies de mayor importancia alimentaria, dos patrones evolutivos de origen y domesticación del cultivo del arroz en el mundo: uno que nace del continente asiático (en relación con *O. Sativa*) y otro del continente africano (*O. Glaberrima*). Siendo así, como ciertas investigaciones, tipo infoagro (s.f.), señalan que el cultivo comenzó hace poco más de 10,000 años en la India y China, en referencia únicamente de la procedencia de la primera de estas especies, obviando los datos históricos característicos de su congénere menos productivo.

No obstante, pese a que nivel global *O. Sativa* y *O. Glaberrima* son las especies de mayor importancia económico, lo cierto es que existe un amplio espectro de diversidad genética que conforman una gama enriquecedora de modelos disponibles, tal como advierten (Acevedo, Castrillo, & Belmonte, 2006), limitando este conjunto en 24 constituyentes totales, capaces de crecer en regiones inundadas, semi – sombreadas y bosques en el sureste asiático, Austria, África, Sur y Centro América. Sin embargo, la definición de su nomenclatura y la subdivisión interna se encuentra sometidas a valoraciones subjetivas, puesto que varía según el investigador y los hallazgos evidenciados con el paso del tiempo, siendo un proceso complejo establecer una taxonomía estandarizada a la que todos pudieran hacer referencia en los procesos investigativos. Aun con ello, en la actualidad, con frecuencia, se hace uso del sistema expuesto en el anexo 5 para abordar estas cuestiones, debido a su consistencia en la literatura y la aprobación de la comunidad.

IDEAS (2007) contribuye al panorama comentando que, el arroz asiático (*O. Sativa*), una vez cultivado en un 11% de la superficie mundial cultivable, produce más del 90% de la producción mundial total, con un 88% de los campos ubicados en Asia. En tanto, el arroz africano (*O. Glaberrima*), aunque importante en África, representa solo una pequeña parte de la producción mundial total, con África, América y algunos países de Europa del sur y sudeste compartiendo casi el 10%. Datos que, si bien fluctúan con el tiempo, ponen de relieve la importancia económica de ambas especies para el mundo entero.

9.1.1. El cultivo de arroz en Nicaragua

En Nicaragua, la tendencia mundial se ve reflejada en la elevada participación del cultivo con respecto al producto interno bruto agrícola anual, que, según FUNICA (como se cita en, Lanzas & Reñazco, 2016) ostenta un valor del 11% en un fragmento macro económico del PIB general que representa el 10% total, el PIB agropecuario.

ANAR (como se cito en Tellez & Rivera, 2015) fundamenta que su importancia, no solo es un efecto de su significativo aporte energético dentro de la canasta básica, sino que también se debe a que la actividad es capaz de generar 190.70 millones de dólares y 75 mil puestos de trabajos directos e indirectos de manera anual. Siendo esencial tanto para la dinamización económica, como para la generación de empleo y la seguridad alimentaria de la población.

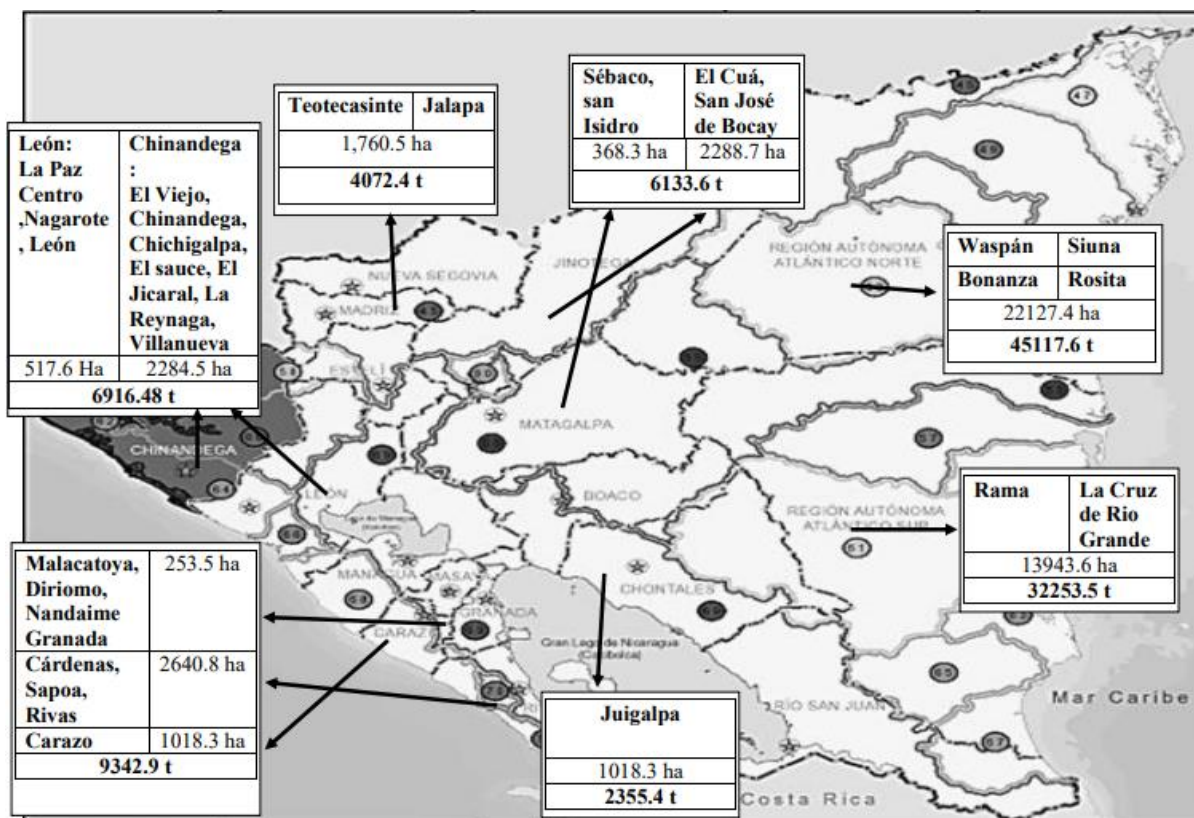
Por su parte, Tellez y Rivera, (2015) especifican que la producción nacional del cultivo descansa sobre dos modelos característicos que adoptan los involucrados en función de sus necesidades y sus recursos operativos inmediatos, siendo: el de riego, que suele ser utilizado por grandes productores en virtud de su elevado índice de rendimiento; y el secano, sistema natural de los pequeños y medianos fabricantes, que, si bien no es tan efectivo que el primero, no demanda su nivel de tecnología y de infraestructura.

Lanzas y Reñazco (2016) comentan que las principales zonas productoras son: Granada, Matagalpa y Managua, para el modelo de tipo riego; y RAAN, Rivas y Chinandega, para el modelo secano. Destinando los departamentos del primer tipo, un área geográfica semejante a 41,655.63; y los del segundo un área de 27,052.70 ha, en el transcurso del ciclo productivo del año 2012.

La investigación, a su vez, advierte que la información de la primera variante (el arroz cultivado a través del modelo de riego) es limitada, como consecuencia directa de que se encuentra en dominio total de los grandes productores; en tanto la segunda ofrece datos de mayor dominio público; lo que deriva, en la manifestación clara del espacio físico destinado para la producción y el volumen de producción del último sistema (según los departamentos involucrados), en contraste con el espacio físico y los rendimientos productivos nacional (sin fragmentar) que deja entrever el primer sistema.

Ilustración 1

Mapeo de los principales productores de arroz seco en Nicaragua



Nota: Adaptado de Análisis de la producción del cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en Nicaragua 2004-2014, 2016, Lanzas & Reñazco, (<https://repositorio.una.edu.ni/3438/1/tne701297.pdf>).

9.1.2. Valoración nutricional

Según Valero, Rodríguez, Ruiz, Avila, & Varela (2018), el arroz es rico en almidón, polisacárido que lo dota de las características culinarias por las cuales se le conoce; aunque la proporción de sus constituyentes es lo que determina la variabilidad manifiesta durante los análisis de calidad en las industrias: a mayor proporción de amilopectina, más viscosos y pegajosos estarán los granos entre sí. No obstante, también tiene un pequeño aporte de proteínas (7%) y cantidades significativas de niacina (o vitamina B₃) y vitamina B₆; aunque, en la práctica, con su refinamiento y pulido, se pierde hasta el 50% de su contenido total, a través del subproducto conocido como semolina.

Es por ello que, en los últimos años, tanto el arroz integral como el que se le ha aplicado el tratamiento de parbolización durante su proceso industrial, ha venido ganando popularidad entre sus consumidores, quienes buscan opciones más saludables en la medida de sus posibilidades.

Algunas investigaciones basadas en esta temática, añaden que existe un complejo panorama en el consumo de ambas variedades, puesto que, al contrario de la creencia tradicional, tienen el potencial para desarrollar patologías críticas en los individuos si su ingesta es significativamente elevada.

De esta forma, Menon et al. (2020), una investigación que llevaron a cabo algunos británicos para descubrir los niveles de arsénico en los diferentes tipos de arroz que se consumen en el Reino Unido, advierten que el arroz integral es el que presenta mayor contenido del elemento, como resultado de la conservación de su salvado, la capa más rica en nutrientes. En tanto, Golozar et al. (2017) comentan que, el arroz blanco (desprovisto de este material) presenta un índice glucémico alto, lo que descende en el aumento de la tasa de probabilidad de llegar a sufrir diabetes de tipo II.

Ambas premisas señalan que, si bien el peligro es latente y preocupante, se necesita primero un consumo inusual del producto durante un determinado espacio de tiempo para que, en principio, el proceso acumulativo de los tóxicos alcance el umbral de cambio capaz de desencadenar los problemas analizados, panoramas pocos usuales.

9.1.3. Angulo de reposo

Algunas investigaciones definen, en esencia, la conceptualización de los ángulos de reposos de distintos materiales a través del desarrollo de ejemplos prácticos que son aplicables a los diversos contextos sobre los cuales se encuentran involucrados, a fin de ofrecer una metodología que conduce a resultados de aprendizaje satisfactorio. Tal es el caso del siguiente estudio:

Cuando material granular es vertido lentamente sobre una superficie horizontal, este fluye formando un montículo en que la superficie libre va fallando intermitentemente hasta que el proceso se detiene y se forma una pendiente estable. Así, el ángulo de reposo corresponde al ángulo formado entre la superficie inclinada del montículo y la base. (Medina & Molina, 2023)

Bajo la premisa se deduce, por tanto, que su valor influye significativamente en el diseño de tolvas de recepción, puesto que la pendiente del material de soporte deberá de superar al mismo, en favor del flujo eficiente del producto a transformar. No obstante, dicha información se encuentra sujeta a condiciones internas y externas que son capaces de ofrecer cierta fluctuación indeseable en el proceso, como señala Acevedo, Murcia, Ortiz, & Rojas (2017) “dentro de las características que determinan el valor del ángulo de reposo obtenido, se observó que son la forma y las características de la superficie las que mayor influencia tienen” aunque también se suman a la lista la particularidad de cohesión del producto y la presencia de impurezas.

Por otra parte, según Medina & Molina (2023), su cálculo se puede efectuar con el uso de conocimientos básicos matemáticos semejantes a la evaluación de una tangente, es decir, su valor es visible si se conoce con exactitud el valor de la base y la altura del montículo, haciendo un proceso de despeje sencillo que conduzca al resultado buscado.

En este sentido, La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1993) define que el ángulo de reposo del arroz con cascarilla se encuentra dentro del rango de 24° a 26° con un coeficiente de frotamiento de 0.394 a 0.601. Datos que fueron respaldados por investigaciones científicas de otros autores, que, aunque antiguos, resultan prácticos dentro del campo.

Tabla 1*Angulo de reposo y de coeficiente de frotamiento de distintos materiales*

ANGULO DE TALUD NATURAL Y COEFICIENTE DE FROTAMIENTO EN LAS PAREDES		
MATERIA ENSILADA	ANGULOS DE TALUD NATURAL	COEFICIENTE DE FROTAMIENTO
Arroz	24° a 26°	0,394 a 0,601
Avena	26° a 28°	0,359 a 0,466
Cacahuete con cáscara	38°	-
Cacahuete sin cáscara	26° a 30°	-
Café comercial	24° a 26°	-
Cebada	25° a 29°	0,325 a 0,456
Guisantes	24° a 26°	0,268 a 0,445
Lino	23° a 26°	0,308 a 0,414
Maíz	26o a 29°	0,308 a 0,424
Malta	21° a 23°	0,325 a 0,445
Sorgo	33°	-
Trigo	24° a 26°	0,361 a 0,466
Harina	35° a 45°	0,577 a 0,840

Nota: Adoptado de La ingeniería en el desarrollo - Manejo y tratamiento de granos poscosecha, 1993, Food and Agriculture Organization of the United Nations, (<https://www.fao.org/in-action/inpho/publicaciones/detail/es/c/293/>).

9.2. Beneficio del cultivo del arroz

Este proceso tiene como materia prima el arroz cascara secado a 12% de humedad proveniente de las plantaciones. En esta etapa del arroz es tratado a cierta temperatura para regular el grado de humedad hasta llegar a 12%. Una vez recolectado y seco, el arroz cáscara experimenta durante el almacenamiento un proceso de maduración posterior que completa y perfecciona sus características organolépticas y cualitativas; el arroz almacenado, mediante el proceso de envejecimiento que se verifica, alcanza gradualmente una mayor uniformidad y equilibrio cualitativo. Agricultura (como se cito en Marin & Aguinaga, 2015)

Cuando hablamos del “beneficio del arroz “, nos referimos al conjunto de procesos que se lleva a cabo para transformar el arroz que se cosecha en el campo en el producto blanco que finalmente llega a nuestras mesas. Este paso es clave, ya que de él depende tanto la calidad del arroz como su valor comercial.

El arroz es uno de los cereales más importantes a nivel mundial, por lo tanto, su procedimiento debe llevarse a cabo bajo estándares técnicos rigurosos que aseguren su calidad física, química y microbiológica. El beneficio del arroz comprende varias etapas como la limpieza, descascarillados, pulido y clasificación, cada una de ellas con tecnología específicas que impactan directamente en la calidad del producto final.

9.2.1. Evaluación técnica del proceso productivo

El proceso de transformación del rubro del arroz, a rasgos generales, se encuentra constituido por 7 fases primordiales: recepción de materia prima, pre-limpieza, secado, descascarillado, pulido, clasificación y almacenamiento de producto terminado. No obstante, el valor tiende a aumentar en función de las necesidades de la empresa arrocera y sus metas productivas, llegando a manifestar panoramas en donde el total general asciende a 15, con variaciones en las operaciones de clasificación y estaciones en la evaluación de la calidad.

9.2.1.1.Recepción de materia prima

La recepción del grano se hace a granel o en bultos, en este momento el grano se denomina arroz Paddy verde; se pesa en la báscula electrónica de la empresa, se descarga el arroz en las tolvas de recibo y luego se repesa el camión descargado, para hacer el destare. En el momento del descargue, se realiza otro muestreo, para analizar que el producto es uniforme y homogéneo. Se toma una muestra representativa a la entrada, para determinar el porcentaje de humedad e impurezas, en relación con el peso del grano. La humedad se encuentra entre el 18% al 24% y las impurezas del 3% al 5%. El porcentaje de Yesado debe ser bajo para no superar el índice de segundos que es del 1%. (Campero, 2010)

De acuerdo a lo anterior citado, se toma una muestra de carga y se lleva al laboratorio de calidad. El cual determina si el grano cumple con las condiciones de calidad, humedad y que se encuentra libre de enfermedades y plagas para no contaminar el resto de cargamento.

Normalmente los trillos tienen un mini laboratorio en el área de carga-recepción donde efectúan los análisis, poseen máquinas a pequeña escala de todo el proceso de transformación del grano de arroz desde la descascaradora hasta el pulido.

9.2.1.2.Pre-limpieza

Remoción del material extraño como animales, paja, polvo, piedras, metal, vidrio y otros granos diferentes al arroz. Este proceso se realiza utilizando la diferencia de forma existente entre el grano de arroz y el material extraño, mediante un movimiento de zarandeo. Se requieren hasta tres procesos de limpieza para eliminar las impurezas. (Campero, 2010)

En este proceso consiste en eliminar impurezas antes del secado o almacenamiento, se utilizan zarandas, ventiladores para reducir el riesgo de contaminaciones

9.2.1.3.Secado

En este proceso se combinan dos tipos de secamiento: el estático y el dinámico. En el estático, el grano se transporta e introduce en albercas de cemento, en las que a través de túneles ubicados en la parte inferior se le inyecta aire caliente. En el dinámico, el grano se deja caer en torres y durante su caída, se inyecta aire caliente sobre la masa de arroz, con temperaturas controladas, se le retira al grano en cascará, la humedad que trae de campo inicial al recibo, en varios pasos escalonados, hasta dejarlo aproximadamente entre 13- 12.5% de humedad final. Esta humedad, facilita el trabajo de la molinería y el almacenamiento normales. (Campero, 2010)

Consiste en reducir el contenido de humedad del grano con un rango de 12-14% para evitar daños y asegurar una buena conservación, al igual suele usar un método tradicional, es útil para pequeños productores el secado en piletas se remueve constantemente para homogenizar donde el calor solar evapora la humedad del grano.

9.2.1.4.Descascarillado

Un sistema de rodillos de cauchos encontrados entre sí, giran a diferentes velocidades, lo que permite que se separe la cáscara del grano. En este momento el arroz se denomina arroz integral. Aprovechando una corriente de aire la cascarilla se retira y el 90% se comercializa y el 10% restante, se utiliza como combustible. (Campero, 2010)

Es el proceso donde se quita la cascara al arroz sin romper el grano, así se obtiene arroz integral que conserva el salvado y el germen, lo que lo hace más nutritivo.

9.2.1.5.Pulido

El arroz se somete a procesos de fricción, aire o agua en el que se elimina la capa superior y se obtiene el arroz blanco o pulido. (Campero, 2010)

Para eliminar la harina adherida a los granos tras el desbastado y para abrillantar la superficie de los mismos, se emplea una máquina pulidora. Consiste en un tambor de acero en cuya superficie hay fijadas unas fajas de cuero, las cuales rotan en un tambor cilíndrico con una serie de perforaciones.

Este proceso quita las capas externas del arroz integral, dejando el grano blanco y liso, se debe de tener bien equilibrada la máquina para estandarizar el tipo de color que se desea en el grano del arroz.

9.2.1.6. Clasificación

Se obtiene arroz quebrado de tamaño inferior a $\frac{1}{4}$ del grano denominado Granza el cual se ensaca y comercializa; también se obtiene pedazos de arroz blanco que su tamaño oscila entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ del grano entero denominado Cristal. El grano entero también es clasificado. (Campero, 2010)

Existen diversos granos ya que, se clasifican según su tamaño y el color para estandarizar el producto final separando los granos partidos y defectuosos, antes de empacar se controla una mezcla entre granos partidos y enteros para obtener el arroz de calidad comercial deseado.

Cada etapa debe ser monitoreada con parámetros técnicos específicos (tiempo, temperatura, humedad) para asegurar eficiencia y calidad.

9.2.1.7. Almacenamiento de producto terminado

El producto resultante del proceso de transformación es almacenado en los espacios físicos destinados y acondicionados para tal fin, procurando que se cumpla con los requerimientos legales dispuestos en reglamentos técnicos internacionales, tales como el RTCA 67.01.33:06, a fin de considerar la fase como efectiva y controlada. Es decir, a razón de conservar la calidad y reducir la probabilidad de afectar la inocuidad del producto durante el proceso, se garantiza que este cumpla con las siguientes demandas: no deberá de tener contacto directo con el suelo o fuentes de contaminación potenciales, en su lugar, deberán de estar dispuestos en pallets o hacer uso de otros mecanismos que los protejan; se deberá de hacer uso de empaques limpios y seguros, sin ningún tipo de desgaste físico; se deberá de promover el uso del sistema “primero en entrar, primero en salir” (PEPS) en las actividades operativas, a fin de disminuir la probabilidad de conservar lotes en bodega durante periodos innecesarios de tiempo; entre otras cuestiones.

9.2.2. Valoración de la calidad en el producto final

La calidad es el resultado de la acción de numerosos y variados factores; algunos están relacionados con las propiedades físico-químicas del grano tales como tamaño, forma, peso, pigmentación, dureza, temperatura de gelatinización, contenido de amilosa, etc., mientras que otros se refieren a la cosecha y su manejo, incluidas las labores de recolección, secado, transporte, procesamiento, almacenamiento, etc. (Martinez, Cuevas, & Medina, 1989).

Es fundamental considerar el criterio de calidad al evaluar el porcentaje de granos rotos y su clasificación, ya que estos pueden dividirse en granos quebrados, grandes, medianos o menudos. Esta clasificación influye directamente en el precio del producto, dado que determina su calidad industrial. En consecuencia, también afecta su aceptación y comercialización en el mercado.

En Nicaragua, la relación entre los granos enteros y granos quebrados es un factor clave para determinar la calidad del arroz y, por tanto, el precio que los consumidores están dispuestos a pagar. En el mercado nacional, las proporciones más comunes que se encuentran son 96-4, 80-20 y 70-30, reflejando distintos niveles de calidad y aceptación entre los compradores.

La calidad del grano es un aspecto fundamental al momento de comercializar el producto final, es decir, el arroz en oro. Cuando el grano presenta una baja calidad industrial o un alto porcentaje de granos quebrados, su valor en el mercado tiende a disminuir. Esto puede presentar una pérdida significativa en los ingresos para el productor arrocero.

Al momento de comercializar el arroz, es importante que el grano este limpio y libres de elementos extraños como: terrones, cascarillas, semillas de maleza o fragmentos de restos de cosechas. La presencia de estas impurezas no solo afecta la calidad del producto, sino que también perjudica al productor, quien incluso podría enfrentar sanciones si no cumple con los estándares de calidad exigido por el mercado.

Actualmente, las grandes empresas arroceras cuentan con tecnología avanzada que les permite clasificar el arroz de manera precisa para determinar su calidad y estandarizarla. De esta forma, logran obtener un producto final que se ajuste a la preferencia del consumidor, quien lo percibe como un arroz de calidad por que satisface sus expectativas y necesidades.

9.3.Diseño detallado de la tolva de recepción

El funcionamiento de las tolvas industriales emula, a gran escala, el funcionamiento de un embudo comercial, facilitando la alimentación del sistema con flujos de materias primas controladas por medio de su sometimiento a la compuerta inferior de dimensiones medidas. Además, el material puede permanecer almacenado hasta el momento en que sea necesario trasladarlo o modificarlo, funcionando como un modelo de almacenamiento temporal, únicamente evacuado cuando los mecanismos, automáticos o manuales, que facilitan u obstaculizan su paso en la compuerta inferior, son activados.

Investigaciones como las de Grupo Acura (2021) señalan que, para lograr el cumplimiento de estas funciones, el diseño de una tolva debe ser un proceso metódico y tomar en cuenta los siguientes aspectos:

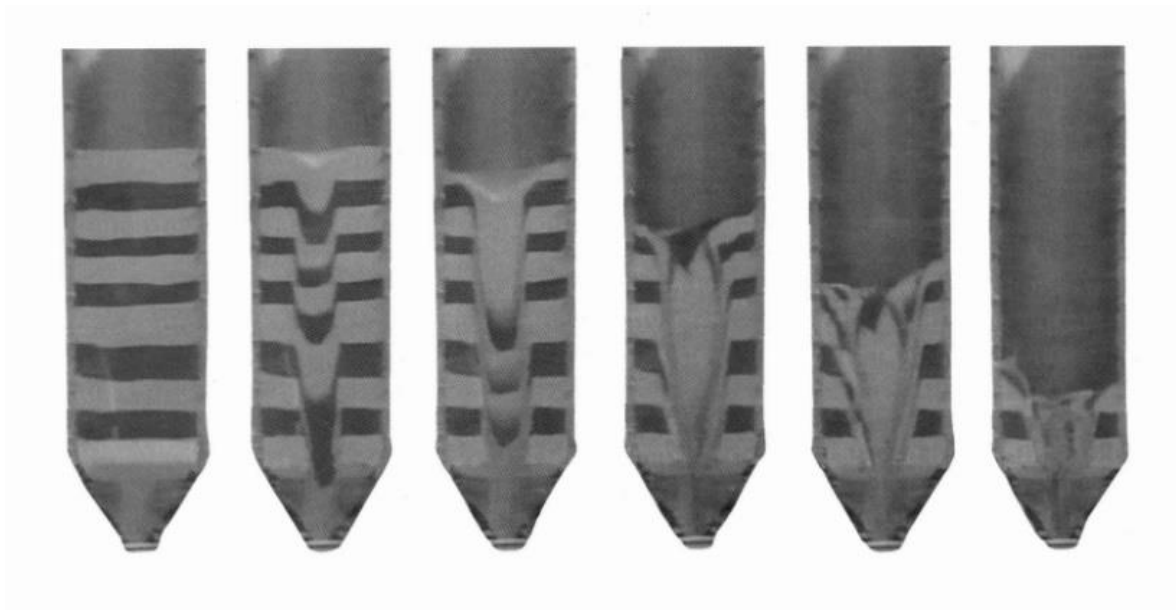
- La determinación de parámetros de importancia de los materiales a manipular, tales como su resistencia y sus propiedades de flujo, en condiciones poco favorables.
- La determinación de la geometría de la tolva en función de la capacidad de recepción estimada y la búsqueda de un flujo dotado de características aceptables.
- La correcta estimación de la carga ejercida sobre las paredes de la tolva y el alimentador en condiciones operativas.
- El diseño adecuado de la estructura del deposito

Su evaluación individual y sistemática, consecuentemente, deriva en proyecciones satisfactorias capaces de cumplir con las demandas subyacentes y optimizar el flujo de trabajo, lo que evita incurrir en gastos y/o complicaciones eventuales de diseños deficientes.

Amoros, Mallol, Sanchez, & Garcia (2000) señalan que, en relación con la fluidez del material durante el proceso de descarga, existe una variedad dual en la selección de la geometría de una tolva de almacenamiento, comprendida en: tolvas de flujo tubular, que se produce cuando fluye solo una porción del material (por lo común en un canal central), como se puede apreciar en la ilustración No. 2; y tolvas de flujo masico, que se manifiesta cuando todos los materiales en el recipiente se desplazan uniformemente, tal como se puede observar en la ilustración No. 3.

Ilustración 2

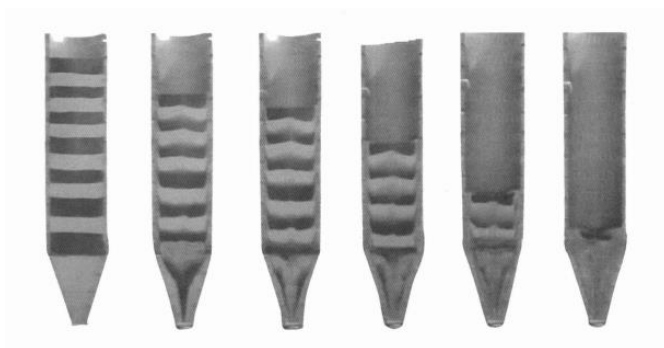
Tolvas de diseño de flujo tubular



Nota: Adoptado de Diseño de silos y tolvas para el almacenamiento de materiales pulverulentos. Problemas asociados a la operación de descarga, 2000, Amoros et. al., (<https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0013041s.pdf>).

Ilustración 3

Tolvas de diseño de flujo masico



Nota: Adoptado de Diseño de silos y tolvas para el almacenamiento de materiales pulverulentos. Problemas asociados a la operación de descarga, 2000, Amoros et. al., (<https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0013041s.pdf>).

No obstante, HIDALGOAZNAR (2022) advierte que existe un tercer modelo en disposición, que no es más que la suma de ambos conceptos y la esencia misma de sus características singulares, conocido como tolvas compuestas. El diseño ostenta de una parte inferior a modo de flujo en masa, mientras la superior se construye con una chimenea central, lo que busca el aumento de la capacidad de almacenamiento sin la necesidad de renunciar a un flujo de salida uniforme.

Investigaciones como las de Perry, Green, & Maloney (2001) se limitan a la adopción del panorama clásico, señalando que las principales características de las tolvas de flujo de embudo y masa expresan que el flujo de masa es, con mucho, superior al flujo de embudo, sin embargo, la fabricación de una tolva de flujo de masa es también más costosa que la fabricación de una tolva de flujo de embudo.

Tabla 2

Características principales inherentes a los modelos existentes de tolvas.

Tolvas de flujo de masa	Tolvas de flujo de embudo
1. Las partículas se segregan, pero se reúnen en la descarga	1. Las partículas se segregan y permanecen segregadas
2. Los polvos se desairean y no fluyen cuando se descarga el sistema	2. La primera porción que entra es la última en salir.
3. El flujo es uniforme	3. Pueden permanecer productos en puntos muertos, hasta que se realiza la limpieza completa del sistema.
4. La densidad del flujo es constante	4. Los productos tienden a formar puentes o arcos y, luego, a que se formen agujeros de rata durante la descarga.
5. Los indicadores de nivel funcionan adecuadamente	5. El flujo es errático
6. No quedan productos en zonas muertas, donde pudieran degradarse	6. La densidad puede variar

-
- | | |
|--|---|
| 7. Se puede diseñar la tolva para tener un almacenamiento no segregado o para funcionar como mezcladora. | 7. Los indicadores de nivel se deben situar en puntos clave, para que puedan funcionar adecuadamente. |
| | 8. Las tolvas funcionan bien con solidos de partículas grandes y flujo libre. |
-

Nota: Adoptado de Manual del ingeniero químico, 2001, Perry et al., (<https://es.scribd.com/document/513177965/Manual-Del-Ingeniero-Quimico-TOMO2>).

9.3.1. Criterios de diseño

Las consideraciones generales a tomar en cuenta durante el desarrollo del diseño de una tolva de recepción en cualquiera de los procesos de transformación de los diferentes rubros comerciales, son los siguientes:

- **Características del material:** refiere a la evaluación de las propiedades físicas naturales del material que será sometido al sistema. Sus resultados condicionan los valores sobre los que el diseño se desarrolla, a fin de construir flujos continuos y procesos eficientes.
- **Geometría de la tolva, ángulo de inclinación y ancho de boca:** estima la información correspondiente al factor de flujo de la materia prima (analizando los esfuerzos cortantes y los valores de compactación), información basada en el ángulo de inclinación ideal para la tolva y las dimensiones de la abertura que facilita u obstaculiza el flujo del material al final de la estructura.
- **Cargas aplicadas en la tolva:** Valora la presión constante a la que la tolva se encuentra sujeta durante la evolución del proceso.
- **Espesor de plancha:** Determina, en función de la información obtenida en el inciso anterior y un factor de seguridad determinado, el grosor de las planchas de la tolva que garanticen que la misma no sufrirá modificaciones durante la operación, tendrá una vida útil longeva y no representara un peligro para la integridad del producto y/o personal del área.

9.3.1.1. Características del material

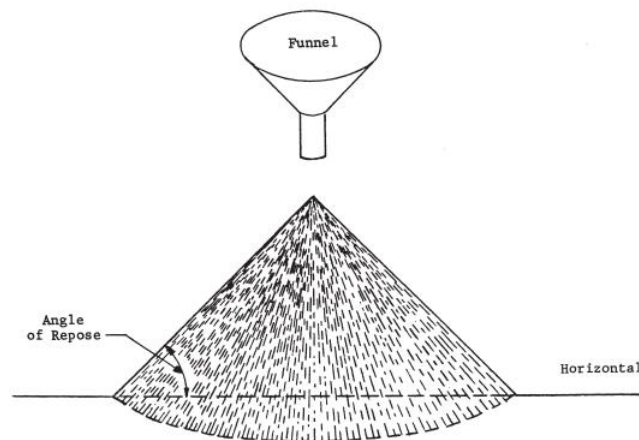
Entre las principales propiedades de la materia prima a considerar para la estructuración efectiva del diseño de la tolva de recepción, tenemos lo siguiente:

9.3.1.1.1. Angulo de reposo

Rodas & Rouse (2010) determina que el ángulo de reposo es el “ángulo máximo con que un montículo de suelo se mantiene estable sin que se produzca una falla por deslizamiento”. Es decir, refiere a la inclinación natural del material (independientemente de su naturaleza) cuando se deposita sin perturbaciones. La información permite definir la pendiente mínima que deben tener las paredes de la tolva para evitar la adherencia del material y lograr que fluya por gravedad de forma continua; aunque, en la práctica, el ángulo resultante dependerá de muchos factores como la forma de la partícula, su densidad, su tamaño, su porcentaje de humedad y la cohesión existente.

Ilustración 4

Angulo de reposo general de diversos tipos de materiales.



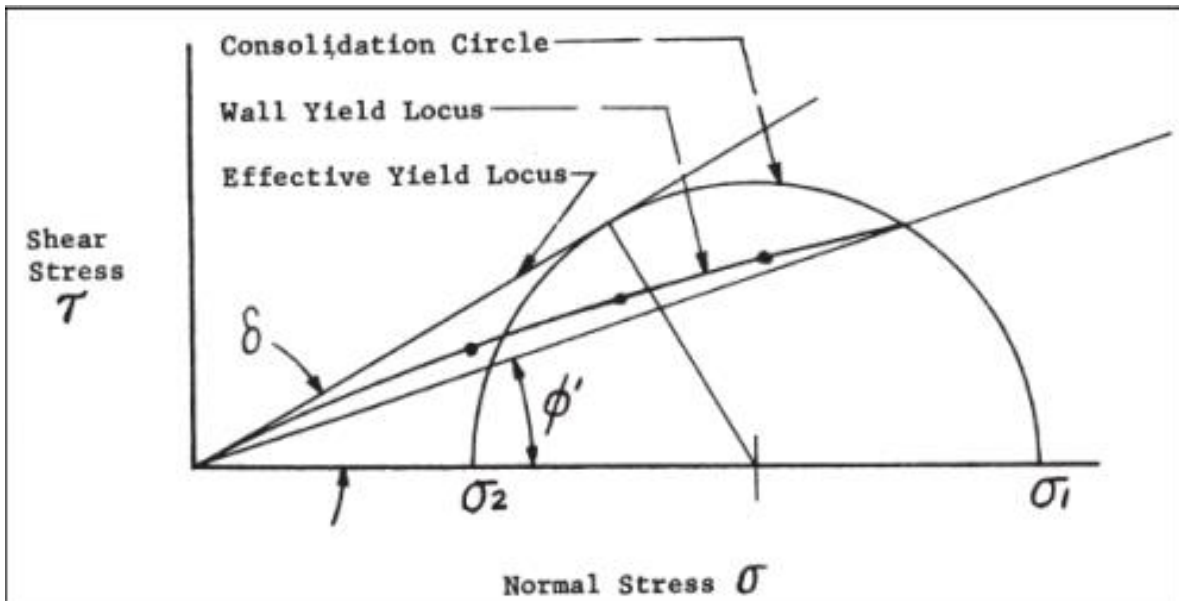
Nota: Adoptado de Cema engineering conference bulk handling section, 2019, Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA), (<https://cemanet.org/wp-content/uploads/2019/06/EC-2019-Bulk-Handling-Section-Meeting-Agenda-set.pdf>).

9.3.1.1.2. Angulo de fricción externa

Según Zuloaga (s.f.), el ángulo de fricción externa es “el ángulo de resistencia al deslizamiento entre el suelo y una superficie de contacto, como una estructura de cimentación o una superficie de apoyo”. Es decir, alude a la inclinación necesaria del material de soporte para que el objeto de estudio (la materia prima sometida al proceso de transformación) se desplace sobre si misma; cuestión que depende tanto de las características del producto como de la rugosidad y la textura de la superficie de contacto.

Ilustración 5

Angulo de fricción externa de los materiales



Nota: Adoptado de Cema engineering conference bulk handling section, 2019, CEMA, (<https://cemanet.org/wp-content/uploads/2019/06/EC-2019-Bulk-Handling-Section-Meeting-Agenda-set.pdf>).

La tangente de este ángulo es el coeficiente de fricción del material a granel sobre la superficie del material probado. O, lo que es lo mismo:

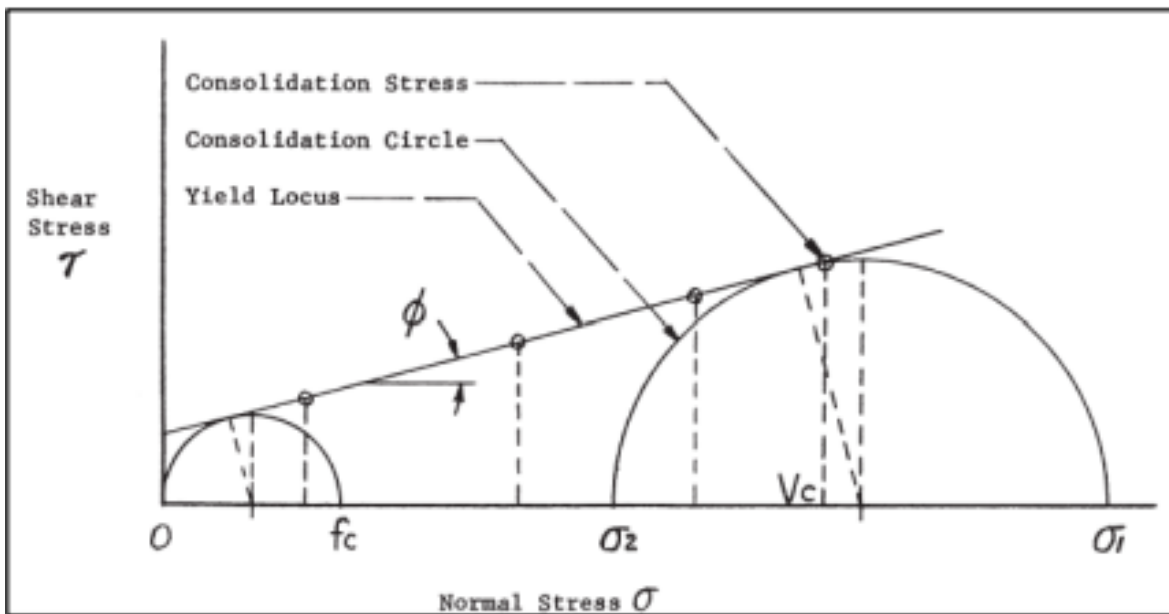
$$\delta_w = \tan(\mu_w)$$

9.3.1.1.3. Ángulo de fricción interna

Según Zuloaga (s.f.), el ángulo de fricción interna es “el ángulo de resistencia al deslizamiento entre las partículas de un suelo o material granular. Representa la resistencia al corte interno del material y está relacionado con la fricción entre las partículas”.

Ilustración 6

Ángulo de fricción interna de los materiales



Nota: Adoptado de Cema engineering conference bulk handling section, 2019, CEMA, (<https://cemanet.org/wp-content/uploads/2019/06/EC-2019-Bulk-Handling-Section-Meeting-Agenda-set.pdf>).

La tangente de este ángulo es el coeficiente de fricción interna o fricción del material sobre si mismo. O, lo que es lo mismo:

$$\delta_w = \tan(\mu_w)$$

9.3.1.2. Parámetros de geometría de la tolva

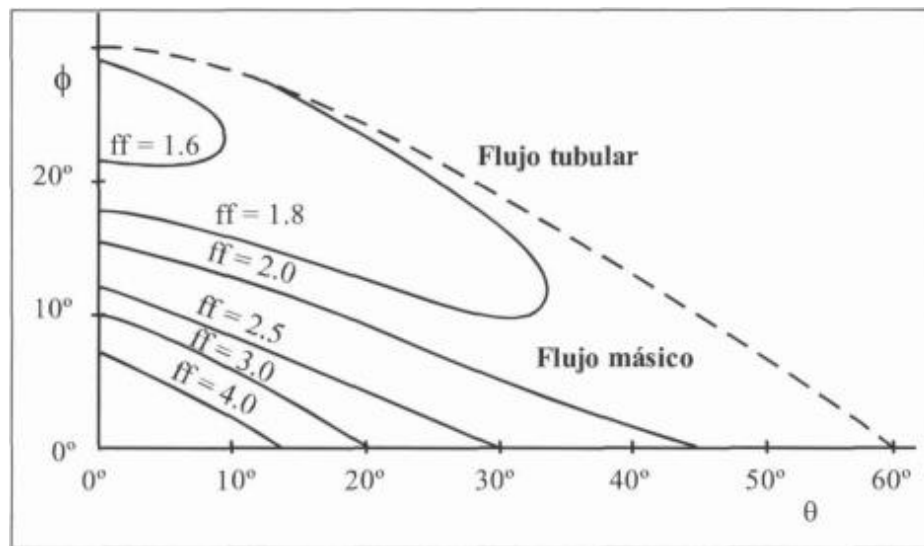
9.3.1.2.1. Factor de flujo:

Vera (2020) señala que el término hace referencia a la relación constante entre los esfuerzos cortantes y los esfuerzos compactadores, entendiendo por esfuerzos cortantes a los elementos que promueven la movilización del material sobre la superficie de contacto, y por esfuerzos compactadores, a aquellos que hacen que el material tienda a compactarse y no fluir. Es decir, alude a la correlación existente entre los factores que influyen sobre la fluidez del producto.

Mientras tanto, Amoros et al. (2000) explica que “el cálculo del factor de flujo (ff) supone la resolución de las ecuaciones diferenciales representativas de las tensiones que aparecen en los silos durante la descarga”. Dichas soluciones han sido publicadas en investigaciones desarrolladas por Jenike, para silos de diferente geometría, en forma de gráficos denominados gráficos de factores de flujo.

Ilustración 7

Gráfico de Jenike para un silo cilíndrico y para un ángulo de fricción interna



Nota: Adoptado de Diseño de silos y tolvas para el almacenamiento de materiales pulverulentos. Problemas asociados a la operación de descarga, 2000, Amoros et. al., (<https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0013041s.pdf>).

9.3.1.2.2. Atascamiento

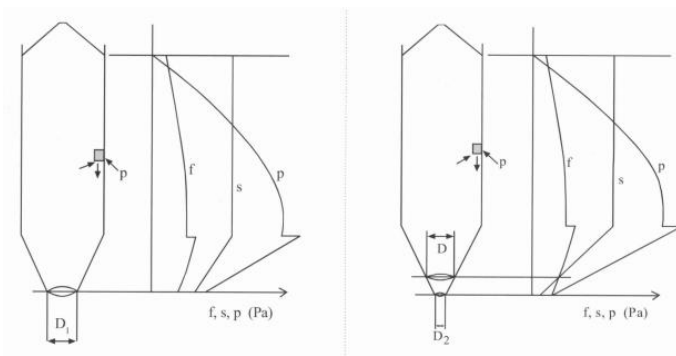
“Este fenómeno ocurre en tolvas de tipo flujo masico cuando las partículas son grandes en relación a la salida y las fuerzas de cohesión actúan creando un arco o puente en la descarga” (Vera, 2020), que obstruye el flujo efectivo del material, provoca retrasos e impacta negativamente en la eficiencia y efectividad del proceso de transformación.

Amoros et al. (2000) ilustran el panorama por medio del análisis de un caso genérico, que considera al producto como un elemento pulverulento, y, por tanto, con las propiedades físicas que los caracterizan. Los autores limitan las causas del fenómeno a dos factores primordiales: la formación de bóvedas, inherentes a los materiales con características de alta cohesión, y al taponado por formación de estructuras, cuando las partículas son lo suficientemente grandes.

La solución para evadir las interrupciones del flujo por el ultimo mecanismo es el diseño adecuado de la boca de salida con relación a las dimensiones de la materia prima; mientras tanto, el cálculo del diámetro que evita las interrupciones provocadas por el primer mecanismo, es más laborioso, y se formula en base a la teoría desarrollada por Jenike.

Ilustración 8

Distribución de la presión (p), de la resistencia mecánica a la cizalla (f) y de la tensión de cizalla (s) en el interior de un silo.



Nota: Adoptado de Diseño de silos y tolvas para el almacenamiento de materiales pulverulentos. Problemas asociados a la operación de descarga, 2000, Amoros et al. , (<https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0013041s.pdf>).

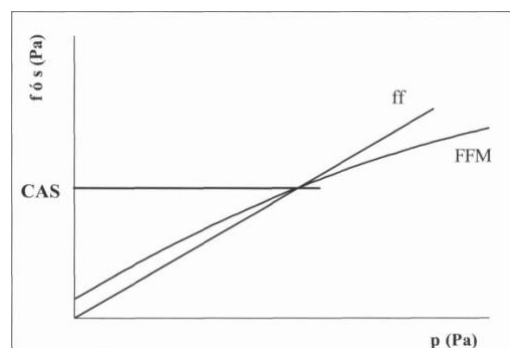
La investigación evalúa la ilustración No. 7 detallando que, en función de la posición en la que se considere el material, los valores de presión (p), resistencia mecánica a la cizalla (f) y tensión máxima de cizalla (s), variarían, reduciéndose a la medida en la que el flujo se acerca más a la tolva de descargue. No obstante, la reducción del diámetro de la boca de salida provoca la reducción abrupta de la tensión máxima de cizalla con respecto a la resistencia mecánica a la cizalla, derivando en la presencia de obstrucciones al flujo. La información les permitió conjeturar lo siguiente “el valor del diámetro de salida, D , que corresponde al punto de corte de las líneas f y s es el diámetro mínimo para el cual no se forman bóvedas” (Amoros et al., 2000).

9.3.1.2.3. Cálculo de la longitud mínimo de la boca de salida

Conforme a la ilustración No. 8 existe un punto de corte de ambas representaciones que cumplen la condición de flujo $s=f$, siendo representadas a nivel gráfico por medio de la unificación de la función de flujo de material (FFM) y la inversa del factor de flujo del sistema, ilustración No. 9. Amoros et al. (2000) comenta que este punto de tensión “se le denomina Tensión Crítica (CAS) y su valor se utiliza para calcular el tamaño mínimo del orificio de salida del silo”

Ilustración 9

Identificación de la tensión crítica CAS en el sistema



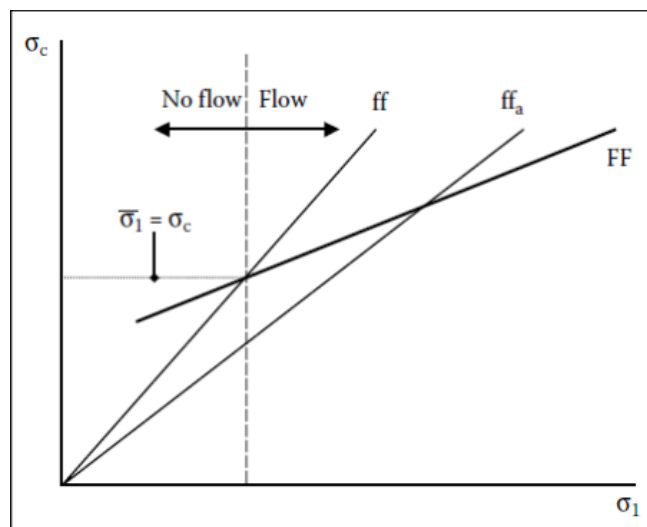
Nota: Adoptado de Diseño de silos y tolvas para el almacenamiento de materiales pulverulentos. Problemas asociados a la operación de descarga, 2000, Amoros et al., (<https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0013041s.pdf>).

9.3.1.2.4. Esfuerzo máximo:

En suma, lo anterior demuestra que, para que exista un flujo los esfuerzos cortantes deben de ser mayor a los esfuerzos de compactación. O lo que es lo mismo, la resistencia mecánica a la cizalla debe de ser menor a la tensión máxima a la cizalla. Ver ilustración No. 10.

Ilustración 10

Grafica de esfuerzos cortantes vs esfuerzos de compactación



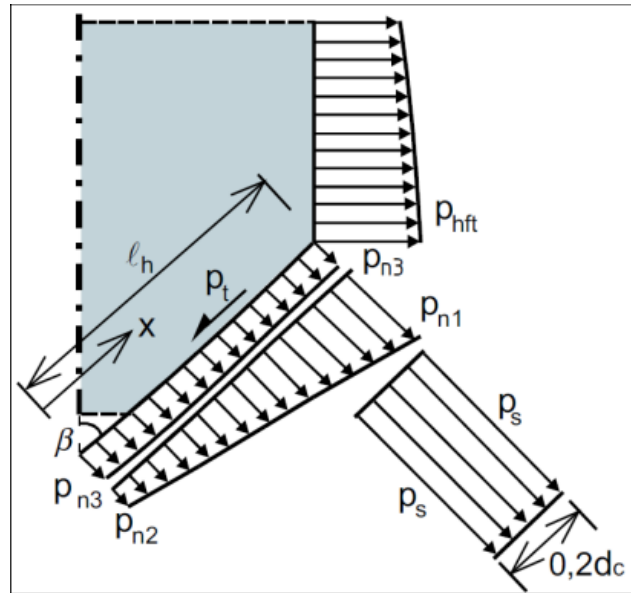
Nota: Adaptado de Food powders physical properties, processing, and functionality, 2005, Barbosa, Ortega, Juliano, & Yan, (https://www.academia.edu/25362415/FOOD_POWDERS_Physical_Properties_Processing_and_Functionality).

9.3.1.3.Cargas aplicadas en la tolva

Refiere a las cargas individuales que soporta la estructura de la tolva que es utilizada durante el proceso de recepción. A continuación, se enlistan las ecuaciones a utilizar para obtener en secuencia las presiones aplicadas en una tolva. Ver imagen 11.

Ilustración 11

Presiones aplicadas en una tolva



Nota: Adaptado de Eurocode 1 - Actions on structures - Part 4: Silos and tanks, 2006, Comité European de Normalisation (CEN), (<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1991.4.2006.pdf>).

9.3.1.3.1. Formulario de presiones aplicadas

Presiones aplicadas a la estructura de la tolva

Tensión vertical

Donde, γ es el peso específico del material y z_v es la profundidad de la tolva

$$P_{vf} = \gamma z_v$$

Tensión vertical media

Donde, C_b indica el coeficiente de mayoración de cargas

$$P_{vft} = C_b P_{vf}$$

Rozamiento movilizado

Donde β es el ángulo de inclinación de la tolva

$$\mu_{\text{heff}} = \frac{(1-K)}{2 \tan \beta}$$

Coefficiente de presiones de llenado

Donde, b es el coeficiente empírico para las presiones en tolvas.

$$F_f = 1 - \left\{ \frac{b}{1 + \frac{\tan \beta}{\mu_{\text{heff}}}} \right\}$$

Potencia en el coeficiente de presiones

Donde S es el coeficiente de geometría de tolvas

$$n = S(1 - b) \mu_{\text{heff}} \cot \beta$$

Tensión vertical en solido almacenado

Donde, h_h es la altura de la tolva, x es la coordenada vertical en la tolva con origen en el vértice de la pirámide

$$P_v = \frac{\gamma^* h_h}{n - 1} \left\{ \left(\frac{x}{h_h} \right) - \left(\frac{x}{h_h} \right)^n \right\} + P_{vft} \left(\frac{x}{h_h} \right)^n$$

9.3.1.4. Espesor de la plancha de la tolva

“Utilizando la presión obtenida anteriormente, el valor de esfuerzo de fluencia y la distancia mayor de la pirámide aplicando un factor de seguridad requerido obtenemos el espesor de plancha de la tolva” (Vera, 2020)

$$t = \frac{F_s^* P_n}{\sigma_f^* 100} \frac{d}{2}$$

9.4. Estudio de tiempo

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y en la que se analizan los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. (Nieto, 2011)

En muchas empresas del sector agroindustrial, especialmente en aquellas que buscan mejorar continuamente sus procesos, una de las herramientas más empleadas por los departamentos de ingeniería o capacitación para evaluar la eficiencia del trabajo es el estudio de tiempo con cronómetro. Esta técnica, aunque tradicional, sigue siendo una de las más confiable y accesible para analizar de manera directa como se realiza una tarea y cuánto tiempo toma realmente llevarla a cabo.

El objetivo principal del estudio de tiempo es identificar oportunidades de mejora, reducir tiempos improductivos y establecer estándares que permite planificar de forma más precisa la operación. Al utilizar un cronómetro, se registran los tiempos reales que un trabajador necesita para completar una actividad específica, considerando factores como pausas, ritmo de trabajo y condiciones del entorno.

En el caso particular del proceso de recepción y abastecimiento del grano, medir el tiempo con cronómetro permite visualizar con claridad cuanto demora cada camión en la descarga de la materia prima y si existe tiempo de holgura que pudiese evadirse, puesto que es clave para tomar decisiones que impacten positivamente en la productividad y fluidez del proceso.

9.4.1. Equipo requerido para el análisis de un estudio de tiempos

- ✓ Cronómetro.
- ✓ Formato del estudio del tiempo (hojas de observaciones).
- ✓ Tablero de observaciones.
- ✓ Equipos Auxiliares (tacómetro, vernier, metro, etc.)

9.4.2. El tiempo estándar

Es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, utilizando método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, desarrollando una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga. El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación. (Meyers, 2000)

Es una forma de calcular cuánto debería tardar una persona, con experiencia y trabajando a un ritmo normal, en hacer una tarea determinada. No solo considera el tiempo directo que toma hacer el trabajo, sino que también pausas necesarias, como ir al baño, descansar un poco o enfrentar demoras que no se puede evitar. Es útil para organizar mejor el trabajo, repartir bien las tareas y asegurarse de que todo funcione con eficiencia sin exigir de más a las personas.

9.4.2.1.Importancia de los estándares de tiempo

Una operación que no sigue los estándares funciona por lo regular al 60 % del tiempo, en tanto que aquella que trabaja con estándares funciona alcanza un rendimiento de 85 %. Este incremento en la productividad equivale a aproximadamente 42 %. En una pequeña planta de 100 personas, esta mejora representa 42 personas menos o alrededor de un millón de dólares al año en ahorros. El estándar de tiempo no solo es muy importante, sino que también es extremadamente redituable en cuanto a costos. (Meyers, 2000)

9.4.2.2.Calcular el tiempo estándar

Según Meyers (2000) el tiempo estándar se determina sumando el tiempo asignado a todos los elementos comprendidos en el estudio de los tiempos. Los tiempos elementales o asignados se evalúan multiplicando el tiempo elemental medio transcurrido, por un factor de conversión.

De acuerdo a lo citado, el tiempo estándar se obtiene sumando los tiempos asignados a cada parte de una tarea. Estos tiempos se calculan multiplicando el promedio de tiempo real que toma cada paso por un factor que ajusta el ritmo de trabajo, para representar condiciones normales, lo que permite planificar la producción y mejorar la eficiencia, ya que constituye una herramienta clave para cuidar tanto la productividad como al trabajador.

9.4.3. Productividad

La productividad, también conocida como eficiencia es genéricamente entendida como la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos (Meyers, 2000).

La productividad es la relación entre los resultados obtenidos y los recursos o el tiempo utilizados para lograrlos. Es una forma de ver si estamos haciendo las cosas de la manera más eficiente posible, para aprovechar mejor lo que tenemos y lograr más en menos tiempo o con menos costos.

X. Marco legal

El marco legal de un proyecto se define como “el conjunto de leyes, normativas, reglamentos y directrices que un país, estado o región establece para regular las actividades económicas, financieras y comerciales. Incluye: leyes fiscales y tributarias, leyes ambientales, normas laborales, regulaciones sectoriales específicas, reglas de financiamiento” (Nevares, 2024)

En este sentido, previo al desarrollo de la propuesta, se realizó una investigación exhaustiva sobre regulaciones legales vigentes que velan por temas vinculados al desarrollo infraestructural de las empresas agroindustriales, y se segregó la información en estratos característicos que se diseñaron en función de una perspectiva escalonada, es decir, en estratos que se orientan desde lo general, hasta lo específico; o, desde lo internacional, a lo nacional. El resultado de ello es lo siguiente:

10.1. Regulaciones internacionales

10.1.1. Principios para la inversión responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios

Si bien, la naturaleza de este tipo de trabajos los convierte en herramientas voluntarias y no vinculantes, la investigación en curso se relaciona directamente con su contenido, y se manifiesta como un marco de acción de interés por sus implicancias subyacentes, puesto que establecen, entre otros aspectos, que toda inversión en infraestructura agroindustrial debe contribuir al desarrollo sostenible, la seguridad alimentaria y la mejora de condiciones de los actores involucrados en la cadena productiva.

10.1.2. Eurocode EN 1991-4

El Eurocode proporciona criterios técnicos armonizados para el dimensionamiento estructural de silos y tolvas y para la consideración de acciones y condiciones de servicio. En esta investigación, en donde se propone diseñar y evaluar la factibilidad de una nueva tolva de recepción, el Eurocode sirve como marco de referencia para garantizar seguridad estructural, durabilidad y cumplimiento frente a solicitaciones permanentes de carga de grano, ambientales y sísmicas.

10.2. Regulaciones Nacionales

10.2.1. Decreto ejecutivo No. 237: ley reguladora de la actividad de diseño y construcción en Nicaragua

Se vincula directamente con la investigación al establecer el marco normativo que rige la planificación, diseño y ejecución de obras civiles e industriales en el país. En el contexto de la propuesta de mejora, este decreto garantiza que la infraestructura proyectada cumpla con criterios técnicos de seguridad estructural, calidad de materiales y procedimientos constructivos autorizados. De esta manera, la investigación no solo se fundamenta en la necesidad operativa de incrementar la eficiencia el sistema de recepción de materia prima, sino también en la obligación legal de que toda obra agroindustrial se ejecute bajo estándares regulados, asegurando su viabilidad técnica, su sostenibilidad y su conformidad con las disposiciones nacionales.

10.2.2. Ley No. 217

la ley No. 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, es el marco jurídico nacional que regula la protección, conservación y uso racional del ambiente en Nicaragua, y, por tanto, se aplica directamente a proyectos de obra civil e instalaciones industriales, como la construcción y operación de la tolva de recepción en Samuel Mansell S.A.

No obstante, la relación intrínseca de ambos, se construye a partir de las siguientes disposiciones legales, manifiestas en su estructura interna:

- a) Las entidades naturales o jurídicas están sujetas a adoptar medidas para prevenir la contaminación del aire, agua y suelo, durante la construcción y la operación, lo que incluye control de polvo, control de efluentes de pasivación y manejo de residuos peligrosos generados.
- b) La ley establece las responsabilidades sobre la gestión ambiental que suelen traducirse en la necesidad de presentar un estudio de impacto ambiental, o instrumentos equivalentes, y permisos municipales/sectoriales, según la magnitud del proyecto la normativa complementaria vigente

- c) La ley prevé competencias administrativas y sanciones si el titular del proyecto no cumple con obligaciones de prevención, control o remediación ambiental.
- d) La norma exige mecanismos de vigilancia y control (monitoreo de emisiones y efluentes), registros y la adopción de medidas correctivas en caso de exceder los indicadores de calidad ambiental aplicables

10.2.3. NTON 05-027-05

La NTON 05-027-05 es la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense que regula los sistemas de tratamiento de aguas residuales y su reusó. En este sentido, la ley aplica y orienta a los aspectos del proyecto relacionados con el manejo de aguas de limpieza, pasivación y cualquier efluente líquido generado durante la construcción, montaje y operación de la tolva

Desde este punto de vista, los ámbitos concretos del proyecto donde la NTON es aplicable son los siguientes:

- a) Diseño de sistemas de tratamiento de aguas de lavado y pasivación generados por la limpieza de la tolva y por los baños de pasivación post-soldadura
- b) Dimensionamiento de decantadores, tanques de neutralización y unidades de tratamiento previas a disposición final
- c) Límites y parámetros de vertido, criterios de calidad para reusó (si se pretende reutilizar aguas para limpieza u otros usos dentro de la planta).

10.2.4. Decreto ejecutivo 47-2005

El decreto ejecutivo establece principios y lineamientos para la gestión integral de residuos sólidos que deben incorporar proyectos de obra en instalaciones industriales, como el desarrollado en Samuel Mansell. En cuanto a sus obligaciones prácticas, tenemos que:

- a) Implementar segregación en origen, señalizando contenedores específicos para residuos inorgánicos, metales, plásticos, residuos peligrosos y EPP contaminado.

- b) Priorizar la valoración, al separar y disponer metal para reciclaje, gestionar liners dañados según su naturaleza, evaluar reuso de aguas o materiales cuando corresponda y este permitido.
- c) Garantizar un sistema de trazabilidad, en donde se lleve un registro sobre tratamientos, salidas y destinatarios para auditorias y cumplimiento.
- d) Formar al personal en segregación, manejo seguro y procedimientos de emergencia para derrames o fugas

XI. Diseño metodológico

11.1. Tipo de diseño mixto

11.1.1. Enfoque

Hernandez, Fernandez, y Baptista (2014) Definen al enfoque mixto como un proceso que recolecta; analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, o en una serie de investigaciones, para responder a un planteamiento del problema. Asimismo, el enfoque mixto puede utilizar ambas tipologías de forma simultánea con el objetivo de responder distintas preguntas de investigación formuladas.

En este sentido, el estudio posee un enfoque mixto, ya que, durante su primera etapa, para describir el proceso de producción y realizar el diagnostico situacional, se necesitó del uso de herramientas cualitativas, en busca de información verídica y confiable. No obstante, para valorar la optimización y construir un modelo de propuesta funcional, se necesitaron de la aplicación de metodologías cuantitativas eficientes y oportunas; construyendo una dependencia mixta. Además, este tipo de enfoque es aquel que permite una mejor triangulación de los datos y una perspectiva más amplia al investigador.

11.2. Paradigma

La comunicación científica requiere que la información que se difunda sea rigurosa y concreta, para ello, se recurre a los paradigmas, para interpretar un fenómeno desde la concepción filosófica, es decir, para responder a un problema desde los aspectos ontológicos, epistemológicos y metodológicos con la finalidad de lograr una aproximación al conocimiento del fenómeno de estudio (Fernandez & Vela, 2021)

Considerando eso, y asimilando la clasificación vigente aplicada a las investigaciones sociales desarrolladas desde la óptica científica, el estudio se cataloga como de tipo teórico crítico, puesto que pretende inducir a la transformación del módulo central de interés involucrando la participación del sujeto investigador, a través del conocimiento o saberes compilados previamente, con la colaboración de los sujetos interrelacionados con el fenómeno evaluado. Para ello, el proceso atraviesa tres fases fundamentales: la observación, el pensamiento y el actuar; siendo el primero para delimitar el problema y recolectar la información pertinente; el segundo para analizar e interpretar los datos, y el tercero para la resolución del problema mediante la propuesta de mejora.

11.3. Tipo de investigación

Palencia (s.f.) advierte que actualmente no existe un consenso global entre los investigadores sobre la tipología de los trabajos de investigación desarrollados, debido a que con frecuencia el sistema se ajusta a las opiniones o criterios personales de los involucrados, construyendo, en suma, un complejo panorama caracterizado por la manifestación de un sin número de diseños investigativos. No obstante, el subconjunto propuesto por Zorilla (citado por Grajales, 2000) y Sanguineti (citado por Grajales, 2000) integra una clasificación particular que comprende la naturaleza misma del trabajo en curso, identificando a este tipo de investigaciones como “investigación aplicada”.

Hernandez, Fernandez, y Baptista (2014) definen a las investigaciones de tipo aplicadas como aquellas que utilizan la información creada por investigaciones de tipo básica para resolver problemas que acometen a la sociedad contemporánea, a través de un proceso sistemático, organizado y meticuloso, que genera resultados satisfactorios.

Por otra parte, la clasificación correspondiente al tipo de alcance de las evaluaciones científicas, encasilla a la investigación como explicativa, en función del acceso al conocimiento correspondiente y de la perspectiva, basada en la descripción de las causas que generan el problema, que formulan los autores. Siendo que Hernandez, Fernandez, y Baptista (2014) define a los estudios explicativos como elementos que “van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales”

11.4. Población y muestra

11.4.1. Población en estudio

“Una población es el conjunto de todos los casos que concuerden con una serie de especificaciones” (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014); es decir, refieren a los individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado. Su definición resulta sustancialmente importante para la evolución de la investigación, puesto que limita a dichos elementos a volúmenes asimilables para la evaluación metodológica.

Sobre la investigación en curso, la población de estudio la conforman todos los trabajadores del área de almacén, relacionados con la recepción de la materia prima, de la empresa agroindustrial Samuel Mansell S.A. Dicho grupo está constituido por 6 operarios: 1 jefe de almacén y secado mecánico, 1 responsable de secado mecánico, 2 analistas de almacén y 2 operadores de almacén.

11.4.2. Muestra

Según Hernandez, Fernandez, y Baptista (2014) “la muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”

No obstante, para el caso de la investigación, y por cuestiones prácticas, la muestra será el 100% de la población identificada (muestreo censal), es decir, el jefe de almacén y secado mecánico, el responsable de secado mecánico y los operarios correspondientes. A razón de que la naturaleza de la misma información que se espera generar necesita la consideración integral de todos los actores claves, y estos, al ser concebidos en el seno de una población relativamente comedita, es posible considerarla en su totalidad, puesto que resulta ser finita y accesible.

11.4.3. Criterios de inclusión para la muestra

- Ser trabajador formal de Samuel Mansell S.A.
- Pertenecer al departamento de: almacén y secado mecánico.
- Operario con más de 1 año de formación.
- Participar en las labores de recepción de materia prima.
- Tener experiencia en las operaciones correspondientes a esta actividad

11.5. Variables de la investigación

Las variables de la investigación en curso son: capacidad de trabajo de la tolva de recepción y tiempo invertido en el transcurso de la operación, que son evaluadas en la operacionalización de variables ubicado en el anexo No.1.

11.6. Técnicas e instrumentos de recolección de información

11.6.1. Entrevistas

Las entrevistas, dirigidas al jefe del departamento y al responsable del área de secado mecánico, son de tipo estructurada, y contienen un número determinado de incisos específicos que pretenden recopilar la información particular y técnica tanto del diagnóstico situacional, como de las percepciones de los actores sobre la propuesta de mejora estimada; es decir, las entrevistas se encuentran conformadas sobre dos grupos de orden superior que responden a objetivos específicos de la investigación, siendo, en este sentido: el correspondiente al diagnóstico situacional (estrato de 11 unidades interrogativas para el jefe de departamento, y 8 unidades para el responsable de secado mecánico) y el correspondiente a la estimación del cambio propuesto (estrato de 12 unidades).

Finalmente, el tiempo necesario para su evolución in situ, no supero, colectivamente, el umbral de las 3 horas establecido como límite, ante la influencia de los factores externos que influyen en la investigación.

11.6.2. Encuestas

“El objetivo que se persigue con el cuestionario es traducir variables empíricas, sobre las que se desea información, en preguntas concretas capaces de suscitar respuestas fiables, validas y susceptibles de ser cuantificadas” (Casas, Repullo, & Donado, 2003). Por lo tanto, se utilizó este instrumento técnico durante la evolución de esta investigación para la recolección de información sustancialmente vital al cambio propuesto, considerando la adopción de la siguiente configuración: implementación de un modelo cerrado, aplicado virtualmente y con un alcance global para aquellos colaboradores que, de una u otra manera, son partícipes de la dinámica productiva en cuestión (la población de estudio descrita).

La meta versa en la necesidad de compilar datos de valor que preparen los cimientos del estudio orientado a la resolución del déficit estructural, manifiesto durante el diagnóstico situacional corporativo. Se prioriza un análisis de su factibilidad y el impacto teórico que tendrá en las operaciones, desde perspectivas múltiples con enfoques profesionales y pragmáticos, para garantizar resultados satisfactorios que contribuyan al reconocimiento del proyecto.

Como resultado, se obtuvo la creación de una serie de incisos (10 elementos) que velan por dichos aspectos y que se estima su aplicación durara poco más de 15 minutos, independientemente de la formación académica que distingue a cada encuestado, y que, por lo tanto, los reviste de mayor o menor nivel de complejidad perceptible, tal como se puede ver en el anexo No. 5.

11.6.3. Observación directa

Se diseño y desarrollo una guía de observación flexible que permite a los investigadores recopilar los datos necesarios para analizar, íntegramente, los elementos que influyen en la eficiencia del proceso de recepción y los resultados generados por el mismo. Sin embargo, la información fue fragmentada en dos subniveles que encasillan la naturaleza del conjunto de sus constituyentes, teniendo que: existe una sección que representa los aspectos físicos a observar de la tolva de recepción y se limita a 8 incisos, en tanto se construyó otra en donde se evalúan los aspectos de tiempo y que se limita a 3 incisos. La aplicación de ambos casos, se efectuó mediante las practicas desarrolladas en la empresa y el departamento en cuestión (ver anexo No.4).

11.7. Confiabilidad y validez de los instrumentos

En este estudio, la validez y la confiabilidad de los instrumentos (cuestionario para el personal operativo, guía de entrevista para responsables y protocolo de cronometraje de descargas) se aseguraron mediante un proceso sistemático que combinó revisión por actores clave y prueba piloto en campo.

Inicialmente se definió la validez como la capacidad de cada instrumento para medir con precisión los constructos de interés (tiempos de descarga, condiciones operativas y percepciones del personal) y la confiabilidad como la estabilidad y consistencia de las mediciones en condiciones similares. Con base en estas definiciones se elaboraron versiones preliminares de los instrumentos que fueron sometidas a revisión directa por el tutor académico del trabajo y por personal técnico y operativo de Samuel Mansell S.A. (responsable de almacén, operador de secado y personal de recepción), quienes evaluaron ítem por ítem la claridad, pertinencia técnica, completitud y adecuación al contexto operativo, aportando observaciones que se incorporaron en una segunda versión.

Para cuantificar la validez de contenido se calculó un índice de concordancia por ítem, entendido como la proporción de revisores que consideraron el ítem adecuado; se estableció como criterio de aceptación un valor mínimo de 0.78 y los ítems por debajo de ese umbral fueron reformulados o eliminados. Posteriormente se aplicó una prueba piloto en condiciones reales con una muestra representativa de la muestra proyectada y con un conjunto de eventos de descarga (mínimo 20–30 descargas) que incluyeron los tipos de transporte y estados de humedad más frecuentes. El piloto tuvo como objetivos detectar ambigüedades, verificar la factibilidad del protocolo de cronometraje y estimar tiempos de aplicación; a partir de sus resultados se estandarizaron definiciones operativas (por ejemplo, inicio y fin de la descarga, qué se considera una interrupción o espera), se simplificaron redacciones y se incorporaron campos obligatorios para variables críticas.

En campo se implementaron ciertos controles de calidad: supervisión directa de las primeras jornadas de recolección por parte del equipo investigador y del responsable de almacén, doble registro aleatorio de descargas en al menos el 10 % de los eventos para verificar concordancia y revisión semanal de formularios para detectar vacíos o patrones de error.

11.8. Técnicas, instrumentos y procedimiento para el procesamiento y análisis de la información

Se aplicará un flujo de trabajo que sea capaz de transformar los datos compilados por los instrumentos de recolección correspondientes (entrevistas, encuesta y una guía de observación) en evidencias cuantitativas y cualitativas integradas. El objetivo es generar: a) diagnóstico de capacidad de recepción y cuellos de botella; b) estimación de tiempo estándar y mejora potencial y c) validación técnica del diseño propuesto para el producto.

Sin embargo, es importante señalar que, previo a ello, es necesario llevar a cabo ciertas operaciones que faciliten los procesos de interpretación posteriores, eliminando y/o organizando cualquier elemento que, de ser otra forma, obstruya el camino del investigador; por lo cual tenemos el siguiente proceso:

- **Digitalización y almacenamiento:** la encuesta será exportada al formato CSV, para su posterior procesamiento; en tanto las entrevistas y la guía de observación se van a transcribir en los formatos digitales correspondientes. A su vez, se poseerá una carpeta con control de versiones, como medida preventiva de riesgos asociados al desarrollo.
- **Limpeza de datos cuantitativos:** se van a remover rangos duplicados, si la situación lo amerita, y comprobar la integridad de la información.
- **Preparación de datos cualitativos:** se debe de segmentar transcripciones por pregunta; asignar identificadores anónimos, y preparar el archivo de codificación.

11.8.1. Encuestas

Los resultados obtenidos tras su implementación deberán de, primero, ser codificados sobre un sistema lógico que facilite su organización y sintetización; para, posteriormente, ser analizados según las disposiciones y la naturaleza de los mismos datos compilados.

La codificación de su resultado se logra a través del uso del método tradicional que (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014) describen a continuación:

1. Observar la frecuencia con la que aparece cada respuesta en las preguntas que aceptan intervenciones no estructuradas.

2. Elegir las respuestas que se presentan con mayor frecuencia (patrones generales de respuesta).
3. Clasificar las respuestas elegidas en temas, aspectos o rubros, de acuerdo con un criterio lógico, cuidando que sean mutuamente excluyentes.
4. Darle un nombre o título a cada tema, aspecto o rubro (patrón general de respuesta)
5. Asignarle el código a cada patrón general de respuesta.

Siendo, en retrospectiva, un proceso necesario para la organización y análisis de datos que, de ser otra forma, se encontrarían dispersos, imposibilitando su evaluación final y la toma de decisiones informada.

11.8.2. Entrevistas

Para el procesamiento de las entrevistas, se transcribieron sus resultados al formato .docx; luego se codificó las respuestas por preguntas, para poder agrupar los códigos en categorías mayores y cuantificar su ocurrencia con el objetivo de identificar temas predominantes. Finalmente, se seleccionaron citas representativas por categoría para ilustrar hallazgos y contrastar dichas tendencias con los resultados del estudio de tiempos y las observaciones in situ, así como los asuntos teóricos del proyecto.

11.8.3. Guía de observación

Para el procesamiento de la información recolectada con la guía de observación directa se seguirá el siguiente procedimiento: se consolidará en una sola hoja de cálculo los registros de campo con columnas mínimas (fecha, hora de inicio, hora final, descripción breve, etc) y se le asignará a cada evento los códigos correspondientes. Se incorporará medidas cuantitativas asociadas (tiempo de espera, tiempo de descarga, interrupciones en minutos) calculadas automáticamente a partir de las marcas temporales y se validarán rangos plausibles (hora final > hora inicio; tiempos no negativos) marcando y documentando cualquier registro inconsistente, para, finalmente, generar resultados.

11.9. Criterios de calidad

La selección de los criterios sirve para garantizar que la recolección, el procesamiento y el análisis de la información produzcan resultados válidos, confiables, replicables y útiles para evaluar la factibilidad de la propuesta sobre el contexto considerado, por lo cual, en base a fuentes de información como (Bachelor Print, 2025) & (Osorio & Rojas, 2017), tenemos lo siguiente:

- a. **Credibilidad:** la credibilidad refiere a la confianza y fiabilidad que los protagonistas o la comunidad científica depositan en los resultados de un estudio. Es decir, se evalúa si los hallazgos son considerados como verdaderos o precisos por los participantes del estudio y por otros expertos.
- b. **Neutralidad:** con ella se establece la garantía de que los descubrimientos no estuvieron soslayados por motivaciones, perspectivas e intereses de los investigadores, sino por aspectos más objetivos y prácticos. En este sentido, algunas investigaciones señalan que la neutralidad también obedece a la etapa de reflexión del investigador.
- c. **Fiabilidad:** la fiabilidad refiere a la consistencia y estabilidad de una medición. Un instrumento es fiable únicamente si produce resultados similares de forma repetida cuando se aplica en las mismas condiciones. Esto significa que la medición no varía aleatoriamente y se puede confiar en ella, ya que refleja la ausencia de errores aleatorios.
- d. **Validez:** es el grado en que un instrumento de medición refleja con precisión la realidad, lo que significa que los resultados son confiables y están libres de errores sistemáticos. Es decir, se trata de la capacidad de un instrumento para medir lo que pretende medir.

Los criterios de calidad seleccionados para la investigación en curso, responden a las necesidades emergentes de las preguntas de investigación, basadas, en esencia, en aspectos de diagnóstico, de búsqueda de soluciones y la definición del impacto de una propuesta integral estructurada minuciosamente según los datos y la realidad analizada; siendo a su vez, el objetivo final que se pretende alcanzar. Es decir, resultan ser oportunos sobre el contexto en el que fueron concebidos, puesto que determinan el cómo se generará y será tratada la información de interés.

XII. Análisis y discusión de resultados

Luego de diseñar las herramientas para la recolección de la información, aplicarlas y sintetizar los datos a través de los programas digitales pertinentes, se analizan y debaten los resultados obtenidos, a fin de descubrir patrones y/o identificar los factores que influyen, directa o indirectamente, en el problema considerado, logrando producir una radiografía situacional de valor, para, posteriormente, determinar la factibilidad y la conveniencia de la propuesta desarrollada, a través de las intervenciones de cada uno de los actores claves de interés.

No obstante, para presentar estos resultados, producto del análisis realizado, se segrega la información en los grupos correspondientes a los indicadores generados en el seno de la operacionalización de las variables primarias, dando, de este modo, respuestas a las interrogantes planteadas, y obteniendo lo siguiente:

12.1. Modelos de flujo

El entrevistado comenta que la construcción de la tolva de recepción vigente, exigió el desarrollo minucioso de una investigación en torno a su diseño y la evolución de todos los elementos que lo constituyen, es decir, su modelo de flujo, su ángulo de descarga (según el ángulo de reposo de la materia prima), su sistema de pase y los materiales de construcción. La intensión se basaba en el desarrollo de una tolva capaz de satisfacer las demandas internas de movilización, destinándole la menor cantidad de recursos financieros posibles; lo que, consecuentemente, no socavaba la intención de garantizar un buen nivel de calidad en el resultado obtenido.

No obstante, pese a cumplir con gran parte de estas exigencias, lo cierto es que, la metodología condujo a la adopción de un modelo de flujo (tubular) que, si bien no manifestaba grandes problemas, no era, en principio, la meta final. Tal como sucede con la propuesta en curso, que, debido a la influencia de restricciones físicas en el interior de sus instalaciones, el proyecto, se ve en la obligación de generar un resultado semejante.

Sin embargo, la ventaja de los flujos tubulares es que las paredes de la tolva tienen un menor desgaste, puesto que existe un rozamiento mínimo durante el proceso de descarga y, por lo

tanto, la presión que deben de soportar es mucho menor, contribuyendo al aumento del tiempo de vida útil de la infraestructura, en detrimento superficial de la eficiencia de la operación.

Por otra parte, los efectos inmediatos de la implementación de este tipo de programas, derivan, según lo previsto, en la optimización del tiempo invertido en la operación, la reducción de la estadía de los medios de transporte externos y la disminución del riesgo de contaminación cruzada, aspectos que, incrementan la confianza de productores y mejoran la relación entre la empresa y ellos, estableciendo acuerdos contractuales mutuamente beneficiosos.

12.2. Arquetipo geométrico de la tolva de recepción

La aplicación de la guía sistemática de observación, facilitó la identificación de la geometría de la tolva de recepción y de los volúmenes de material retenidos posterior a la evacuación del producto, teniendo que: el arquetipo geométrico se catalogaba como una tolva de tipo piramidal con abertura cuadrada, que se caracteriza por evitar las obstrucciones y aglomeraciones que pudiesen formarse en ciertas operaciones cuando las condiciones lo ameritan; y la adopción de sistemas de transporte adecuados. Así, según las evaluaciones, el material retenido manifestó volúmenes bajos, que, en suma, no poseen ningún impacto negativo en la eficiencia operativa.

La entrevista, a su vez, nos facilitó una serie de recomendaciones, por el dirigente del departamento, que pudiesen adoptarse durante el desarrollo de la propuesta de cambio, de los cuales podemos mencionar: se necesita realizar estudios técnicos previos (como ensayos de ángulos de reposo, factores de flujo o la adopción de uno u otro tipo de geometría), aplicar un diseño masivo, integrar la tolva a un sistema de programación y trazabilidad digital, y presupuestar mantenimiento preventivo desde la puesta en marcha, para obtener un diseño robusto, técnicamente seguro y eficiente.

12.3. Dimensiones de la abertura

El entrevistado señala que la longitud de la boca de salida supera la longitud mínima del sistema establecido sobre las condiciones operantes, garantizando que la tensión máxima de la cizalla sea superior a la resistencia mecánica a la cizalla y, que, por lo tanto, no exista la formación de bóvedas que obstruyan el paso o que generen estancamientos de granzas de arroz. Aunque, en términos numéricos, el valor que se le atribuye es de, aproximadamente, 40 centímetros.

Por su parte, la guía sistemática de observación, en conjunto con las bases teóricas establecidas por fuentes científicas verídicas, como el caso de la FAO, permiten conocer que la elección del diseño cuadrangular, corresponde con la elección estratégica del sistema de transporte horizontal, conocido como “transporte de paletas”, construyendo un sistema global armonioso que aprovecha la capacidad instalada de cada uno de sus constituyentes.

Según el encuestado y las fuentes de información disponibles, la razón de esta particular asociación estriba sobre el principio de que la interfaz entre la tolva y el transportador debe de garantizar un flujo de material uniforme, controlado e ininterrumpido, evitando problemas como la formación de arcos o la segregación del material. En este aspecto, el diseño de la tolva y el sistema de alimentación/evacuación deben de tratarse como un sistema integrado que sea capaz de trabajar de forma armoniosa, determinando ambos las características del otro.

12.4. Modelos de válvulas

En base al diagnóstico, el entrevistado comenta que el mecanismo de pase del producto de la tolva vigente es una guillotina de tipo manual que suelen cerrar únicamente cuando el requerimiento de material ha sido sustentado con la granza que está siendo recepcionada (dosificación manual). Y si bien, la operación no experimenta condiciones desfavorables en el trayecto, lo cierto es que la decisión se alza como un componente conflictivo sobre aspectos específicos, como: la dosificación exacta de materia prima para el departamento de producción, la incidencia del operario ante ambientes peligrosos (presencia de grandes cantidades de polvo) y el aumento sustancial de tiempo para la alimentación de las maquinas, al supeditarse a la velocidad del colaborador que tendrá que bajar manualmente a liberar el pase.

A pesar de ello, señalan que el modelo ha resistido fervientemente al deterioro del trabajo, y su concepto minimalista facilita, en gran medida, las actividades periódicas de mantenimiento, permitiendo a la empresa incurrir en una inversión financiera mínima. No obstante, considerando el desarrollo de un proyecto nuevo que busca ofrecer una solución integral a los problemas evaluados, el entrevistado sugiere la adopción de una válvula rotativa que sea capaz de accionarse de forma remota y que tenga diseños que faciliten su limpieza y mantenimiento.

12.5. Pendiente del material de soporte

Según lo recopilado en la entrevista, la pendiente de evacuación de la tolva vigente es de 45 grados, valor que supera el ángulo aproximado de reposo del arroz con cascara que, definido por la FAO y expuesto en la sección de análisis de las propiedades de la materia prima, se ubica entre el rango de los 24-26 grados.

Consecuentemente, la adopción de dicha pendiente condiciona la eficacia de la operación y la distribución de la carga ejercida sobre toda la estructura involucrada, manifestando presiones uniformes en la superficie de contacto que disminuyen el riesgo de deformaciones o daños causados por cargas focalizadas, lo que, aunado con las prácticas de mantenimiento y el material de construcción, aumentan el tiempo de vida útil de la tolva, como se mencionó anteriormente.

12.6. Eficiencia del vaciado

La guía de observación, permitió descubrir que el ángulo de inclinación favorece a la eficiencia del vaciado de la tolva, puesto que su valor supera notablemente el valor del ángulo de reposo de la materia prima. No obstante, es importante aclarar que el proceso se encuentra sujeto a ciertos matices de importancia, con lo que, en suma, se puede deducir lo siguiente: el flujo efectivo de la materia prima dependerá tanto de la condición física que ostenta durante el periodo en el que es descargado sobre la tolva de recepción, manifestando valores fluctuantes entre granzas con porcentajes de humedades menores o mayores al 13%; como de la capacidad de trabajo del área a la cual se encamina, teniendo un volumen mayor en los silos de retención temporal y/o trillo, y menor en los silos que alimentan a secado mecánico. Ver tabla No.3

Tabla 3

Flujo de trabajo del producto según su condición física y el destino al cual se encaminan

Flujo efectivo de materia prima en la tolva de recepción	
Granza seca	Granza húmeda
14 qq/min	12 qq/min

Nota: tabla elaborada por los autores a través de las herramientas gratuitas del software Microsoft Word

12.7. Tiempo promedio de los medios de transporte

Actualmente, la observación y evaluación cronométrica de la evacuación de los medios de transporte que visitan la planta de procesamiento, permitió determinar el tiempo promedio estimado que se dedica a la operación en función del tipo de transporte analizado, teniendo, de este modo, lo siguiente:

Tabla 4

Tiempo de descarga promedio de los medios de transporte más utilizados en la recepción

Nivel de humedad	Medio de transporte	Evaluación cronométrica (min)					Tiempo promedio (min)	Observaciones
		1	2	3	4	5		
G. Seca	Chompipa	4:39	5:10	5:20	4:50	5:06	5:01	Sobre el supuesto de que en el proceso no influye ningún tipo de retraso
G. Húmeda	Rastra	27:58	25:59	26:20	26:10	27:49	26:39	Tiempo estimado que incluye la operación adicional de apaleo

Nota: tabla elaborada por los autores a través de las herramientas gratuitas del software Microsoft Word.

Con el resultado se infiere que, pese a no ser un proceso totalmente eficiente, el tiempo destinado a la recepción del material se encuentra dentro del rango controlable y aceptable de la industria sobre las condiciones de infraestructura a la que se encuentra sujeta; en tanto las interrupciones de factores externos e internos no se manifiesten durante el trayecto y estimulen el incremento del mismo.

Si bien, el proyecto planea duplicar la capacidad de recepción de materia prima optimizando la operación a través de su desarrollo dual, lo cierto es que, con la adopción de nuevos procedimientos y herramientas, como la válvula automática, se reducirá el tiempo promedio de evacuación de producto de todos los medios de transporte; tal como perciben los actores de interés que participaron en la encuesta.

12.8. Tiempo promedio de esperas

Entre las actividades que corresponden al departamento de almacén, y con la infraestructura vigente, se incluyen la distribución y/o recepción de la materia prima en sus diferentes estados físicos. Pero, ante cuestiones de inocuidad y el resguardo de la calidad del producto, se suma, a las operaciones efectuadas con la tolva de recepción, el tiempo necesario para la evacuación completa de la granza de arroz cada vez que se trabaja con materiales de niveles de humedad muy variables. Teniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 5

Tiempo promedio de cambios de granzas en función de su nivel de humedad

Descripción	Evaluación cronométrica					Tiempo promedio (min)	Observaciones
	(min)						
	1	2	3	4	5		
Cambio de granza (de húmeda a seca)	7:10	7:40	8:10	7:35	8:50	7:53	Se considera el final de la evacuación del medio de transporte como el inicio del cambio de granza

Nota: tabla elaborada por los autores a través de las herramientas gratuitas del software Microsoft Word.

Eso, sumado a la incidencia de otros factores externos que influyen en la duración de una unidad operativa y, por lo tanto, incrementan el tiempo de espera de los otros medios de transporte, componen el panorama de aquellos asuntos que deberán de resolver para mejorar los procesos. No obstante, las expectativas del entrevistado que ejerce de jefe de almacén, advierten que con el proyecto se espera una reducción importante de la descarga, a rangos que van de los 15-30 min, debido, en parte, a la reducción de la intervención manual.

12.9. Minutos detenidos por interrupciones

El conjunto de imprevistos que acometen al departamento durante las actividades de recepción y/o distribución del material son: apagones de energía, problemas mecánicos, retrasos por bascula, cambios de granzas y variaciones en las ubicaciones, factores que se encuentran sujetos a fluctuaciones significativas en su frecuencia de incidencia, puesto que no se alzan con periodos estables de tiempo. No obstante, pese a poseer dicha característica evolutiva, lo cierto es que, su impacto en la eficiencia global del sistema es sustancialmente notable, por lo que se desarrolla una evaluación metodológica para estimar, parcialmente, el incremento de tiempo que arrastra consigo mismo, ante los casos que ofrezcan las condiciones para hacerlo, con lo cual tenemos lo siguiente:

Tabla 6

Duración de imprevistos presentes durante la recepción y/o distribución de materia prima

Descripción	Incremento de tiempo estimado (min)	Observaciones
Apagones de energía	-	La frecuencia de incidencia depende de los servicios ofrecidos por la entidad eléctrica, y su duración se somete a las condiciones físicas de la red de distribución y/o la capacidad de abastecimiento de la misma organización.
Problemas mecánicos	20-30	Mantenimiento correctivo de los elevadores de cangilones y los tractores
Retrasos por bascula	10-15	-
Cambios de granzas	7:53	-
Variaciones en las ubicaciones	10-15	Problemas de logística

Nota: Tabla elaborada por los autores a través de las herramientas gratuitas del software Microsoft Word.

Se estima que la propuesta pueda trascender en algunos de estos factores, tras la implementación del cambio no solo en infraestructura, sino también del desarrollo de elementos procedimentales contruidos en función del aumento en la eficiencia de la operación, al facilitar medios de limpieza, utilizar protocolos de mantenimiento preventivo, etc.

12.10. Numero de paradas no planificadas

Con los datos recopilados a través de la guía de observación y la información extraída de las entrevistas efectuadas, se desarrolla la tabla No.7, en donde se evalúa el tiempo necesario para llevar a cabo la operación de recepción de materia prima, con la influencia de sus diferentes factores, si la tolva se encontrara en su máxima capacidad teórica de retención (600 qq).

Tabla 7

Evaluación del tiempo para la evacuación completa de la tolva de recepción

Descripción	Tiempo efectivo (min)	Apagones de energía	Problemas mecánicos	Imprevistos			Tiempo neto	Observación
				Retrasos por bascula	Cambios de granza	Variación de ubicación		
G. Húmeda	50:00	-	20-30	10-15	7:53	10-15	1:37:53 - 1:57:53	Considerando que los imprevistos
G. Seca	42:52	-	20-30	10-15	7:53	10-15	1:30:45 - 1:50:45	suceden de forma simultanea

Nota: tabla elaborada por los autores a través de las herramientas gratuitas del software Microsoft Word.

El valor neto expresado en su columna correspondiente funciona únicamente como un valor de referencia para descubrir el impacto que tienen los imprevistos sobre la eficiencia operativa del departamento; puesto que, bajo un contexto real, las variables experimentan cierto comportamiento errático que conduce a la manifestación de múltiples inconvenientes o, en caso extremo, a ninguno de los mismos, cumpliendo con el tiempo efectivo estimado en la columna 2.

La implementación de a nueva tolva de recepción, complementada con los equipos y procedimientos propuestos, mitigara de forma significativa las paradas no planificadas que hoy afectan la operación. Técnicamente, la geometría y la boca de salida dimensionada eliminan las condiciones que favorecen la formación de puentes y puntos muertos, reduciendo la frecuencia de atascos. La incorporación de una válvula rotativa, tal como sugirió el jefe del departamento, permite dosificación controlada y asilamientos rápidos durante cambios de lote, disminuyendo las intervenciones manuales y el tiempo promedio por cambio de granza. Pero, los cortes de suministro eléctrico no se verán reducidos por la tolva propuesta; su mitigación exige inversiones específicas en respaldo eléctrico, aspectos ajenos a la propuesta base.

Dicho de otra forma, la aplicación del proyecto, por si solo, no posee gran impacto en estos factores de interés, sino los sistemas complementarios de esta, garantizando que, la operación se efectúa de forma más eficiente, aumentando la competitividad global de la corporación.

12.11. Evaluaciones complementarias

La evaluación de los elementos complementarios a los indicadores visibles de la operacionalización de variables, permite profundizar en aspectos sustancialmente importantes que no se originan en el seno del marco orientador, y que, por lo tanto, no se rigen únicamente por su perspectiva; sino que abordan la cuestión en función de un punto de vista integral, considerando componentes que pasan normalmente por desapercibidos, pero que, inherentemente, poseen un impacto significativo para la evolución del proyecto.

En este sentido, los estratos a considerar fueron los siguientes: capacidad de almacenamiento del nuevo producto, materiales recomendados, criterios de sostenibilidad, estimaciones del impacto en la productividad, preocupaciones particulares y nivel de confianza de la inversión. Su análisis elucido las siguientes conclusiones

- La nueva tolva de recepción deberá de tener, por lo mínimo, una capacidad de 600 qq netos, considerando que la huella física disponible es apenas de 25 m².

- Los materiales apropiados para garantizar resistencia, durabilidad y facilitar procesos de limpieza son: acero inoxidable AISI 304 para las superficies internas en contacto con el grano, o acero al carbono con recubrimiento y pasivación donde sea económico.
- Los criterios de sostenibilidad que deben aplicarse en el proceso de diseño deberán de ser los relacionados con la eficiencia energética, materiales reciclables y resistentes y sistemas de manejo de efluentes de limpieza.

Aunque, resulta igual de importante señalar que estos primeros incisos corresponden a las consideraciones técnicas de un individuo con gran experiencia profesional, pero que, en todo caso, no representa al conjunto de actores que se relacionan intensamente con las operaciones correspondiente a la recepción de MP, por lo que, se realiza una distinción en sus evaluaciones particulares, obteniendo que para el conjunto de personas se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se estima, en su mayoría, que el impacto en la productividad que conlleva la construcción de una tolva de 600 qq posee un incremento moderado (entre 41 al 59 por ciento), condicionando su aplicación con los sistemas adicionales (válvulas, reestructuraciones logísticas, etc)
- Las preocupaciones particulares se centran en la durabilidad de los materiales, el costo de la inversión y la facilidad de mantenimiento. Por lo tanto, convergen con los ejes orientadores del proyecto
- El nivel de confianza de la inversión es alto, y, por lo tanto, las condiciones favorecen su adopción.

12.12. Desarrollo de la propuesta de mejora

12.12.1. Materia prima y su procedencia

A continuación, se detallan las materias primas y consumibles necesarios para la evolución del proyecto, señalando, a su vez, los proveedores de cada uno de los elementos citados, con lo cual tenemos:

Tabla 8

Sintetización de los materiales necesarios para la construcción de la tolva de recepción

Categoría	Componente	Descripción	Proveedor
Acero estructural	Láminas de acero inox. AISI 304 o AISI 316	Con espesores típicos de 4-6 mm para paredes y 8-12 mm en zonas de alta abrasión.	SINSA
	Perfiles y vigas	Perfiles tipo C, U o tubos cuadrados para bastidores y vigas IPE/HEB para refuerzos principales	
Consumibles de soldadura	Electrodos inoxidables para SMAW	Tipo E308-16 o E316-16	Ferromax Nicaragua
	Varilla de aportación TIG	ER308L/ER316L según grado de base	
	Hilo de aportación para MIG/MAG	ER308L para AISI 304 ER316L para AISI 316	
Elementos de fijación y montaje	Pernos, tuercas y arandelas en inox A2 o A4	Grado 8.8 o superior	SINSA
	Placas de anclaje y chapas de montaje en ace. Inox.	-	
	Pasadores, bisagras y manillas en inox para trampillas de inspección	-	
Accesorios y componentes adicionales	Rejilla superior de acero reforzado	-	INDENICSA
	Compuerta de descarga motorizada	-	

Nota: elaboración propia

12.12.2. Proceso de producción

Debido a la naturaleza misma del proyecto, es necesario comprender el proceso, integralmente, necesario para la construcción del producto; no obstante, a causa de la especialidad de cada una de las ramas del conocimiento en ingeniería, la complejidad de las fases previstas se encuentra constantemente sujeta a un ritmo continuo de modificaciones que resultan importantes desde cada una de las perspectivas particulares de la ciencia, cuestión que limita la intervención de otra ajena a este cúmulo de información, por lo cual, el alcance del proyecto se limita hacia el ámbito de aplicación de la ingeniería agroindustrial, sin profundizar en aspectos técnicos correspondientes a la ingeniería civil o ramas del conocimiento humano a fines, lo que genera lo siguiente:

12.12.2.1. Definición de requerimientos funcionales

La primera etapa consiste en especificar la capacidad de la tolva, el tipo y las propiedades del producto que se ira a recibir (densidad aparente, tamaño de partícula y ángulo de reposo), la velocidad de flujo requerida y las condiciones de operación (temperatura, abrasión, corrosión).

12.12.2.2. Diseño mecánico y estructural

A continuación, se elabora el diseño de la tolva: se define la geometría (cono circular, pirámide trucada, sección transversal), se calculan cargas estáticas y dinámicas, esfuerzos en paredes y refuerzos, y se seleccionan espesores de placa y perfiles. Cada elemento se dimensiona mediante análisis estructural respetando los factores de seguridad.

12.12.2.3. Selección de normas y estándares

Se adoptan normas nacionales e internacionales, y estándares de soldadura (AWS D1.1 o equivalentes) previo a la elaboración del plano y sus especificaciones. Estas guías definen tolerancias, procedimientos de inspección no destructiva y cualificación de soldadores.

12.12.2.4. Elaboración de planos y especificaciones

Con base en el diseño, se generan los planos de fabricación, incluyendo: planos de corte y plegado de chapa, detalles de uniones atornilladas y soldadas, listado de materiales con grados de acero, accesorios y consumibles, planos de montaje y puntos de anclaje, entre otras cosas.

12.12.2.5. Fabricación de componentes

En taller se procede a efectuar las siguientes actividades: corte y plegado de placas con CNC, soldadura según procedimientos certificados, montaje parcial de secciones de cajón y cono, inspecciones por partículas magnéticas o radiografía en soldaduras críticas, mecanizado de bridas y bridas de conexión.

12.12.2.6. Acondicionamiento del área de trabajo

Se adecua el espacio físico destinado para el desarrollo del proyecto, preparando la fosa necesaria para la colocación de la tolva y el sistema de evacuación seleccionado; diseñando y ejecutando los cimientos de hormigón con anclajes embebidos siguiendo los planos, y todos aquellos elementos que condicionen su evolución.

En obra, se alinea y nivela la tolva mediante placas niveladoras y se fija por pernos de alta resistencia. Se revisan tolerancias dimensionales y verticalidad.

12.12.2.7. Integración con sistemas de transporte y control

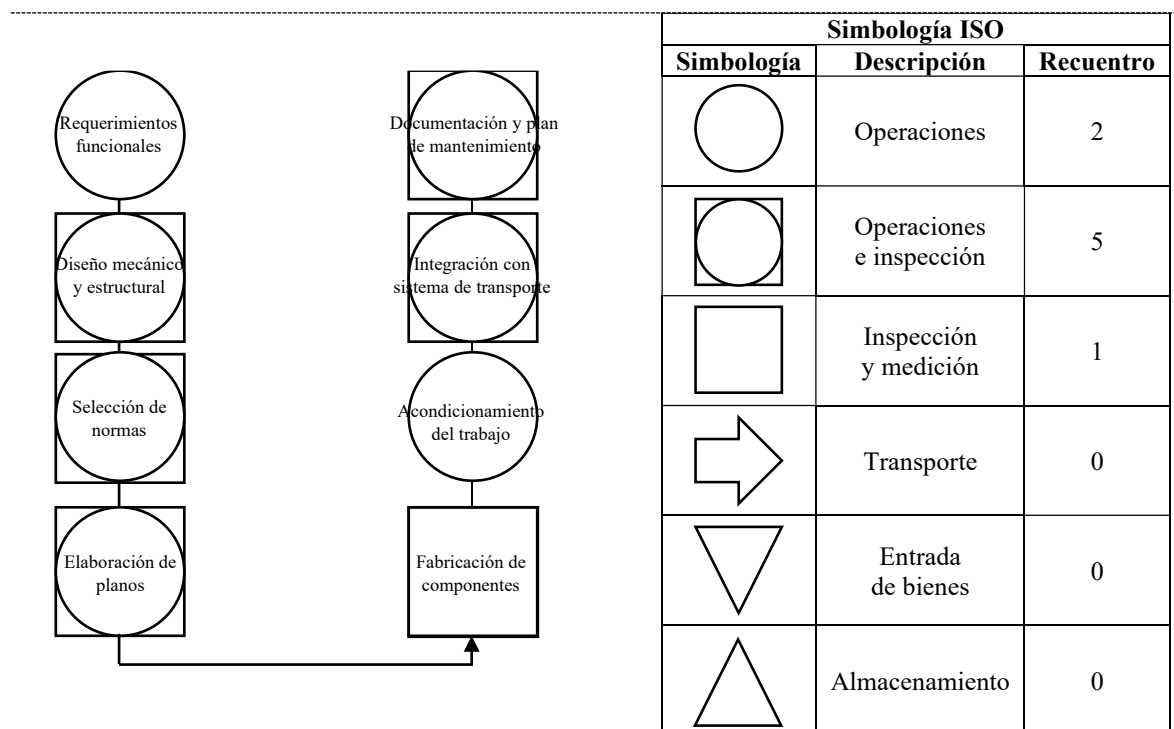
Una vez montada, la tolva se conecta al sistema de descarga seleccionado (tornillo sin fin o transportador de paletas) en base a las consideraciones previas, y se garantiza que el conjunto cuenta con compuertas para la dosificación, dispositivos de seguridad (resguardos, enclavamientos, paradas de emergencia) y medidas de mitigación de ruido y polvo para la sostenibilidad ambiental.

12.12.2.8. Documentación y plan de mantenimiento

Finalmente se entregan los manuales de operación, planos as-built, certificados de soldadura y de materiales, así como el programa de mantenimiento preventivo con inspecciones periódicas y desgaste interno, chequeo de soldaduras y recubrimientos.

Ilustración 12

Diagrama de flujo para la construcción de una tolva de recepción



Nota: elaboración de los autores

12.12.3. Equipos e instalaciones necesarias

En base a los resultados obtenidos posterior al diagnóstico situacional de la empresa arrocera, el proyecto asume que Samuel Mansell no cuenta con un taller interno en las condiciones óptimas para fabricar la tolva, por lo tanto, contratara servicios externos especializados en la materia. Los detalles de las instalaciones y recursos mínimos que deberán de garantizar para recibir, montar y poner en marcha el proceso son los siguientes:

12.12.3.1. Obra civil y cimentación

- Plataforma de hormigón armado nivelada
- Placas de anclaje insertadas o cajillas metálicas embebidas
- Drenajes y canaletas para aguas de limpieza

12.12.3.2. Servicios y suministros básicos

- Alimentación eléctrica trifásica (380 VAC) con subpanel dedicado
- Punto de aire comprimido (min. 6 bar) con filtro y secador
- Abastecimiento de agua (para limpieza y pasivación)
- Iluminación focalizada en zona de montaje

12.12.3.3. Equipos de elevación y maniobra

- Contratación de grúa móvil (capac. 5-10 toneladas) para descarga y posicionamiento
- Montacargas o transpaleta para movimientos locales
- Andamios o plataformas móviles para soldaduras y ajustes finos

12.12.3.4. Área de montaje y ensayos

- Superficie libre de al menos 12 x 6 metros para ensamblaje de módulos
- Zona cubierta o carpa para proteger componentes inoxidables de la intemperie

12.12.3.5. Coordinación de servicios externos

- Taller de fabricación inox: cortar, plegar y soldar módulos según planos
- Servicios de pasivación: baños químicos post-soldadura
- Empresa de transporte pesado: traslado de módulos desde el taller a la planta

12.12.4. Demandas en el diseño del proyecto

12.12.4.1. Definición de los requerimientos funcionales

12.12.4.1.1. Identificación de las características de la tolva

12.12.4.1.1.1. Determinación de la capacidad operativa

El diseño estimado para la tolva de recepción que se planea construir, le confiere de una capacidad de almacenamiento aproximada de 600 quintales netos, similar a la tolva utilizada en el proceso. Las razones de peso de la decisión giran en torno a estrategias financieras para optimizar el presupuesto final; a la adaptación física de los espacios de trabajo, y, a la reducción de la complejidad del sistema. Con ello, se espera que se duplique la velocidad de las operaciones y se reduzca el tiempo necesario para la recepción del producto; aspectos de especial interés durante los picos de trabajo.

Según la información generada de las investigaciones metodológicas y pragmáticas, la capacidad de almacenamiento de la tolva sería lo suficientemente apta como para recibir una unidad de transporte (que se estima moviliza entre 500-550 qq de granza) y distribuirla a las diferentes áreas del plantel en menos de 30 minutos, que, en suma con la reducción de la frecuencia de acondicionamiento de la infraestructura para la recepción de productos en diferentes estados de humedad, impactan positivamente en la productividad global.

12.12.4.1.1.2. Definición de geometría y ángulo de las paredes

El ángulo de inclinación necesario para la construcción de la tolva de recepción se estima en función de dos factores fundamentales que se basan en las propiedades individuales y colectivas de los sistemas analizados: el ángulo de reposo de la granza de arroz paddy y el coeficiente de fricción manifiesto entre el producto y la superficie de acero inoxidable; puesto que, debido a la interacción molecular entre las partículas, su valor deberá de superar significativamente el valor generado en las investigaciones sobre ángulos de reposo, lo que se logra sumando a la fórmula el análisis del comportamiento tribológico.

En este sentido, la importancia de su definición radica en la construcción de la infraestructura necesaria que garantice que el flujo de descarga seleccionado se desarrollara sin ningún tipo

de inconveniente. No obstante, en relación al proyecto en curso, por limitaciones de espacio (huella base de 25 m², con respecto a la horizontal, y 8 metros de profundidad), el flujo no se somete a las propiedades metas que la naturaleza de los programas homólogos busca, sino que, en su lugar, se supedita a las restricciones manifiestas en campo; como consecuencia, las mediciones y propiedades del producto surgen a partir de los flujos de tipo tubular, condicionándose a los aspectos positivos y negativos que a estos conciernen. Ver tabla 3.

Tabla 9

Evaluación de los flujos de tipo tubular en las descargas de las tolvas de recepción

Flujo de tipo tubular	
Ventajas	Desventajas
Flujo concentrado en un canal central, lo que facilita la dosificación.	Alta segregación por tamaño y densidad dentro del núcleo de flujo
Menor contacto material – pared en periferia, reduciendo el desgaste	Zonas muertas en la periferia que pueden acumular producto y originar bloqueos
Permite paredes de tolva menos inclinadas y materiales de revestimientos más económicos	Complejidad mayor en mantenimiento y limpieza de conductos internos
Fácil adaptación en tolvas existentes usando insertos tubulares	

Nota: elaborada por los autores

Para lograrlo, se deberá de cumplir con los siguientes requerimientos:

- El ángulo de las paredes de la tolva deberá de ser igual a 50°
- Las superficies internas deberán de ser lisas o con revestimiento de baja fricción
- Relación de ancho de salida/boca de dimensiones considerables.

12.12.4.1.1.2.1. Cálculos para tolva tronco-piramidal (planta cuadrada) con huella de 25 m² y ángulo de 50°

12.12.4.1.1.2.1.1. Cálculo de la arista de salida para vaciado en 30 minutos

12.12.4.1.1.2.1.1.1. Datos de partida

- Volumen útil: 27,600 kg / 600 kg/m³ = 46 m³
- Tiempo de vaciado: 30 minutos = 1,800 segundos

- Velocidad de descarga asumida: $v = 1 \text{ m/s}$

12.12.4.1.1.2.1.1.2. Cálculos paso a paso

- Caudal volumétrico Q_v

$$Q_v = \frac{V}{t} = \frac{46 \text{ m}^3}{1,800 \text{ s}} \approx 0.0255 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Área mínima de apertura A

$$A = \frac{Q_v}{v} = \frac{0.0255 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ m/s}} \approx 0.0255 \text{ m}^2$$

- Lado del cuadrado w

$$w = \sqrt{A} = \sqrt{0.0255 \text{ m}^2} = 0.1596 \text{ m}$$

Para facilitar la fabricación, se redondea a $w \approx 0.16 \text{ m}$

12.12.4.1.1.2.1.1.3. Resumen del resultado

Tabla 10

Sintetización de los resultados obtenidos en las evaluaciones correspondientes

Parámetro	Valor
Tiempo de vaciado	30 minutos
Caudal volumétrico	$0.0255 \text{ m}^3/\text{s}$
Velocidad asumida	1 m/s
Área de apertura	0.0255 m^2
Lado calculado	0.1596 m
Lado redondeado	0.16 m

Nota: tabla elaborada por los autores

12.12.4.1.1.2.2. Parámetros de diseño

- Capacidad: 600 quintales = 27,600 kg
- Densidad aparente de arroz paddy: 600 kg/m^3
- Volumen útil requerido (V):

$$V = \frac{27,600 \text{ kg}}{600 \text{ kg/m}^3} = 46 \text{ m}^3$$

- Huella (área en planta): $25 \text{ m}^2 \longrightarrow$ lado de base $s = \sqrt{25} = 5.00 \text{ m}$
- Salida cuadrada de lado $w = 0.16 \text{ m}$
- Angulo de pared desde la horizontal: $\alpha = 50^\circ$ ($\tan 50^\circ = 1.1918$)

12.12.4.1.1.2.2.1. Altura del tronco – piramidal (H_{sp})

$$H_{sp} = \frac{s - w}{2} \tan(\alpha) = \frac{5.00 - 0.16}{2} \times 1.1918 \approx 2.88 \text{ m}$$

12.12.4.1.1.2.2.2. Volumen del tronco piramidal (V_{sp})

$$V_{sp} = \frac{H_{sp}}{3} (s^2 + sw + w^2) = \frac{2.88}{3} (25 + 0.80 + 0.0256) \approx 24.85 \text{ m}^3$$

12.12.4.1.1.2.2.3. Sección vertical y su altura

- Volumen de la sección vertical (V_c)

- Altura de la sección vertical (H_c)

$$H_c = \frac{V_c}{s^2} = \frac{21.15}{25} \approx 0.85 \text{ m}$$

12.12.4.1.1.2.2.4. Altura total de la tolva

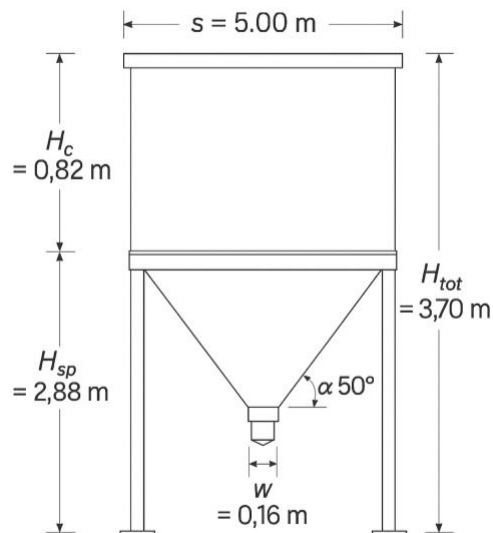
$$H_{tot} = H_c + H_{sp} = 0.85 + 2.88 = 3.73 \text{ m}$$

12.12.4.1.1.2.2.5. Dimensiones resultantes

Parámetro	Valor
Lado de base (s)	5 m
Altura tronco – piramidal (H_{sp})	2.88 m
Altura sección vertical (H_c)	0.85 m
Altura total (H_{tot})	3.73 m
Huella (área de base)	25 m ²
Volumen útil	46 m ³

Ilustración 13

Diseño técnico de tolva de construcción



Nota: elaborado por los autores

12.12.4.2. Selección de los materiales necesarios para su construcción

La selección de materiales determina la seguridad alimentaria, la funcionalidad del flujo granular, la durabilidad de la tolva y los costos de operación y mantenimiento. Garantiza que las superficies en contacto con el arroz no contaminen, no favorezcan adherencias ni acumulaciones, resistan la corrosión y abrasión propias del paddy y permitan operaciones de limpieza efectivas; por ello, su construcción debe desarrollarse minuciosamente, considerando todos los factores intrínsecamente relacionados con la solidez del proyecto, y, por lo tanto, con su éxito.

En este sentido, es necesario definir los criterios técnicos que orientan la decisión que conduce al resultado estimado de forma previa, obteniendo, así, lo siguiente:

- 1) **Inocuidad:** materiales no tóxicos, aptos para contacto alimentario y fáciles de desinfectar.
- 2) **Tribología y fricción:** baja rugosidad para reducir adherencia, coeficiente de fricción favorable al flujo
- 3) **Corrosión:** resistencia a humedad, ácidos orgánicos y lavados frecuentes; compatibilidad con procesos de pasivación.
- 4) **Abrasión y desgaste:** resistencia en fondos, bocas y zonas de impacto; considerando espesores mayores que sean capaces de soportar esta sobrecarga.
- 5) **Mecánica y soldabilidad:** comportamiento frente a esfuerzos, facilidad de unión y control de calidad en soldaduras.
- 6) **Mantenimiento y reparación:** disponibilidad de repuestos, facilidad de mecanizado y coste de reemplazo.
- 7) **Compatibilidad con sistemas auxiliares:** medios de transporte horizontal (tornillo sin fin o transportador de paletas), pase de descarga, vibradores (si aplica), etc.

Tabla 11

Lista de materiales necesarios para la evolución del proyecto

Material	Uso principal	Forma de suministro	Justificación
Acero inoxidable AISI 304	Paredes internas generales de tolva, chasis interior	Placas y chapas	Buena resistencia a corrosión moderada, apto para la industria alimentaria. Refiere a un material soldable y con costo equilibrado
Acero inoxidable AISI 316L	Fondo cónico, bocas de salida, zonas de alto contacto y humedad	Placas y chapas	Mayor resistencia a corrosión, por lo cual es recomendado para zonas críticas
Liners cerámicos o UHMW-PE	Insertos en boca de salida, conductos de descarga, zonas de desgaste	Paneles/inserts atornillables	Reduce fricción, evita adherencia, alta resistencia al desgaste
Acero estructural S275	Bastidor estructural externo, soportes	Vigas y perfiles	Soporta cargas estructurales; separado del producto; recubrimiento o corrosión exterior.
Pernos y fijación inox A2/A4	Anclajes, uniones desmontables, tapas de inspección	Tornillería estándar	Evita corrosión galvánica y contaminantes
Consumibles de soldadura inox (ER308L/ER316L, E308-16/E316-16)	Procedimientos de unión	Consumibles	Garantiza integridad de juntas inox y evita zonas sensibles a corrosión.
Pasivante químico (ácido nítrico/citrato o soluciones homologadas)	Tratamiento post-soldadura y acabado	Químicos	Restaura capa pasiva del inox, mejora resistencia a corrosión
Gomas alimentarias (EPDM, silicona) para juntas	Sellos de trampillas, compuertas, juntas de inspección	Juntas prefabricadas	Sellos flexibles aptos para limpieza y altas temperaturas
Revestimiento externo epóxido / pintura industrial	Protección exterior de estructura	Pintura	Protege estructura de intemperie; no en contacto con el producto.

Nota: elaborado por los autores.

12.12.4.3. Integración del proyecto con los sistemas auxiliares

La integración con el sistema de transporte debe de garantizar un flujo de materia prima continuo y controlado, minimizando tiempos muertos, polvo y riesgos de contaminación, asegurando compatibilidad mecánica, eléctrica y operativa con el diseño existente, es por ello que, su definición, se logra a través de la ejecución de análisis minuciosos que sopesan la ventajas y desventajas de cada uno de las opciones disponibles actualmente, y las contrarresta con los requisitos funcionales claves que condicionan la elección.

12.12.4.3.1. Requisitos funcionales claves

- Capacidad y caudal objetivo: 600 qq en tolva, con un vaciado de ≤ 30 minutos.
- Flexibilidad operacional: aceptar camiones que manejen una masa de entre 500-550 qq de producto.
- Mantenimiento y accesibilidad: diseño con trampillas, liners reemplazables y accesos para limpieza CIP/manual.
- Seguridad: enclavamientos, protecciones y control del sistema de descarga

12.12.4.3.2. Valoración de los sistemas de transporte

La naturaleza de los sistemas de transporte de interés, cataloga su tipología en los estratos siguientes: sistemas verticales y sistemas horizontales, entendiendo a los primeros como procesos que facilitan la movilización del producto desde puntos inferiores hacia planos superiores que se disponen en la cúspide de si mismos; en tanto lo segundos, como su nombre lo indica, aluden a la movilización de la materia sobre el eje de las x, es decir, horizontalmente. De esta forma, la gama de opciones disponibles se limita al uso de sistemas tales como: elevador de cangilones, tornillo sinfín vertical, transportador de banda inclinado, drag conveyor, transportador neumático vertical, tornillos sinfín horizontales, cinta transportadora cerrada y transportador de paletas; teniendo cada uno de ellos un perfil específico que se alinea de mejor o peor forma con los intereses del proyecto.

A este respecto, la elección se circunscribe a lo siguiente: para el sistema vertical se hará uso de un elevador de cangilones, y para el sistema horizontal, de un transportador de paletas;

condicionando sus actividades operativas a la ejecución del sistema de pase adoptado para la boquilla de la tolva.

12.12.4.3.3. Consideraciones del sistema vertical seleccionado

Se efectuó un análisis comparativo entre los beneficios y las limitaciones patentes del uso de sistemas verticales tipo “elevador de cangilones” en el desarrollo de la operación principal, orientando al resultado final de la investigación con la consideración de los factores de interés: la definición del sistema deberá de ajustarse al área disponible para el proyecto (espacio geográfico reducido) y será capaz de manejar grandes volúmenes de materia prima; por lo tanto, y según la tabla no. 5, el fruto del proceso conduje a la elección del modelo en cuestión

Tabla 12

Ventajas y desventajas del uso de un elevador de cangilones

Ventajas	Desventajas
Permiten el manejo de grandes volúmenes de materiales a granel de manera rápida y continua	El roce constante entre los cangilones y el material puede causar desgaste y, con el tiempo, reducir la eficiencia del equipo.
Son adecuados para el transporte vertical de una amplia gama de materiales	La altura de transporte está limitada por la longitud de la cadena y disposición del equipo.
Los cangilones están diseñados para evitar la dispersión del material durante el transporte, lo que reduce las pérdidas y mejora la eficiencia	Si se utilizan con materiales adhesivos o pegajosos, como ciertos tipos de granos, existe un riesgo de que los cangilones se atasquen durante el transporte.
Son ideales para el transporte vertical en espacios confinados o donde el espacio es limitado	Si no se realiza un mantenimiento adecuado o si el equipo no se opera correctamente, pueden surgir problemas de seguridad, como atascos o caídas de material.

Nota: salió de linkedin. Revisar link. Obra de dominio publico

12.12.4.3.4. Consideraciones del sistema horizontal seleccionado

El transporte de paletas se posiciona como una muy buena opción para la descarga y movilización asociada al proyecto en curso. Sin embargo, su idoneidad depende de condiciones operativas específicas, que van desde el tipo de material a trabajar (y, por lo tanto, las características propias correspondiente a abrasividad y cohesión), hasta el caudal estimado durante las fases de planificación.

Tabla 13

Evaluación de las virtudes y defectos inherentes a la ejecución del sistema horizontal “transportador de paletas”

Ventajas	Desventajas
La adopción de diseños robustos facilita su uso incluso en las condiciones de trabajo más difíciles y con productos altamente agresivos	Necesita de un espacio y estructura de soporte de mayores dimensiones, con respecto de un tornillo compacto tradicional.
Gracias a ventanas de inspección especiales y a un estudio cuidadoso de los componentes de desgaste, el equipo necesitaría de un mantenimiento reducido	Masa móvil superior implica más potencia de arranque y operación
Construcción del diseño basado en el uso de materiales de grado alimenticio	Sellado deficiente genera fugas de polvo; las versiones cerradas aumentan coste y mantenimiento del sistema de extracción
Facilidad de limpieza a través de puertas abribles con sensores de seguridad.	
Posibilidad de alcanzar grandes longitudes con soportes intermedios.	
Gran solidez y posibilidad de empleo continuo de 24 horas.	

Nota: elaboración efectuada por “” y procesada según los criterios de los autores

12.12.5.Capacidad instalada y producción estimada

Las estimaciones del diseño parcial desarrollado durante la evolución del proyecto le confiere al equipo una capacidad de retención máxima de 600 qq netos (es decir, 27,600 kg) y la

posibilidad de ejecutar el proceso de vaciado en un espacio de tiempo de 25-30 minutos, sobre el supuesto que el proceso no se encuentra afectado por ningún imprevisto operativo; lo que, considerando la infraestructura actual, se traduce en un caudal teórico total de descarga de aproximadamente 2,400 qq/h, tal como se aprecia en la sección 6.3.1. correspondiente.

En todo caso, dicha capacidad, que permite abastecer sutilmente la capacidad instalada actual del departamento de producción (200 qq/h de arroz paddy) y de los silos correspondientes al departamento de almacén (silos bolsas que alimentan secado mecánico y los silos de almacenamiento temporal), dispone de las condiciones necesarias para mitigar el cuello de botella identificado durante el diagnóstico situacional, facilitando la atención práctica de hasta 28 camiones completos (con capacidad de 500 qq máximo) por operativo de 8 horas laborales (factor operativo 75%) y una recepción diaria aproximada de 14,400 qq en el mismo periodo de tiempo.

Mantener el rendimiento proyectado exige controles sobre humedad y tribología del producto, revestimiento, un programa de mantenimiento preventivo para compuertas y transportadoras, y la adopción de procedimientos de recepción que garanticen el cumplimiento del tiempo meta, con lo cual la tolva actúa como buffer operativo que mejora la continuidad productiva, la eficiencia logística y la capacidad de respuesta ante picos de cosecha.

Tabla 14

Evaluación práctica de las propiedades atribuidas al sistema con el desarrollo del proyecto

Descripción	Cálculo
Capacidad horaria efectiva	$Q_{ef}: 2,400 \text{ qq/h} \times 0.75 = 1,800 \text{ qq/h}$
Capacidad total en 8 h	$Q_{tot}: 1,800 \text{ qq/h} \times 8 \text{ h} = 14,400 \text{ qq}$
Numero de camiones completos atendibles	$N^{\circ}.cam: 14,400 / 500 = 28 \text{ camiones}$
Tiempo de descarga promedio	$t_{cam}: 500 \text{ qq} \div 1,800 \text{ qq/h} = 0.2778 \text{ h} = 16:40 \text{ min.}$

Nota: elaboración de los autores

12.12.5.1. Evaluación del caudal teórico total

12.12.5.1.1. Datos relevantes

- Capacidad por tolva (masa): 600 qq = 27,600 kg.
- Densidad aparente asumida: 600 kg/m³
- Volumen por tolva: 46 m³
- Tiempo de vaciado objetivo individual: 30 min max = 1,800 s
- N. de tolvas: 2 (con capacidades de almacenamiento similares)

12.12.5.1.2. Formulas usadas

- Caudal volumétrico de una tolva:

$$Q_v = \frac{V}{t}$$

- Caudal combinado de dos tolvas (descargando simultáneamente)

$$Q_{v,\text{total}} = Q_{v,1} + Q_{v,2} = 2 \times \frac{V_1}{t}$$

- Masa por hora:

$$m = Q_v \times p$$

- Conversión a quintales por hora usando:

$$1 \text{ qq} = 46 \text{ kg}$$

12.12.5.1.3. Calculo por tolva

- Caudal volumétrico por tolva:

$$Q_{v,1} = \frac{46 \text{ m}^3}{1,800 \text{ s}} = 0.025555 \text{ m}^3/\text{s} \approx 0.03556 \text{ m}^3/\text{s}$$

- En m³/h:

$$0.02556 \times 3,600 = 92.00 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Masa por hora:

$$m_1 = 92.00 \text{ m}^3/\text{h} \times 600 \text{ kg/m}^3 = 55,200 \text{ kg/h} = 55.20 \text{ t/h}$$

- Quintales por hora:

$$55,200 \text{ kg/h} / 46 \text{ kg/qq} = 1,200 \text{ qq/h}$$

12.12.5.1.4. Cálculo combinado para dos tolvas (descarga simultánea)

- Volumen total:

$$V_{\text{tot}} = 2 \times 46 = 92 \text{ m}^3$$

- Caudal volumétrico total:

$$Q_{v, \text{total}} = 92 \text{ m}^3 \div 1,800 \text{ s} = 0.0511111 \text{ m}^3/\text{s} \approx 0.051 \text{ m}^3/\text{s}$$

- En m^3/h :

$$0.051111 \times 3,600 = 184.00 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Masa por hora total:

$$m_{\text{tot}} = 184.00 \text{ m}^3/\text{h} \times 600 \text{ kg}/\text{m}^3 = 110\,400 \text{ kg}/\text{h} = 110.40 \text{ t}/\text{h}$$

- Quintales por hora total

$$110,400 \text{ kg}/\text{h} \div 46 \text{ kg}/\text{qq} = 2,400 \text{ qq}/\text{h}$$

12.12.5.1.5. Resumen de los resultados

Tabla 15

Sintetización de los datos obtenidos tras el desarrollo de las fórmulas correspondientes

	Q_v Caudal volumétrico	m^3/h	m Masa por hora	qq/h Quintales por hora
Por tolva	0.02556	92	55,200 kg/h	1,200
Dos tolvas (operación unitaria)	0.05111	184	110,400 kg/h	2,400

Nota: elaborado por los autores

12.12.6. Recursos humanos necesarios

Para la estimación del recurso humano necesario en el proyecto, es importante discernir entre la fase de construcción y la fase de operación y mantenimiento, puesto que cada estrato precisa de colaboradores con perfiles profesionales distintos que ejerzan actividades particulares del estado que atraviesa la estructura analizada. En este sentido, es necesario que en cada fase se especifiquen los cargos, responsabilidades, cantidad estimada de personas, competencias, extensión de la jornada laboral y formación requerida.

No obstante, sobre el contexto de Samuel Mansell, los aspectos relacionados con el segundo segmento, serán cubiertos por el conjunto de individuos que forman parte de la plantilla interna, evitando la contratación permanente de nuevo personal, que supone un monto extra innecesario en la programación.

12.12.6.1. Fase de construcción y montaje (contratación temporal)

12.12.6.1.1. Jefe de proyecto (1)

- Responsabilidades: coordinación general, planificación, control de calidad, interlocución con dirección de Samuel Mansell S.A.
- Competencias: ingeniería (mecánica/industrial), experiencia en proyectos metalmecánicos, gestión de obras.

12.12.6.1.2. Supervisor de montaje/montador líder (1)

- Responsabilidades: supervisión de montaje in situ, control de tolerancias y seguridad.
- Competencias: experiencias en montaje de tolvas/silos, lectura de planos

12.12.6.1.3. Soldadores calificados inox (1-2)

- Responsabilidades: soldaduras en AISI 304/316, ejecutar PQR/WPS, registros de soldadura.
- Competencias: certificación de soldadura en procesos requeridos (SMAW/MIG/TIG), experiencia en inoxidable.

12.12.6.1.4. Cortadores/plegadores/mecanizado (taller externo, 2-4)

- Responsabilidades: corte lamina CNC, plegado, mecanizado de bridas y piezas
- Modalidad: normalmente contratados en taller

12.12.6.1.5. Montadores mecánicos (2)

- Responsabilidades: ensamblaje de módulos, instalación de pernos, liners, etc.

12.12.6.1.6. Operador de grúa / maniobra (1)

- Responsabilidades: izado y posicionamiento de módulos; certificación de operación.

12.12.6.1.7. Equipo de obra civil (3)

- Responsabilidades: cimentación, encofrado, anclajes embebidos, drenajes
- Modalidad: subcontratado localmente, según cronograma.

12.12.6.1.8. Asistente de calidad y NDT (1)

- Responsabilidades: inspecciones, registros, pasivación post-soldadura

12.12.6.1.9. Personal de seguridad y limpieza (2)

- Responsabilidades: control de accesos, EPP, limpieza de área y gestión de residuos.

12.12.7. Equipamiento de apoyo y EPP

- EPP obligatorio: casco, botas dieléctricas/antideslizantes, guantes resistentes, protectores respiratorios, gafas y arnés si aplica.
- Herramientas específicas: detectores de polvo, equipos de medición de humedad, equipos NDT para inspección de soldaduras, herramientas de elevación certificadas.

12.12.8. Resumen del personal necesario para la construcción y montaje del proyecto

Tabla 16

Sintetización del personal indispensable para el desarrollo del proyecto

Cargo	Cantidad estimada	Responsabilidades claves	Jornada
Jefe de proyecto	1	Coordinación general, control de calidad y cronograma	8 h/día
Supervisor de montaje	1	Supervisar montaje in situ, control de tolerancias y seguridad	8 h/día
Soldadores calificados inox	1-2	Ejecutar soldaduras AISI 304/316 según WPS/PQR y registros	8 h/día
Cortadores/plegadores	2-4	Corte CNC, plegado y mecanizado de bridas	Según contrato
Montadores mecánicos	2	Ensamblaje de módulos, instalación de pernos, liners y compuertas	8 h/día
Operador de grua	1	Izado y posicionamiento de módulos	Según turno de izado
Equipo de obra civil (subcontratado)	3	Cimentación, anclajes, embebidos, drenajes y encofrado	Jornada según contrato
Asistente de calidad y NDT	1	Inspecciones NDT, registro de soldaduras y pasivación	8 h/día
Equipos de seguridad y limpieza	2	Control de accesos, EPP, limpieza y gestión de residuos	8 h/día
Total:	14-17		

Nota: elaborada por los autores

XIII. Conclusiones

La construcción de una tolva de recepción de 600 quintales, integrada con automatización y ajustes logísticos, es factible técnica y operativamente para Samuel Mansell S.A.; sin embargo, su implementación requiere ensayos piloto de flujo, validación multidisciplinaria y un plan financiero y operativo integral antes de la inversión definitiva. La solución propuesta tiene potencial para reducir cuellos de botella y mejorar la continuidad del suministro hacia la línea de transformación, siempre que se acompañe de medidas complementarias.

En este sentido, tenemos lo siguiente:

- a) El diagnóstico confirma la existencia de un cuello de botella en el departamento de almacén y secado mecánico provocado por la configuración actual de tolvas, procedimientos manuales y la variabilidad de humedad del grano; estas condiciones generan diferencias significativas en los tiempos de descarga (≈ 5 min para chompipa seca vs ≈ 26 min para rastra húmeda), esperas por cambios de lote y riesgo de contaminación cruzada, lo que reduce la capacidad efectiva y compromete la continuidad operativa.
- b) Las estrategias técnicas (tolva de 600 qq, boca y válvula rotativa dimensionadas, materiales internos adecuados) y logísticas (reordenamiento de rutas internas, respaldo eléctrico y protocolos de cambio de lote) son apropiadas para mejorar el flujo y reducir tiempos; no obstante, la viabilidad económica depende de ensayos piloto y un análisis financiero que confirme que los beneficios operativos compensan los costos de inversión y mantenimiento
- c) La alternativa óptima propuesta —una tolva de recepción de 600 qq con pendiente y bocas dimensionadas, válvula rotativa automática, revestimientos anticorrosión y accesos para limpieza— integra los requerimientos de vaciado eficiente, dosificación y trazabilidad; su diseño mejora la flexibilidad operativa y la capacidad de abastecimiento simultáneo, siempre que se garantice su correcta integración con transportadores, controles y accesos de mantenimiento.
- d) La solución es técnicamente y operativamente viable al resolver las limitaciones de vaciado y capacidad detectadas, pero su factibilidad económica es condicionada: requiere validación mediante pruebas de flujo in situ, un plan financiero detallado (costos de capital, mantenimiento y ahorro operativo) y medidas complementarias (capacitación, mantenimiento preventivo y respaldo energético) para asegurar retorno y sostenibilidad.

XIV. Recomendaciones

- La sustitución de la guillotina manual por una válvula rotativa automática reducirá intervenciones manuales, riesgos para el personal y tiempos de cambio de granza. La válvula deberá seleccionar un modelo con rotor de paso apropiado para granulometría del arroz, juego mínimo entre cuerpo, con posibilidad de extracción y la capacidad para integrarse a sistemas de control.
- Para superficies en contacto con la materia prima se recomienda el uso de AISI 304. Aunque, también se puede hacer uso de acero al carbono pasivado con recubrimiento alimentario; todas las soldaduras internas deben pulirse y pasivarse y las uniones deberán de evitar cavidades que aculen residuos.
- Se recomienda dotar al sistema de respaldo eléctrico y un plan de mantenimiento preventivo para elevador de cangilones, el transportador horizontal y la válvula rotativa, con bitácora digital y frecuencia de inspección.
- Se recomienda estructurar la inversión en tres fases: (I) ensayos piloto y prototipo; (II) construcción civil y montaje mecánico; (III) integración automática y optimización logística, con evaluación de indicadores entre fases.
- Incorporar sistemas de captura de polvo en puntos críticos, tratamiento de aguas de pasivación y limpieza, conforme a NTON 05-027-05, y protocolos de segregación y reciclaje de residuos, según Decreto 47-2005

XV. Bibliografía

- Acevedo, M., Castrillo, W., & Belmonte, U. (2006). TRABAJO ESPECIAL ORIGEN, EVOLUCIÓN Y DIVERSIDAD DEL ARROZ. *SciElo*, 151-170. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001
- Bachelor Print. (22 de 04 de 2025). *La objetividad: un criterio de calidad en la investigacion*. Obtenido de Bachelor Print: <https://www.bachelorprint.com/es/metodologia/objetividad/#:~:text=Los%20tres%20principales%20criterios%20de,aplicaci%C3%B3n%20var%C3%ADa%20en%20cada%20caso>.
- Campero. (3 de Diciembre de 2010). *Proceso de trilla de arroz*. Obtenido de Blogger: <https://informepracticaboluga.blogspot.com/2010/>
- Casas, J., Repullo, J., & Donado, J. (Mayo de 2003). *La encuesta como técnica de investigación. Elaboracion de cuestionarios y tratamiento estadistico de los datos*. Obtenido de ELSEVIER: <https://www.elsevier.es/es-revista-atencion-primaria-27-articulo-la-encuesta-como-tecnica-investigacion-elaboracion-cuestionarios-13047738>
- Cordova, A., & Sandoval, J. (2016). *Diseño de un sistema de mezclado continuo para la producción de suelo estabilizado con cemento*. Obtenido de Repositorio Dspace: <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/34431>
- FAO. (1993). *La ingeniería en el desarrollo - Manejo y tratamiento de granos poscosecha*. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations: <https://www.fao.org/in-action/inpho/publicaciones/detail/es/c/293/>
- Fernandez, A., & Vela, L. (3 de Diciembre de 2021). *Los paradigmas y las metodologías usadas en el proceso de investigación: una breve revisión*. Obtenido de RUA Repositorio Institucional de la universidad de Alicante: <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/119978>
- Florez, E., Garcia, R., & Sanchez, E. (2016). DISEÑO DE UN SISTEMA ALIMENTADOR PARA UN HORNO ROTATORIO EN LA PRODUCCIÓN DE FOSFATO EN

NORTE DE SANTANDER. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 70-80.

Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F.: Mc Graw Hill Education.

Martinez, C., Cuevas, F., & Medina, L. (1989). *Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz*. Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Medina, J., & Molina, M. (2023). *Angulo de reposo de un material*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/671035518/ANGULO-DE-REPOSO-DE-UN-MATERIAL>

Meyers, F. E. (2000). *Estudio de Tiempos y Movimientos para la Manufactura Agil*. Obtenido de Academia: https://www.academia.edu/28556729/Meyers_Estudio_de_Tiempos_y_Movimientos_para_la_Manufactura_Agil_2_ed

Nevares, C. (8 de Octubre de 2024). *Marco Legal y Regulatorio de un Proyecto de Inversion*. Obtenido de Comunityacademy: <https://academy.comunyt.com/marco-legal-y-regulatorio-de-un-proyecto-de-inversion/>

Nieto, N. (24 de Marzo de 2011). *Métodos y tiempos. El estudio del trabajo para la productividad*. Obtenido de Gestipolis: <https://www.gestipolis.com/metodos-y-tiempos-el-estudio-del-trabajo-para-la-productividad/>

Osorio, B., & Rojas, X. (2017). Criterios de calidad y rigor en la metodología cualitativa. *ResearchGate*, 62-74. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/337428163_Criterios_de_Calidad_y_Rigor_en_la_Metodologia_Cualitativa

Vera, M. (2020). *Diseño de una tolva de almacenamiento y descarga de subproductos de atún*. Obtenido de DSpace en ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51683>

Anexos

Anexo 1

VARIABLES GENERALES	SUBVARIABLES DIMENSIONES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	TÉCNICA	PREGUNTAS
Capacidad de trabajo de la tolva de recepción	Estructura de la tolva	Es el volumen máximo de material que puede recibir y almacenar en un momento dado	Modelos de flujo	Encuesta	¿Cómo se espera que el tipo de flujo adoptado en el proyecto impacte en la eficiencia logística de la operación?
				Entrevista	¿Qué mejoras cree que se lograría si la información operativa se gestionara de manera más sistemática y en tiempo real?
			Arquetipos geométricos	Encuesta	¿Qué mejoras en la geometría de la tolva podría implementarse para optimizar su desempeño?
				Observación	¿El diseño proyectado de la tolva permitirá que la evacuación del material se desarrolle de manera óptima, minimizando la acumulación y el espacio de retención?
	Boca de salida		Dimensiones de la abertura	Entrevista	¿Se proyecta que la longitud de la boca de salida contribuya a un desplazamiento continuo y eficiente de la materia prima en los procesos?
				Entrevista	¿Se prevé que la geometría de la abertura mantenga su eficiencia funcional en coordinación con el sistema de transporte?
			Modelos de válvulas	Entrevista	¿Qué mejoras en el modelo de la válvula se proyectan para garantizar una operación más eficiente en los procesos venideros?
				Entrevista	¿Qué opinión le merece el diseño propuesto de la válvula y que mejoras sugeriría para aumentar su resistencia y facilidad de mantenimiento?
	Angulo de inclinación		Pendiente del material de soporte	Entrevista	¿De qué manera la inclinación de la tolva puede optimizar la evacuación del producto considerando su ángulo de reposo?
				Observación	¿Cómo se espera que el ángulo de inclinación distribuya eficientemente la carga sobre el material de reposo en los procesos?

				Observación	¿Qué ajustes en el ángulo de inclinación se proyecta para garantizar una descarga más rápida y continua del material?
			Eficiencia del vaciado	Observación	¿se espera que durante los procesos no se presenten acumulaciones de material dentro de la estructura de la tolva?
Tiempo invertido en el transcurso de la operación	Tiempo de espera ante de descargar	Cantidad de tiempo dedicada a una actividad específica	Tiempo promedio de los medios de transporte	Encuestas	¿Qué cambios se esperan en el tiempo de descarga de MP tras la implementación de una nueva tolva?
			Tiempo promedio de esperas	Entrevistas	¿Qué cambios esperas observar en los tiempos de espera una vez que la acción de mejora este completamente implementada?
	Tiempo de inactividad no planificada		Minutos detenidos por interrupciones	Encuestas	¿Cómo crees que se verán afectado la incidencia de imprevistos tras la implementación del proyecto?
			Número de paradas no planificada	Encuesta	¿Qué tan probable cree que las paradas no planificadas ocurran luego de implementación de la mejora?

Anexo 2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL – MATAGALPA

Entrevista al jefe del departamento de almacén y secado mecánico de la empresa Samuel Mansell S.A

Introducción: esta entrevista se dirige al jefe del departamento de almacén y secado mecánico de la empresa con el propósito de obtener información objetiva acerca del proceso de recepción de materia prima vigente, para: analizar patrones que se desvíen o ajusten a la teoría existente, identificar elementos trascendentales, y, alimentar, consecuentemente, el diseño del proyecto en desarrollo.

GUIA DE PREGUNTAS A DESARROLLAR:

1. ¿Existen procedimientos para priorizar la descarga, según el tipo de productor o el estado del grano?
2. ¿Qué recursos humanos se asignan a la operación de recepción y como se distribuyen sus funciones?
3. ¿Para el diseño de la tolva de recepción se desarrollaron estudios preliminares en donde evaluaron, entre otras cosas, el modelo de flujo o la geometría de la estructura?
4. ¿Cuál es la capacidad de almacenamiento de la tolva principal?
5. ¿Cuál es la longitud de la boca de salida?
6. ¿Cuál es el tipo de válvula que han utilizado para regular el pase de la materia prima en la tolva?
7. ¿El diseño del modelo facilita su mantenimiento y resiste al deterioro operativo?
8. ¿Cuál es el ángulo de inclinación de la tolva?

9. ¿Cuál es el flujo efectivo de trabajo de granza seca con la tolva de recepción actual?
10. ¿Qué imprevistos sobrevienen durante la operación que impacten negativamente en su eficiencia?
11. ¿Qué mejoras en infraestructura o procedimiento considera necesarias para cumplir con estándares internacionales de inocuidad?

Anexo 3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL – MATAGALPA

Entrevista al responsable del área de secado mecánico de la empresa Samuel Mansell S.A

Introducción: esta entrevista se dirige al responsable del área de secado mecánico de la empresa con el objetivo de obtener información acerca de las capacidades de almacenamiento temporal tanto de los silos pulmón, como de los hornos industriales, y, a su vez, detallar el flujo neto de trabajo de la granza húmeda; todo lo cual será sometido a un riguroso análisis en materia de los intereses del proyecto.

GUIA DE PREGUNTAS A DESARROLLAR:

1. ¿Cuántos hornos industriales existen actualmente en la empresa?
2. ¿Cuál es la capacidad de retención de estos hornos?
3. ¿Cuál es la capacidad de almacenamiento de los silos que alimentan a secado mecánico?
4. ¿Cuál es el flujo efectivo de trabajo de la granza húmeda con la infraestructura vigente?
5. ¿Cuál es el tiempo promedio necesario para cumplir con el requerimiento de humedad de la materia prima?
6. ¿Cuál es el tiempo de ciclo completo (desde la recepción hasta la salida del grano seco) en condiciones normales y en temporada alta?
7. ¿Qué porcentaje de utilización real tienen los hornos durante la cosecha?
8. ¿Qué problemas se generan cuando la tolva de recepción no logra abastecer de manera continua los hornos?

Anexo 4



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL – MATAGALPA

Guía de observación del proceso de recepción de la empresa arrocera Samuel Mansell S.A

Introducción: la guía de observación es aplicada a las operaciones de recepción de Samuel Mansell S.A, con el objetivo de obtener información sobre el diseño de la tolva y la eficiencia del proceso, analizando los datos para ver su nivel de ajuste con respecto a la teoría existente sobre el tema.

GUIA DE OBSERVACION MIXTA

1. Diseño estructural de la tolva de recepción

Descripción	Si	No	Observaciones
1. Existe un orden de llegada o programación del transporte que la empresa recibe			
2. Se observa una participación de la tolva auxiliar en el proceso			
3. El flujo de granza húmedo hacia los silos es continuo			
4. La geometría de la tolva de recepción cumple eficientemente con su función primaria ajustándose a los modelos de flujo existentes			
5. Al final de la evacuación no existen espacios físicos de retención de material			
6. La forma de la abertura corresponde con el sistema de transporte adoptado			
7. El ángulo de inclinación distribuye la carga ejercida sobre la superficie del material de soporte			
8. El ángulo de inclinación favorece a la evacuación del material			

6. Eficiencia del proceso desde un enfoque temporal

Descripción	Valoración cronológica	Observaciones
6. El tiempo promedio de descargue de los distintos medios de transporte		
7. El tiempo promedio de espera para el cambio de granza		
8. El tiempo neto final del proceso de recepción		

Anexo 5



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL – MATAGALPA

Encuesta para los principales actores en la evolución de la problemática identificada en Samuel Mansell S.A

Introducción: esta encuesta se dirige hacia todos los actores que, de forma directa o indirecta, se involucran en las operaciones de recepción y distribución de materia prima hacia sus múltiples destinos en el beneficio arrocero. Es de carácter anónimo, y su propósito fundamental versa en la obtención de datos cuantitativos y cualitativos que influyan naturalmente en la definición técnica de la factibilidad del proyecto en curso, según percepciones y opiniones de cada contribuyente cualificado para la labor.

GUIA DE PREGUNTAS A DESARROLLAR (DE OPCION MULTIPLE)

1. ¿Cree que la geometría de la tolva actual cumple con su función de forma eficiente?

- Si, cumple adecuadamente
- No, requiere ajustes menores
- No, necesita un rediseño completo

2. ¿Qué obstáculos de la infraestructura actual afectan más la recepción y distribución?

- Capacidad insuficiente de la tolva principal
- Riesgo de contaminación cruzada por mezcla de lotes
- Deficiencias en mantenimiento y limpieza de la infraestructura
- Otro (especificar): _____

3. ¿Qué mejoras espera en cuanto a logística y operatividad con la adopción de una nueva tolva?

- Mayor rapidez en la descarga
- Reducción de tiempos de espera de camiones
- Mejor coordinación con silos y secado
- Disminución de riesgos de contaminación cruzada
- Ninguna mejora significativa

4. ¿Cómo cree que impactaría a la productividad de la empresa la construcción de una nueva tolva de 600 quintales netos?

- Un incremento significativo de la productividad ($>60\%$)
- Incremento moderado ($\geq 40\%$; $\leq 60\%$)
- Poco impacto ($<40\%$)
- Ningún impacto

5. ¿Cree que la construcción de una nueva tolva reducirá los obstáculos de la infraestructura actual?

- Si, eliminara la mayoría de los obstáculos
- Si, reducirá algunos obstáculos
- No, los problemas principales permanecerán

6. Tras su implementación, ¿espera un incremento en la rapidez del tiempo promedio de descarga de materia prima?

- Si
- No

7. ¿Qué tan probable cree que las paradas no planificadas se mantengan tras la mejora identificada?

- Muy probable
- Probable
- Nada probable

8. Con respecto al diseño y las estimaciones de una tolva, y sobre el contexto operativo de la planta de procesamiento, ¿Posee preocupaciones particulares en aspectos específicos?

- Si, sobre la seguridad estructural
- Si, sobre la durabilidad de materiales
- Si, sobre el costo de inversión
- Si, sobre la facilidad de mantenimiento
- No tengo preocupaciones

9. ¿Cree que la mejora impactaría en la reducción de riesgos de contaminación cruzada?

- Si, de manera significativa
- Si, de manera moderada
- No tendría impacto

10. ¿Qué nivel de confianza tendría en que esta inversión aumente la competitividad de la empresa?

- Muy alta
- Alta
- Moderada
- Baja
- Nula

Anexo 6



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL – MATAGALPA

Entrevista al jefe del departamento de almacén y secado mecánico de la empresa arrocera Samuel Mansell S.A

Introducción: esta entrevista se dirige al jefe del departamento de almacén y secado mecánico del trillo arrocero, a fin de investigar acerca de su percepción sobre la propuesta sugerida, analizando el impacto en la organización y la operación que corresponde, desde una perspectiva con mayor conocimiento técnico y experiencia administrativa. En atención a lo cual, simultáneamente se aceptó la sugerencia de posibles mejoras puntuales tanto para el proyecto principal, como los sistemas complementarios.

GUIA DE PREGUNTAS A DESARROLLAR

1. ¿Qué capacidad de almacenamiento o recepción debería tener la nueva tolva para responder eficientemente a la demanda proyectada?
2. ¿Qué materiales considera apropiado para garantizar resistencia, durabilidad y facilidad limpieza?
3. ¿Cuál es la influencia de los ángulos de inclinación y los ángulos de reposo en las operaciones de descarga de MP?
4. Según su experiencia, los aspectos estructurales de una tolva, como la longitud y la forma de la boca de salida, ¿contribuyen a un desplazamiento continuo y efectivo de producto hacia los procesos posteriores?
5. ¿Qué modelo de válvula proyecta que sería adecuada para el desarrollo de proyectos semejantes?
6. ¿Por qué la forma de la boca de salida debe de diseñarse en función del sistema auxiliar de transporte que se adoptara?

7. ¿Qué cambios esperas observar en los tiempos de espera de camiones una vez que la acción de mejora este completamente implementada
8. ¿Qué riesgos operativos actuales podrían eliminarse con un sólido y eficiente diseño en una nueva tolva?
9. ¿Qué ajustes en la organización del personal serían necesarios para aprovechar al máximo la nueva tolva?
10. ¿Cómo cree que impactara la propuesta en la coordinación con productores y transportistas?
11. ¿Qué criterios de sostenibilidad (energía, materiales, seguridad ambiental) deberían de incluirse en el diseño?
12. ¿Qué recomendación final considera indispensable para el diseño de esta nueva tolva estructurada?