



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

“2023: Seguiremos Avanzando en Victorias Educativas”

FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA DE CARAZO

FAREM-CARAZO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS TECNOLOGÍA Y SALUD

TEMA

Sistema Productivo

Subtema

Mejoramiento de la eficiencia productiva utilizado la metodología DMAIC en la arrocera “*El Arrozal*” ubicada en Santa Teresa Carazo en el periodo de septiembre a noviembre del año 2023.

Proyecto de graduación para optar al título de
Ingeniero Industrial

Autores:

Br. Cortez Reyes Mario Anthony

Br. Quiroz Salazar William Elías

Br. Sandoval Sevilla Jefferson Enmanuel

No de carnet:

19906202

19905817

19905894

Tutor:

Mtro. Juan José Villavicencio Navarro

¡A la libertad por la Universidad!

Carta Aval



VALORACIÓN DEL DOCENTE
FACULTAD REGIONAL
MULTIDISCIPLINARIA DE
CARAZO



UNIVERSIDAD
 NACIONAL
 AUTÓNOMA DE
 NICARAGUA,
 MANAGUA
 UNAN-MANAGUA

Jinotepe, 14 de diciembre del 2023

MSc. Oscar Ramon Fletes Calderón.
Director Dpto. de Ciencia Tecnología Salud
FAREM-CARAZO

Su despacho

Estimado Maestro:

Reciba los más cordiales saludos y deseos de nuestros éxitos en el desarrollo de sus funciones.

Sirva lo presente para informarle que los bachilleres:

Carnet:

Nombre y Apellidos

19906202

Mario Anthony Cortez Reyes

19905817

William Elías Quiroz Salazar

19905894

Jefferson Enmanuel Sandoval Sevilla

Que han cursado bajo mi tutoría el proyecto de Graduación de la carrera de Ingeniería Industrial, en la FAREM Carazo, durante el segundo semestre del año académico 2023, que lleva por tema: Mejoramiento de la eficiencia productiva utilizando la metodología DMAIC en la arrocería “*El Arrozal*” ubicada en Santa Teresa Carazo en el periodo de septiembre a noviembre del año 2023.

Estando preparados para realizar defensa del mismo, ante Tribunal Examinador, a como lo establece la Normativa para las modalidades de Graduación como formas de culminación de estudios de la UNAN-Managua.

Sin más a que hacer referencia, me es grato suscribirme de usted con una muestra de respeto y aprecio.

Atentamente:

Mtro. Juan José Villavicencio
 Navarro.
 Tutor

Dedicatoria y agradecimiento

Dedicamos este proyecto de graduación a Dios, fuente inagotable de fortaleza y guía a lo largo de nuestro viaje educativo. Su amor y misericordia nos han sostenido en cada paso del camino, inspirándonos a alcanzar este logro.

A nuestros queridos padres, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido los cimientos de nuestro éxito, les dedicamos este proyecto con profunda gratitud. Vuestra dedicación y sacrificio han sido una fuente inagotable de inspiración, y vuestro legado de valores y enseñanzas perdurará en nosotros a medida que avanzamos en la vida.

Que este trabajo refleje no solo nuestros esfuerzos, sino también el impacto de su amor y fé en nuestro crecimiento. Agradecemos a Dios y a ustedes por iluminar nuestro camino y hacer posible este logro.

Con amor y gratitud.

William Elías Quiroz Salazar

Mario Anthony Cortez Reyes

Jefferson Enmanuel Sandoval Sevilla

Resumen

En un mundo en constante cambio y con la creciente demanda de productos alimenticios, la eficiencia en la producción se ha convertido en un imperativo para las empresas del sector agroindustrial. En este contexto, la arrocera "*El Arrozal*" se enfrenta al desafío de mejorar su eficiencia en la producción de arroz, un cultivo fundamental en la alimentación de millones de personas en todo el mundo. Con el fin de abordar esta cuestión de manera integral, se ha iniciado un proceso de evaluación y optimización que tiene como objetivo principal diagnosticar la situación actual de la producción, identificar las variables críticas que impactan en el proceso, determinar el problema principal que limita la eficiencia y proponer soluciones viables y efectivas. Este proceso de mejora no sólo busca elevar la calidad y cantidad de arroz producido, sino también asegurar la sostenibilidad de la operación y el cumplimiento de estándares ambientales y de seguridad alimentaria. A lo largo de este estudio, exploramos en detalle cada una de estas etapas para impulsar a "*El Arrozal*" hacia un futuro de producción más eficiente y competitiva en el mercado.

Índice

Carta Aval	i
Dedicatoria y agradecimiento	ii
Resumen.....	iii
A. Desarrollo del Proyecto.....	1
1. Generalidades del proyecto	1
a) Contexto del proyecto	1
b) Objetivos generales y específicos	2
c) Justificación	3
d) Visión de la empresa.....	4
e) Misión de la empresa	4
f) Valores características comerciales y operacionales de la empresa	4
g) Reseña Histórica	5
- Criterios comerciales y características operacionales de las empresas:.....	5
- Por su tamaño:	5
- Finalidad:	5
- Actividad Económica:.....	6
- Por su filosofía y valores:	6
- Por su tecnología:.....	6
- Régimen Jurídico:	6
h) Articulación entre planes, programas y proyectos.....	7
i) Ciclo de vida del proyecto	7
j) Resultados esperados	7
B. Metodología de Desarrollo	8
1. Descripción de la metodología utilizada (DMAIC)	8

a) Definir	10
- Project Charter	10
- SIPOC	11
- Descripción del diagrama SIPOC:	11
- Visualizaciones de flujo (VSM)	12
b) Medir.....	16
- Mapa de proceso	16
- Recepción de la granza humedad:	16
- Transporte:	16
- Secado:.....	17
- Almacenado:	17
- Trillado del Arroz:	17
- Pre-limpiado:	18
- Descascarado:	18
- Clasificación granular:	18
- Pulidor:.....	19
- Despuntilladora:.....	19
- Clasificación:	19
- Ensacado:	19
- Diagrama de Recorrido de “El Arrozal”	20
- Descripción del diagrama de Recorrido:	20
- Plan de muestreo	21
- Análisis de capacidad del proceso	22
c) Analizar	30
- Diagrama Ishikawa	32

- Cinco Por Qué.....	34
- Modelo árbol de problema	35
- Árbol de objetivos.....	36
- Conclusiones de la Causa Raíz evidenciadas	37
d) Mejorar.....	38
- Análisis implementación de la propuesta de mejora que atienden a la causa raíz.....	38
- Mantenimiento Industrial.....	39
- Beneficios del Mantenimiento Industrial en las empresas.....	40
- Plan de Mantenimiento Preventivo en EL ARROZAL	41
- Áreas de Mantenimiento Preventivo	42
- Elevador de Cangilones	43
- Pre-Limpiadora	44
- Descascaradora	44
- Clasificación granular (Maquinaria Mesa paddy)	46
- Pulidor.....	47
- Zaranda o despuntilladora.....	48
- Plantilla en Excel	49
- Observación de la etapa mejorar o implementar	50
e) Controlar	51
- Orden de trabajo.....	51
- Reporte de Avería	53
- Protocolo de Mantenimiento.....	54
- Bitácora de Mantenimiento.....	55
2. Factibilidad del Proyecto.....	59
a) Factibilidad Técnica.....	59

- Aumento en la Producción y Rendimiento:	59
- Reducción de Tiempos de Paro y Aumento de la Disponibilidad:	59
- Optimización del Flujo de Trabajo:	59
- Mejora en la Calidad del Producto:	59
- Eficiencia Energética:	59
- Seguridad Mejorada:	60
- Facilitación de la Planificación de la Producción:	60
b) Factibilidad Económica	60
- Análisis del Impacto Operativo:	60
- Evaluación de Costos Asociados a la Producción Actual:	60
- Cálculo de Retorno de Inversión (ROI):	60
- Desglose detallado del presupuesto	62
- Recursos Utilizados	62
3. Resultados y Conclusiones.....	64
a) Logros alcanzados.....	64
b) Lecciones aprendidas.....	64
c) Conclusiones generales	64
4. Recomendaciones.....	66
a) Recomendaciones para mejoras continuas.....	66
b) Posibles líneas de investigación relacionadas.....	67
C. Material Complementario.....	70
Bibliografía	70
Anexos (dibujos 2d y 3d, gráficos, tablas, esquemas, maquetas, galería de fotos y otros)..	73

Índice de tablas

Tabla 1 Ciclo de vida del proyecto (Fuente propia).....	7
Tabla 2 Project Charter (Fuente propia).....	10
Tabla 3 Value Stream Mapping (VSM) (Fuente propia)	15
Tabla 4 Plan de Muestreo (Fuente propia)	22
Tabla 5 Orden de Trabajo (Fuente propia).....	53
Tabla 6 Reporte de Averías (Fuente propia)	54
Tabla 7 Protocolo de Mantenimiento (Fuente propia)	55
Tabla 8 Bitácora de Mantenimiento (Fuente propia)	56
Tabla 9 Presupuesto del Proyecto (Fuente propia)	62

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 SIPOC (Fuente propia)	11
Ilustración 2 Value Stream Mapping (VSM) (Fuente propia)	14
Ilustración 3 Diagrama de recorrido "El Arrozal" (Fuente propia)	20
Ilustración 4 Análisis de Capacidad del Proceso de Trillado (Fuente propia)	23
Ilustración 5 Informe de desempeño del proceso de trillado (Fuente propia)	24
Ilustración 6 Cartas de Control del Proceso Xbarra y X (Fuente propia)	25
Ilustración 7 Gráfica de Control S (Fuente propia)	27
Ilustración 8 Prueba de Normalidad de los Datos	28
Ilustración 9 Tarjeta de Informe de muestra Minitab (Fuente propia)	28
Ilustración 10 Diagrama Ishikawa El Arrozal (Fuente propia)	33
Ilustración 11 5 Por Qué (Fuente propia)	34
Ilustración 12 Árbol de Problema (Fuente propia)	35
Ilustración 13 Árbol de Objetivos (Fuente propia)	36

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Fórmula del Plan de Muestreo (Principios de Administración de Operaciones 7ma edición)	21
Ecuación 2 ROI	61

A. Desarrollo del Proyecto

1. Generalidades del proyecto

a) Contexto del proyecto

El presente proyecto se desarrolló en un contexto que delimita las problemáticas representadas en el sector de trillado del arroz, en específico en la arrocera él arrozal ubicado en santa teresa Carazo

El mejoramiento de la capacidad en el proceso de trillado de arroz puede tener diversas importancias y beneficios en la cadena de producción y en la industria agrícola en general. Lo cual nos permitirá tener unas mejoras significativas en las áreas como:

Eficiencia Operativa, Reducción de Costos, Cumplimiento de la Demanda del Mercado y Mejora de la Calidad del Producto.

Esto tendría un impacto directo en la competitividad de la arrocera ya que con los objetivos que se persiguen se pretende establecer una base sólida para que se prosiga con la mejora continua, en este caso desarrollando un plan de mantenimiento que nos permite tener una mejor eficiencia en las maquinarias que intervienen en el proceso de trillado de arroz, lo cual conlleva a un mejor funcionamiento de las mismas y un mejor tiempo de permanencia en el tiempo con respecto a su vida útil de la maquinaria , a su vez se pretende tener un impacto en los cliente , produciendo en menos tiempos y brindando el servicio en el tiempo que se demande, persiguiendo el bien común que en toda industria se presenta que es la satisfacción del cliente .

b) Objetivos generales y específicos**General:**

Mejorar la eficiencia de producción en el proceso del trillado de arroz utilizando la metodología DMAIC en la pyme “*El Arrozal*” ubicada en el municipio de Santa Teresa-Carazo, durante el periodo de septiembre a noviembre del año 2023.

Específicos:

1. Diagnosticar la situación actual de la empresa en materia de eficiencias y tiempos de trabajo.
2. Identificar las variables críticas dentro del proceso productivo.
3. Determinar el problema principal que afecta el índice de productividad en el proceso productivo de trillado del arroz.
4. Realizar propuestas de mejora a las condiciones actuales del trillo “*El arrozal*”.

c) Justificación

El proyecto tiene como objetivo fundamental mejorar la eficiencia productiva de la arrocera "*El Arrozal*" en Santa Teresa, Carazo, a través de la implementación de un plan integral de mantenimiento. La empresa enfrenta desafíos significativos debido a la falta de cuidado en sus maquinarias, lo que ha impactado negativamente en la producción y rentabilidad.

La metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) será aplicada de manera sistemática. Se realizará un diagnóstico detallado para identificar las áreas críticas y determinar el problema central que requiere atención inmediata. La ausencia de mantenimiento preventivo y correctivo ha generado costos operativos innecesarios, tiempos de inactividad no planificados y una disminución en la calidad del producto final.

La implementación de un plan de mantenimiento efectivo se espera que genere beneficios sustanciales, como un aumento significativo en la eficiencia operativa, la reducción de tiempos de inactividad no planificados, mejora en la calidad del arroz procesado y la optimización de costos operativos para maximizar la rentabilidad.

Este proyecto no solo aborda los desafíos actuales, sino que también sienta las bases para una cultura de mantenimiento preventivo, contribuyendo así al desarrollo económico de la región. La ejecución de este proyecto no solo busca superar los desafíos actuales, sino también establecer una cultura de mantenimiento preventivo que garantice la viabilidad y el crecimiento continuo de la arrocera "*El Arrozal*".

d) Visión de la empresa

Somos una empresa cristiana enfocada en la industrialización y comercialización del arroz fundamentada en el valor y la excelencia comprometida con Dios y la seguridad alimentaria.

e) Misión de la empresa

Establecernos en el mercado como marca líder con suma calidad, precios justos y atención personalizada para impactar la sociedad con arroz “*La Codorniz*” y sus derivados.

f) Valores características comerciales y operacionales de la empresa

Los valores comerciales de una empresa de trillado de arroz son los principios fundamentales que guían sus operaciones y relaciones comerciales. Estos valores son esenciales para establecer la cultura empresarial, mantener la integridad y construir relaciones sólidas con clientes, proveedores y empleados. A continuación, se presentan los valores comerciales que encontramos en la arrocera el arrozal:

Calidad: Compromiso con la producción de arroz de la más alta calidad y estándares de excelencia en cada etapa del proceso de trillado.

Integridad: Actuar con honestidad y transparencia en todas las transacciones comerciales y relaciones con las partes interesadas.

Sostenibilidad: Promoción de prácticas agrícolas y de procesamiento sostenibles que protejan el medio ambiente y contribuyan al bienestar a largo plazo de la comunidad.

Responsabilidad social: Compromiso con el bienestar de la comunidad local y la promoción de buenas prácticas laborales y éticas.

Servicio al cliente: Atención a las necesidades y expectativas de los clientes, proporcionando un servicio excepcional y productos de calidad.

Estos son algunos de los valores que dicha empresa mantiene actualmente desde su fundación.

g) Reseña Histórica

La arrocera “*El Arrozal*” ubicada en el municipio de Santa Teresa – Carazo es una pequeña empresa, que brinda un servicio y un producto enfocados en el sector agropecuario, mediante el trillado del arroz, produciendo su propio producto bajo la marca “*La Codorniz*” y la prestación del proceso del trillado a pequeños agricultores locales.

“*El Arrozal*” comienza su actividad en el año 2018, se podría decir que es una empresa relativamente joven, esta se encuentra bajo el cargo y dirección del señor Don Silvio López quien es el gerente propietario de la misma, don Silvio siempre ha estado relacionado con la producción del arroz, siendo este Ingeniero Agrónomo, dedicando a esto así varios años de su vida. Luego de ciertos problemas personales en su último trabajo esté renuncia, para incursionar de manera independiente en el comercio y producción del “*Oro blanco*” (Arroz).

Después de haber trabajado tanto tiempo en esta rama y gracias al conocimiento obtenido decide laborar en lo mismo bajo la idea de ofrecer un servicio y un producto de calidad y que ayude al productor local, gracias a las relaciones forjadas en el camino la adquisición de la maquinaria e infraestructura no fue un problema.

Hoy en día cuenta con un local, maquinaria, y una clientela fuerte, gracias a los bajos precios respecto a la competencia, formando así oportunidades laborales, y buscando siempre la expansión de infraestructura y comercio.

- Criterios comerciales y características operacionales de las empresas:

Existen muchos tipos de empresas que ofrecen un bien o servicio estas tienden a clasificarse, valorando distintos aspectos que la componen tales como: Su tamaño, sector económico, la propiedad de su capital, el ámbito de su actuación y su forma jurídica.

- Por su tamaño:

Las empresas pueden clasificarse según su tamaño en grandes, medianas, pequeñas y microempresas. Esta clasificación se hace normalmente según el número de colaboradores que esta contenga (Van der Kamp, 2006).

“*El Arrozal*” debido a la corta trayectoria y una producción no tan elevada, el número de sus colaboradores son seis, entrando en la clasificación de pequeña-empresa.

- Finalidad:

Según su finalidad se clasifican en empresas con ánimo de lucro y sin ánimo de lucro.

Empresas con ánimo de lucro son aquellas cuyos beneficios obtenidos mediante la prestación de un servicio o producto son reinvertidos en sus propietarios (Hernández, 2021). Entrando en esta clasificación “*El Arrozal*”

- *Actividad Económica:*

Al ser una empresa que transforma materia prima directamente obtenida de la naturaleza, en este caso enfocada en la agricultura, su actividad económica está en el sector primario (Hernández, 2021).

- *Por su filosofía y valores:*

En “*El Arrozal*” conserva un perfil Mecanicista y Tradicional, donde se asignan tareas y responsabilidades jerárquicas, se utiliza sistema de normas y reglas abstractas que señalan las responsabilidades y deberes de cada integrante (Luz, 2013).

- *Por su tecnología:*

Presenta una escasa inversión en tecnología, gran parte del proceso se realiza mediante el uso de maquinaria, pero siempre está presente la mano humana, no es un proceso automatizado (López, 2020). Siendo así una empresa tradicional, no artesanal.

- *Régimen Jurídico:*

Tenemos como primera clasificación “*El empresario individual*” o “*Unipersonal*”, Es la persona física que realiza en nombre propio y por medio de una empresa, una actividad comercial, industrial o profesional (Tena, 2021).

“*El Arrozal*” al estar a cargo y siendo único propietario en este caso don Silvio entra en esta clasificación.

h) Articulación entre planes, programas y proyectos

Dado que en la empresa solo se está ejecutando un proyecto y es la instalación de una secadora, que momentáneamente está en paro, no podemos correlacionar las acciones que se tomarán con el proyecto que actualmente se tiene en la empresa y dado que el arrozal es una pequeña empresa, no se cuentan con programas de mejora continua que podamos asociar a nuestro estudio en la misma.

i) Ciclo de vida del proyecto

El proyecto según lo estipulado tiene una duración en su investigación de 3 meses, dado que es el tiempo establecido para realizar nuestras investigaciones.

<i>Entregables por semana para proyecto de graduación.</i>							
Semana		Semana 1-6	Semana 7-9	Semana 9-10	Semana 11-12	Semana 13-14	Semana 15-16
<i>Actividad</i>	<i>Día de entrega</i>	sep-18	oct-09	oct-16	oct-30	nov-13	nov-27
Portada							
Definir							
Medir							
Analizar							
Mejorar							
Controlar							
Cierre de proyecto							
Conclusiones							
Recomendaciones							
Lecciones aprendidas							
Bibliografía							
Anexo							

Tabla 1 Ciclo de vida del proyecto (Fuente propia)

j) Resultados esperados

Los resultados esperados de esta investigación es que podamos recopilar datos e información relevantes para poderla procesar, utilizando las distintas herramientas ingenieriles que tenemos a nuestro alcance y conocimiento, las cuales se verán implementadas en el desarrollo de esta investigación, a su vez analizar los datos e información de la mejor manera para poder enfocar nuestro proyecto a las áreas más afectadas dentro de la empresa e implementar contramedidas que aporte al fortalecimiento y crecimiento de la cadena de valores que conforman dicha empresa.

B. Metodología de Desarrollo

1. Descripción de la metodología utilizada (DMAIC)

“DMAIC es una estrategia de Lean Six Sigma utilizada para la mejora de procesos. Para alcanzar un resultado óptimo, este método hace uso de datos recolectados y analizados posteriormente para proponer soluciones precisas. DMAIC es muy útil para dar soluciones a problemas con causas desconocidas”. según lo afirma (Rocha 2022)

En la metodología DMAIC existen 5 etapas, dichas etapas dependen una de la otra para poder desarrollar un proyecto DMAIC que son (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) A continuación, se presenta una descripción detallada de cada fase en la cual se desarrollaran diferentes metodologías para que cada una de ellas trabaje bajo el enfoque y objetivos de dicha investigación:

Definir (Define): SEGÚN (Rocha 2022) “La etapa de definición trata de establecer el problema que se trata solucionar. Si la organización ya cuenta con los requerimientos de los stakeholders, el proceso de definición será un poco más sencillo de realizar. Con esta clase de requerimientos nos referimos a las expectativas de los clientes y de los interesados, y que estas se satisfagan con la calidad esperada”

En dicha etapa aterrizada a nuestro contexto, se identifican claramente los objetivos del proyecto y se establecen los límites del proceso a mejorar. Se definen las expectativas del cliente y se desarrolla un equipo multifuncional que trabajará en el proyecto. Es esencial comprender el problema y establecer metas claras para orientar las acciones posteriores.

Medir (Measure): “Una vez que el equipo haya identificado cuál es el problema dentro del proceso, es momento de medir para poder saber el tamaño del problema. Con medir nos referimos a la recolección de datos, sobre todo los de tiempo ciclo o mediciones sobre la calidad del producto que el cliente recibe” (Rocha 2022).

En esta fase, se recopilan datos para evaluar el rendimiento actual del proceso. Se identifican las variables clave que afectan la calidad y eficiencia del proceso. La recopilación de datos puede incluir mediciones, análisis de tendencias y evaluación de la capacidad del proceso. La información obtenida proporciona una base objetiva para la toma de decisiones informadas.

Analizar (Analyze): En esta etapa, se examinan detalladamente los datos recopilados para identificar patrones, tendencias y posibles fuentes de variación .se utilizan herramientas de análisis estadísticos para comprender las relaciones causadas (M,L 2002)

Durante esta etapa, se investigan las causas raíces de los problemas identificados en la fase anterior. Se utilizan diversas herramientas estadísticas y de análisis para identificar patrones, tendencias y relaciones entre variables. El objetivo es comprender a fondo las razones detrás de los problemas y desarrollar soluciones efectivas.

Mejorar (Improve): “Las primeras 3 fases llevaron a cabo un exhaustivo estudio del problema, pero ahora si en la fase de mejora toca al equipo ponerse manos a la obra y proponer soluciones” (Rocha 2022)

En esta fase, se implementan las soluciones propuestas durante la fase de análisis. Se llevan a cabo cambios en el proceso con el objetivo de mejorar el rendimiento. Estos cambios pueden ser pequeños ajustes o modificaciones significativas, dependiendo de la naturaleza del problema. Es crucial monitorear de cerca los resultados para asegurarse de que las mejoras sean efectivas.

Controlar (Control): “Elementos del Control Estadístico de Procesos o SPC serán necesarios para monitorear los procesos y responder con rapidez a alguna variación o falla que se pueda presentar” (Rocha 2022)

La última etapa se centra en mantener y controlar las mejoras implementadas. Se establecen medidas para monitorear continuamente el rendimiento del proceso y se implementan controles para prevenir la recurrencia de problemas. Se desarrollan sistemas de seguimiento y se capacita al personal para mantener y mejorar el nuevo estado del proceso a lo largo del tiempo.

La metodología DMAIC es parte integral de la filosofía Six Sigma y se utiliza para abordar problemas de calidad, eficiencia y rendimiento en diversos entornos industriales. Al seguir este enfoque estructurado, las organizaciones pueden lograr mejoras sostenibles en sus procesos y, en última instancia, satisfacer las expectativas del cliente de manera más efectiva.

a) Definir

- *Project Charter*

CHARTER				
Nombre del proyecto	Incremento de la Eficiencia			
Fecha de inicio de ejecución	18-sep-23	Fecha fin estimada	27/11/2023	EBITDA CS 167,006.76
Planteamiento del problema	De junio a septiembre del 2023 en el área de trillado de arroz de El Arrozal presentó un % de Eficiencia del 71% generando pérdidas de CS 222,675.69 para estos 4 meses del corriente, que de no tomar acciones al final del año tendría un impacto anual de CS 167,006.76.			
Sintomas detallados	No se esta alcanzando la producción por hora de 20 qq de arroz oro empacado.			
Descripción del objetivo	Incrementar el % de Eficiencia del 71% al 90% disminuyendo el impacto por baja eficiencia en CS 108,554.40			
Clientes principales	Socios comerciales, pulperías, codistribuidores.			
Alcance	Dentro:		Fuera:	
	Proceso productivo de trillado de arroz.		Análisis de materia prima de proveedores	
Equipo de trabajo	Recurso	Cargo	Nombres y apellidos	% Tiempo semana
	Patrocinador	Dueño	Silvio Antonio López Solís	
	Líder	Gerente	Bryan López	
	Dueño del proceso	Maquinista	Edwing Sanchez	
		Embalaje		
Equipo de trabajo		Mario Anthony Cortez Reyes		
		William Elías Quiroz Salazar		
		Jefferson Enmanuel Sandoval Sevilla		
Beneficios del proyecto				
Tangibles	Mayor numero de qq producidos			
Intangibles	Incremento de la Eficiencia			
	Mejor administración de las horas hombres involucradas en el proceso			
	Aprovechamiento de la maquinaria instalada.			
Puntos de atención / riesgos del proyecto			Factores Críticos de Éxito / Supuestos claves	
Resistencia del personal a cambios culturales necesarios.			Necesario respaldo financiero y de liderazgo desde el principio.	
Problemas durante la integración de nuevos sistemas referente a un correcto registro de datos.			Necesidad de evaluar y registrar constantemente los datos acerca de la mejora productividad.	
Firmas				
Patrocinador	Firma:		Fecha:	
Líder	Firma:		Fecha:	
Dueño del proceso	Firma:		Fecha:	

Tabla 2 Project Charter (Fuente propia)

- SIPOC

“SIPOC es una herramienta que resume las entradas y salidas de uno o más procesos en forma de tabla. Es un acrónimo que significa Suministros, Entradas, Procesos, Productos y Clientes. Algunas organizaciones utilizan el acrónimo COPIS, que coloca al cliente en primer lugar e ilustra el valor del cliente para la organización.” (Niño 2021)

En este caso el diagrama SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer)

Nos brinda de manera gráfica e integral una visión global y estructurada del proceso que se lleva a cabo en la arrocera el Arrozal, facilitando la comprensión, la comunicación y la mejora continua que este nos represente.

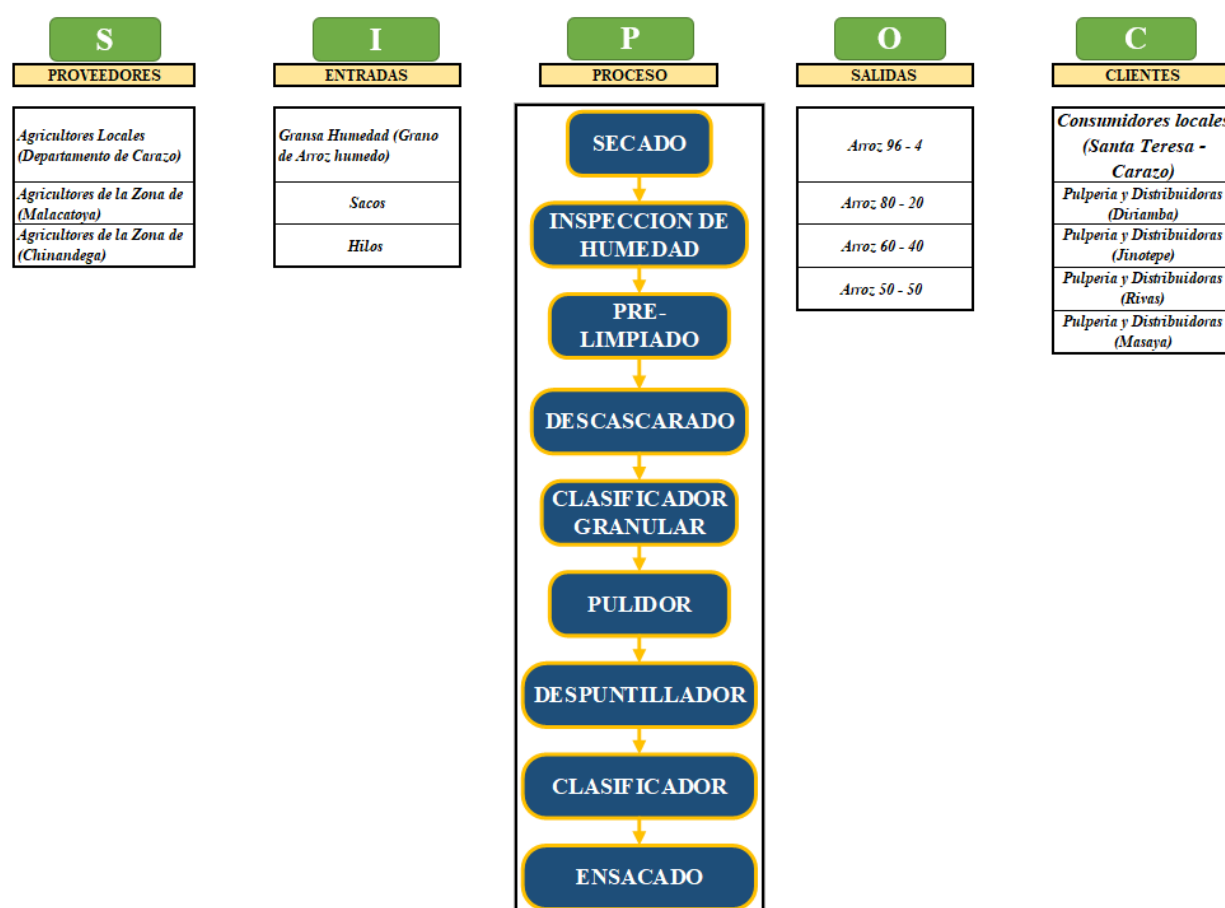


Ilustración 1 SIPOC (Fuente propia)

- Descripción del diagrama SIPOC:

Un diagrama SIPOC es una herramienta que describe de manera concisa un proceso, proporcionando información sobre los Proveedores, Insumos, Proceso, Salidas y Clientes. A

continuación, se presenta un resumen breve utilizando un diagrama SIPOC para el proceso del arroz:

Proveedores:

Agricultores (suministran arroz cosechado).

Insumos:

Arroz cosechado.

Sacos e Hilos

Proceso:

Secado: Reducción de la humedad en el arroz.

Pre-limpiado: Eliminación de impurezas.

Descascarado: Remoción de la cáscara del arroz.

Clasificación Granular: Inspección y separación de granos defectuosos.

Pulidor: Proceso para mejorar la apariencia y calidad del arroz.

Des puntillado: Eliminación de extremidades no deseadas.

Ensacado: Empacado del arroz para su distribución.

Salidas:

Arroz procesado (qq) y ensacado.

Clientes:

Distribuidores minoristas y mayoristas, consumidores finales.

El diagrama SIPOC se usa para:

Claridad en el proceso: Proporciona una visión general fácil de entender sobre las partes clave del proceso.

Identificación de partes interesadas: Destaca a los proveedores y clientes involucrados en el proceso.

Enfoque en los insumos y salidas: Ayuda a entender qué entra y sale del proceso, facilitando la identificación de posibles problemas o mejoras.

Orientación hacia la calidad y eficiencia: Permite identificar áreas críticas donde se puede mejorar la calidad y eficiencia del proceso.

- Visualizaciones de flujo (VSM)

“Un VSM (Value Stream Mapping) o mapa de flujo de valor es una forma de analizar el estado actual del proceso productivo y desarrollar un estado futuro más eficiente. Este proceso te ayuda

a visualizar cómo trabajas, lo que te permite descubrir qué áreas necesitan mejoras”. (ASANA 2022)

En el contexto de la investigación, el diagrama de flujo se utiliza con varios propósitos en específico para determinar el cálculo de la eficiencia que se refleja en las tablas de cálculo en Excel.

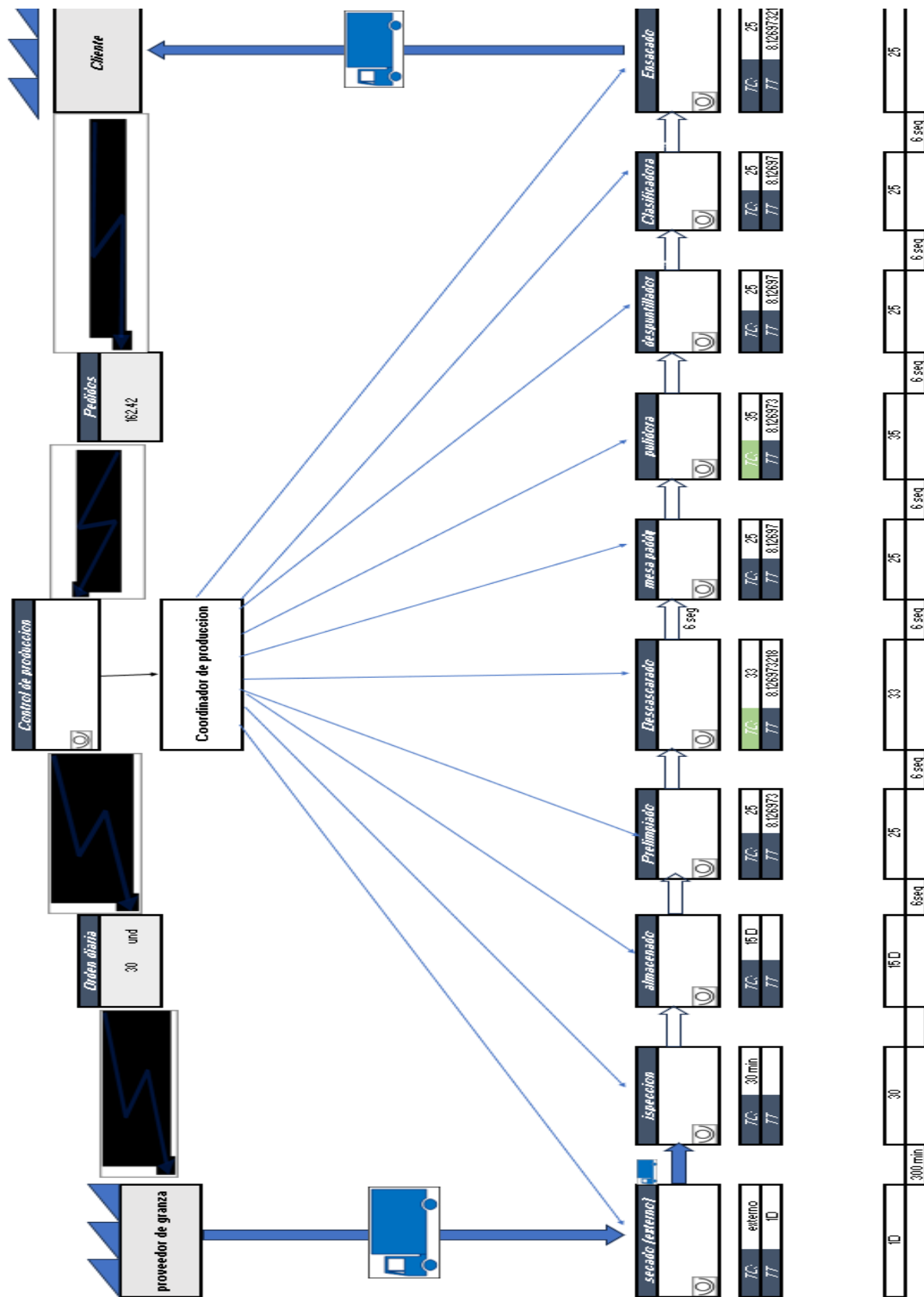


Ilustración 2 Value Stream Mapping (VSM) (Fuente propia)

Cálculo de las tablas en Excel. El propósito de las mismas es analizar operaciones cuantitativas para determinar indicadores para calcular la eficiencia del trillado del arroz esto de la mano de la información obtenida en el VSM.

Mes	Contado	Credito	Demanda mensual
junio	74,47	684,5	758,97
julio	63,62	623,55	687,17
agosto	51,38	779,58	830,96
septiembre	49,06	467,5	516,56
promedio de los ultimos meses			698,415
promedio por semana			162,422093
promedio por día			29,53128964

TC*SACO	4,3333333	min	
TC TOTAL	260	seg	
Takt Time	4	0,1354496	8,126973218
Capacidad Real	4,3	Timepo Ciclo para obtener un saco en Minuto	
258	Timepo Ciclo para obtener un saco en Segundo		
7	Maquinaria		
7	Elevadores - Trasportes	duracion en s	6
Capacidad Nominal	21	qq * hora	
2,857142857	Timepo Ciclo para obtener un saco en Minuto		
171,4285714	Timepo Ciclo para obtener un saco en Segundo		

Total de duracion de transporte	42		
empo disponible en maquinaria - Transpor	216	Capacidad Real	
empo disponible en maquinaria - Transpor	129,4285714	Capacidad Nominal	
Tiempo disponible entre maquinaria	30,85714286	Capacidad Real	
Tiempo disponible entre maquinaria	18,48979592	Capacidad Nominal	

Tabla 3 Value Stream Mapping (VSM) (Fuente propia)

El VSM permite identificar variables cuantitativas para encontrar las diferencias de capacidad que existen en el trillo de arroz El Arrozal entre lo real y lo deseado de lo cual se obtuvieron los siguientes resultados.

La demanda se dividió entre mes, semana y días obteniendo la demanda por día de 29.53 quintales, esto nos permitió encontrar el Takt-Time que es de 8.1 segundos, que según (Medina 2021) “Takt es una palabra proveniente del alemán que en términos musicales significa compás o intervalo. En el sistema productivo, Takt es el ritmo de las ventas en el mercado.

Este ritmo se calcula dividiendo las horas diarias de trabajo entre el número de órdenes de pedido que debemos entregar cada día”

En este caso el Takt time es de 8.1 lo que significa que este es el determinante para representar el tiempo disponible para completar una unidad de producción para cumplir con la demanda del cliente, este se encontró dividiendo el tiempo disponible para trabajar entre las unidades requeridas de lo cual el tiempo nominal es de 21 quintales por hora, el tiempo nominal de ciclo para obtener

un saco en minutos es de 4.3 existiendo una gran diferencia entre lo real y nominal es así que se tiene un punto de partida para saber que es un punto a mejorar, esto con la finalidad de llevar al trillo a los niveles óptimos de capacidad y tener un mejor aprovechamiento de los recursos.

b) Medir

- Mapa de proceso

El arroz (*Oryza Sativa* L) es el cereal más cultivado en el mundo y su importancia crece cada día, debido a su industrialización y al aumento de población mundial. En América Latina la tercera parte de calorías que consumen sus habitantes proviene de este grano. En Nicaragua ocupa el tercer lugar, después del maíz y frijol con un consumo anual de 45 kilogramos, siendo este consumo per cápita el más alto de Centroamérica, después de Costa Rica con 55 kilogramos (Agropecuaria, 2009).

El concepto de proceso productivo designa a aquella serie de operaciones que se llevan a cabo y que son ampliamente necesarias para concretar la producción de un bien o de un servicio. Cabe destacarse entonces que las mencionadas operaciones, acciones, se suceden de una manera, dinámica, planeada y consecutiva y por supuesto producen una transformación sustancial en las sustancias o materias primas utilizadas, es decir, los insumos que entran en juego para producir tal o cual producto sufrirán una modificación para formar ese producto y para más luego colocarlo en el mercado que corresponda para ser comercializado. Con lo expuesto queremos indicar que el proceso productivo o cadena productiva, como también se lo denomina, implica desde el diseño, la producción misma del producto hasta el consumo del mismo por parte de los consumidores. Además, en este proceso participan recursos físicos, económicos, tecnológicos y humanos, entre otros. (Pérez & Gardey, 2008)

En el mapa de proceso podemos ver representadas las partes de la empresa y las operaciones que se realizan en cada una de ellas. las cuales se describen a continuación

- Recepción de la granza humedad:

Una vez realizado el acuerdo con el proveedor mediante el uso de transporte (Camiones) se recepciona la granza humedad, esta es obtenida de distintos departamentos del país tales como: Rivas, Chinandega, León, entre otros.

- Transporte:

La granza humedad es transportada al trillo para iniciar con el proceso de secado.

- Secado:

Proceso muy importante que requiere de un tiempo prudencial. Si el secado es muy lento, se permite el desarrollo de microorganismo por el alto contenido de humedad, lo cual provocará un calentamiento de la masa y en consecuencia un deterioro del mismo. Por otro lado, si el secado es muy rápido se corre riesgo de que el grano sufra daños en su carióspside y la muerte del embrión a causa del excesivo calor. En la mayoría de los países de América Latina, el contenido de humedad de los granos para un almacenamiento seguro comprende un rango de 11 a 13 por ciento, base húmeda, para los principales tipos de granos.

Para realizar este proceso, existen dos métodos:

Convección natural: la energía solar es utilizada directamente sobre el grano.

Convección forzada: a través de un soplador, el aire transportará el calor a la masa del grano. (Marcos, 2007).

Cabe aclarar que el proceso de secado no es realizado en “*El Arrozal*” sino que mediante la prestación de este servicio esta etapa es realizada en otros trillos que cuenta con patios para secado, dejando claro que ellos usan la “*Convección Natural*”.

- Almacenado:

Luego de haber secado el arroz y haber obtenido el contenido de humedad óptimo que es de 12% se procede a recolectar el grano de arroz con cascara ya seco y ser transportado ahora sí al arrozal, para así ser almacenado en silos o pilas de concreto esta etapa debe de contar con ciertas características puntuales tales como:

Las condiciones recomendadas de temperatura (17°C a 18°C), humedad (humedad relativa del aire inferior al 65% o 70%).

Almacenamiento en medios pobres de oxígeno. Con ello se frenará el riesgo de degradación del grano y lograr un período de almacenamiento más grande.

El tiempo de almacenamiento y la conservación de su calidad están estrechamente correlacionados con el contenido de humedad y la temperatura de la masa de granos, dejando claro que un correcto almacenamiento es prudencial para una buena calidad del producto.

- Trillado del Arroz:

El trillado es un proceso que engloba varias etapas las cuales son de manera consecutiva, la trilladora de arroz está compuesta de maquinarias individuales que realizan una operación en específico para así obtener un buen resultado final, donde no se puede realizar una operación sin

previamente haber realizado la operación que le antecede, dando así lugar a maquinarias que trabajan en conjunto para realizar un proceso.

Es un proceso que involucra varios equipos y no simplemente una máquina. Cada etapa depende de la anterior para que se obtengan los resultados buscados. La precisión del proceso en cada máquina, en cada paso, va de mayor a menor.

Se podría dar un concepto general de la etapa del trillado del arroz, es una función que consiste en desprender y separar los granos y semillas de la suciedad, cáscaras y elementos que acompañan a la materia prima, y que no son deseados en el producto final, esto se logra a través de la frotación y choques repetidos, resultado de distintos elementos mecánicos.

- *Pre-limpiado:*

Después de ser almacenado se abren las compuertas de los silos o pilas que almacenan al arroz para así ser transportado por el primer elevador hacia la Pre-limpiadora encargada de eliminar las impurezas que han quedado en la materia prima como piedras, tallos, otras semillas y basura esto debido a que el arroz es almacenado en su estado natural, en el proceso de industrialización se debe de obtener un grano limpio y entero para poder aplicar a pasar por los otros procesos.

- *Descascarado:*

Es la operación que consiste en separar el lema, patea y glumas estériles, que constituyen la cáscara del arroz, dejando el endospermo y el embrión con su cubierta; mediante fricción por medio de piedras muelas o rodillos de hule (Marcos, 2007).

El descascarado se realiza por la combinación de tres efectos: presión de los rodillos, efecto de la velocidad diferencial de los rodillos e impactó, contra la platina colocada debajo de la descarga de los rodillos (Rodríguez., 2003).

En el arrozal hace uso de los rodillos de hule los cuales son accionados por motores eléctricos y poleas. Anexada a esta máquina se encuentra en su parte inferior un “*Ventolin o Ventilador*” que luego de ser descascarado el grano en su caída mediante la fuerza aerodinámica producida separa el grano de arroz de la cáscara para que finalmente mediante un conducto la cáscara sea depositada en su determinada área.

- *Clasificación granular:*

Luego de ser descascarado el arroz pasa por la Clasificación granular en las que se separa los granos que fueron descascarados en su totalidad (arroz) los que pasan a la base para el siguiente

proceso y los granos que aún contienen cascarilla (arroz Paddy), son regresados a la máquina de descascarado y así obtener la totalidad de los granos descascarados (Elizabeth., 2016).

Con el vaivén la máquina separa el grano en 2 grupos el “Arroz *entero*” ya sin cáscara y el “Arroz *Paddy*”, la separadora de Paddy selecciona, con base en las diferencias de densidad de los productos, el arroz descascarado y el Paddy no descascarado.

- Pulidor:

Proceso para remover del arroz los tegumentos (capa fina grasos de color gris plata a veces rojo), el embrión y partículas de harina que quedan adheridas al grano, para darle un aspecto liso y brillante (lustre) (Marcos, 2007)

En el proceso de blanqueado o pulido busca ejercer una acción lo suficientemente fuerte para separar las capas blandas (salvado) sin que haya demasiado esfuerzo y demasiada presión que puedan dañar el grano.

El proceso de blanqueado genera calor que aumenta la temperatura del grano, para que la remoción de harina sea efectiva.

Anexa al pulidor se encuentra también otro “*Ventolin*” que en este caso se encarga de separar la semolina obtenida en el pulido y mediante un conducto dirigirla al embudo de semolina.

- Despuntilladora:

Fase final en el proceso de trillado del “*Arrozal*” separa el grano entero y quebrado de la puntilla, la cual no agrega valor, después de la separación mediante 2 brazos metálicos, en el primero el grano entero y el quebrado cae y en el 2do la puntilla, que es destinada según se vea conveniente.

- Clasificación:

Proceso final que sirve para separar y seleccionar los granos quebrados, y partículas finas del grano entero, quedando listo para el pesado y ensacado, y así realizar la clasificación según la necesidad del cliente ya sea 50-50, 60-40, 80-20 o la más alta calidad 96-4 (Marcos, 2007).

- Ensacado:

El arroz pilado se comercializa a granel o en envases que permitan mantener sus características. Para ello se utilizan sacos nuevos con capacidad de 50 kg. neto o, con menor capacidad según acuerdo con el productor o comerciante (Marcos, 2007).

- Diagrama de Recorrido de “El Arrozal”

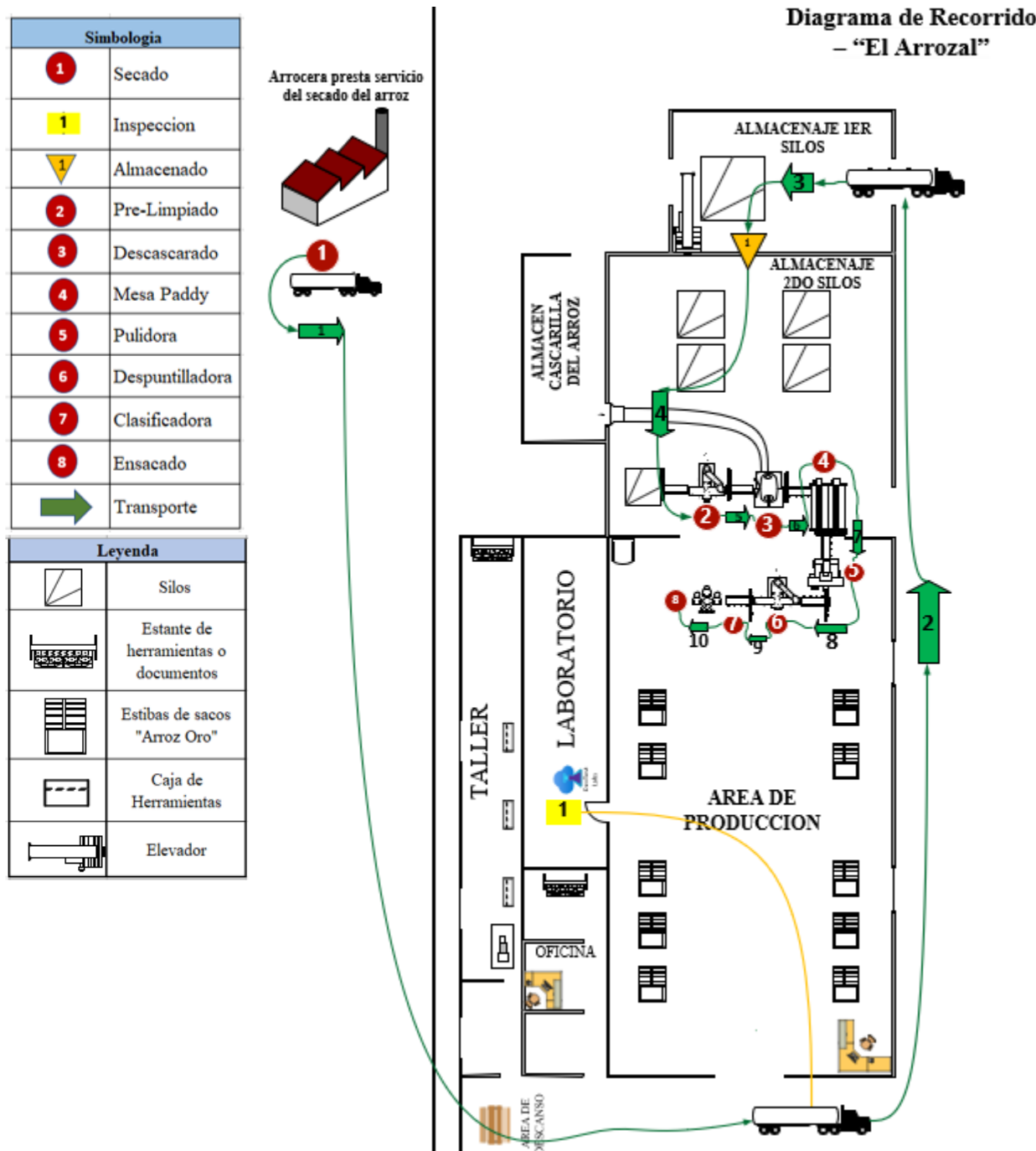


Ilustración 3 Diagrama de recorrido "El Arrozal" (Fuente propia)

- Descripción del diagrama de Recorrido:

El diagrama planimétrico de flujo o diagrama de recorrido es una representación gráfica sobre plano del área en la cual se desarrolla la actividad, con las ubicaciones indicadas de los puestos de

trabajo y el trazado de los movimientos de los hombres y/o de los materiales según lo afirmado por (Piqueras 2022).

En este caso el diagrama de recorrido del proceso del arroz es una representación gráfica que ilustra las diferentes actividades involucradas en la producción del arroz, desde la llegada de la materia prima hasta la obtención del producto final ensacado. Incluye actividades como secado, inspección de humedad, pre-limpieza, descascarado, pulido, des puntillado y ensacado.

Un diagrama de recorrido del proceso como este proporciona una visión visual y secuencial de las actividades involucradas en la producción del arroz. Sirve para:

Visualizar el flujo del proceso: Permite comprender de manera clara y ordenada cómo se lleva a cabo cada etapa del proceso, desde el inicio hasta la finalización.

Identificar ineficiencias y cuellos de botella: Facilita la identificación de posibles áreas de mejora, donde se pueden eliminar redundancias, optimizar recursos y mejorar la eficiencia global del proceso.

Planificación y toma de decisiones: Ayuda en la planificación estratégica al proporcionar una representación clara de la secuencia de actividades, lo que facilita la toma de decisiones informadas sobre posibles ajustes o mejoras en el proceso.

- Plan de muestreo

Valores z comunes

Confianza deseada (%)	Valor z (desviación estándar requerida para el nivel de confianza deseado)
90.0	1.65
95.0	1.96
95.45	2.00
99.0	2.58
99.73	3.00

La fórmula para encontrar el tamaño de muestra apropiado, dadas estas tres variables, es:

$$\text{Tamaño de muestra requerido} = n = \left(\frac{zs}{h\bar{x}} \right)^2 \quad (\text{S10-4})$$

donde h = nivel de precisión deseado como porcentaje del elemento de la tarea, expresado como decimal (un 5% = .05)
 z = número de desviaciones estándar requeridas para el nivel de confianza deseado (un 90% de confianza = 1.65; para ver más valores comunes de z , consulte la tabla S10.1 o el apéndice I)
 s = desviación estándar de la muestra inicial
 \bar{x} = media de la muestra inicial
 n = tamaño de muestra requerido

Segunda variación: para aquellos casos donde no se proporciona s , la desviación estándar de la muestra (lo cual sucede comúnmente en la vida real), será necesario calcularla. La fórmula para hacer esto se da en la ecuación (S10-6):

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Cada observación de la muestra} - \bar{x})^2}{\text{Número en la muestra} - 1}} \quad (\text{S10-6})$$

donde x_i = valor de cada observación
 \bar{x} = número de observaciones en la muestra
 n = media de las observaciones

Ecuación 1 Fórmula del Plan de Muestreo (Principios de Administración de Operaciones 7ma edición)

Como en el proceso la variable de estudio es el tiempo promedio en que sale cada quintal de arroz oro trillado, ya que, no existen con datos históricos se usa la siguiente fórmula:

Para averiguar cuánto tiempo tarda en salir un quintal de arroz oro trillado del proceso, se tomaron 30 mediciones iniciales como prueba. Para asegurarse de obtener resultados sólidos, usando la fórmula con un 95% de confianza y un margen de error del 5%. De acuerdo con esos cálculos, el resultado de la fórmula indica que será necesario recolectar 57 muestras para obtener datos precisos. Además, encontramos que la variabilidad en los datos es de 0.8 y la media es de 4.18.

$h =$	5%
$z =$	1.96
$s =$	0.8
<i>media</i> =	4.18867
$n =$	57 muestras

Tabla 4 Plan de Muestreo (Fuente propia)

A pesar de que la fórmula inicial sugirió que se necesitaban 57 muestras, se optó por tener un tamaño de muestra más grande. Durante 15 días, se muestrearon 320 quintales de arroz oro trillado en diferentes intervalos de tiempo a lo largo del turno, ya que la demanda no es tan alta y solo se trabaja por la mañana.

Esta amplia muestra se distribuyó en lotes de 20 quintales cada uno, lo que permitirá obtener una perspectiva detallada y abarcadora del proceso de producción. Ahora, con 320 muestras, se puede analizar con mayor profundidad y precisión el tiempo que tarda en salir cada quintal de arroz del proceso.

- Análisis de capacidad del proceso

Como siguiente paso, se hizo el análisis de estas 320 muestras utilizando Minitab para evaluar la Capacidad del Proceso, permitiendo entender mejor la variabilidad y la consistencia en el proceso de producción de arroz oro trillado. Al desglosar la información mediante esta herramienta, se busca obtener una visión más clara y cuantitativa de cómo el proceso se desempeña en términos de eficiencia.

Identificando posibles áreas de mejora y optimización, asegurando así que el producto cumpla con los estándares establecidos. En consecuencia, los resultados del Análisis de Capacidad llevado a cabo en Minitab se presentarán a continuación, proporcionando una representación visual de las métricas clave y permitiendo una interpretación detallada de los hallazgos.

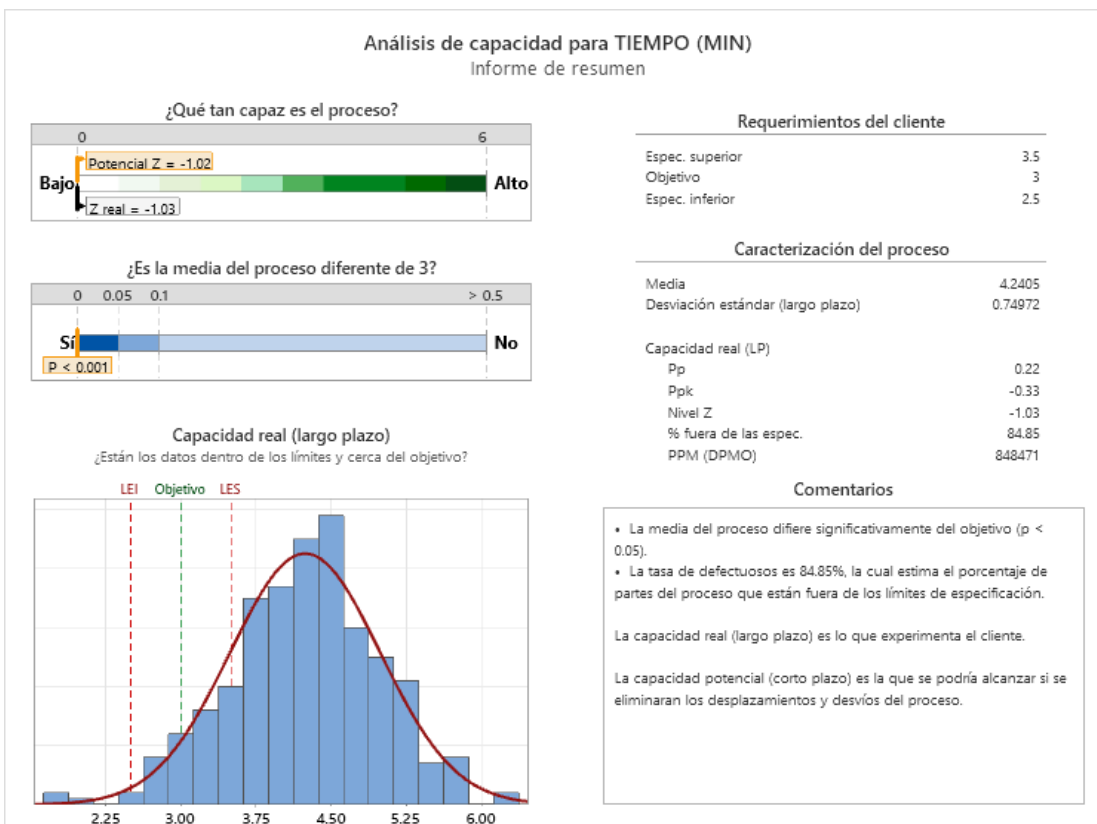


Ilustración 4 Análisis de Capacidad del Proceso de Trillado (Fuente propia)

En este primer conjunto de gráficos del Análisis de Capacidad para la variable de “tiempo” en el proceso de producción de arroz oro trillado, con requisitos del cliente que establecen un rango de 2.5 a 3.5 minutos, buscando producir un quintal de arroz cada 3 minutos.

En la sección de Caracterización del Proceso, la media del tiempo de proceso es de 4.2 minutos, indicando que actualmente se completa la producción de un quintal de arroz oro trillado cada 4.2 minutos. Este valor, en combinación con una desviación estándar de 0.75, revela la variabilidad alrededor de esta media. Una desviación estándar más baja indicaría mayor consistencia en el tiempo de proceso, aspecto clave para la calidad y eficiencia.

Al explorar los índices de capacidad, el pp (Índice de Capacidad del Proceso) con un valor de 0.22 sugiere que el proceso tiene una capacidad limitada para cumplir con las especificaciones del cliente. La baja capacidad señala la necesidad de mejoras para alcanzar estándares más altos.

El Ppk, o Índice de Capacidad del Proceso centrado, con un valor de -0.33, indica que el proceso no está adecuadamente centrado entre las especificaciones del cliente. Este desplazamiento lateral puede contribuir a la falta de cumplimiento de los requisitos establecidos.

Al explorar el Nivel Z, con un valor de -1.03 , se identifica cuántas desviaciones estándar se encuentra el proceso fuera de las especificaciones.

El porcentaje fuera de especificaciones, con un 84.85% , destaca la proporción de productos que no cumplen con los límites establecidos por el cliente. Este alto porcentaje refuerza la necesidad crítica de mejoras para garantizar la calidad del producto.

Para que el proceso sea considerado aceptable, sería deseable tener un pp y un Ppk superiores a 1 , indicando una mayor capacidad y un proceso centrado. Además, un Nivel Z cercano a cero o positivo sería preferible, indicando que el proceso está más centrado dentro de las especificaciones. Reducir el porcentaje fuera de especificaciones y el DPMO a niveles más bajos también sería crucial para mejorar la calidad del producto y la eficiencia del proceso. En conjunto, estos resultados resaltan la importancia de ajustes significativos en el proceso para asegurar una producción consistente y de alta calidad.

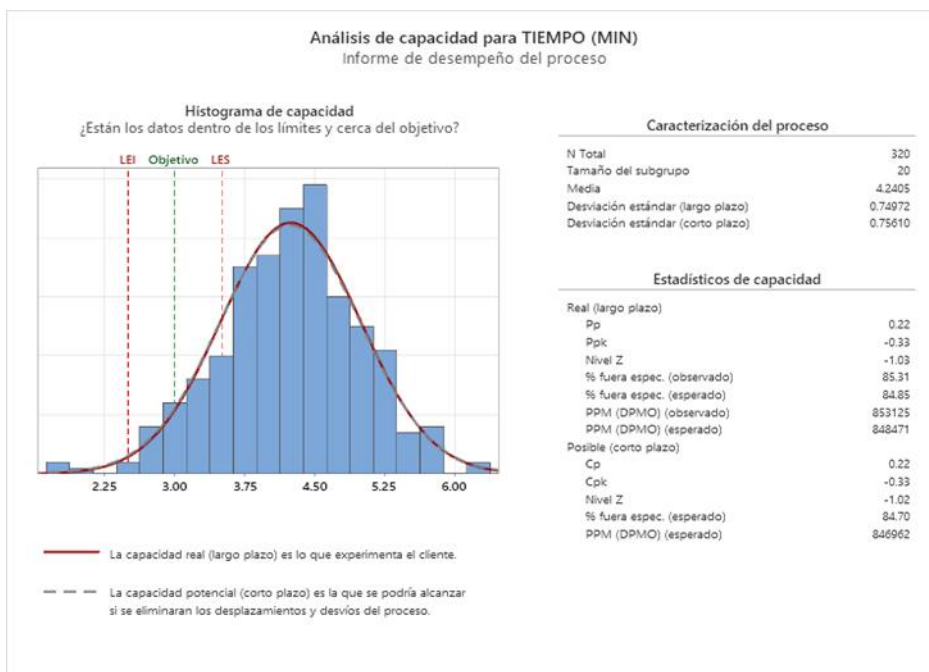


Ilustración 5 Informe de desempeño del proceso de Trillado (Fuente propia)

El índice Cp de 0.22 sugiere que la variabilidad inherente en el proceso es considerable en comparación con el rango aceptable establecido por las especificaciones del cliente. Cuanto mayor sea el valor de Cp , mejor sería la capacidad del proceso para ajustarse a estas especificaciones.

El índice Cpk , que toma en cuenta tanto la variabilidad del proceso como su posición en relación con las especificaciones, tiene un valor de -0.33 . Este valor negativo indica que el proceso está

descentrado y presenta dificultades para ajustarse a las especificaciones del cliente. En otras palabras, hay un sesgo notable hacia uno de los límites de especificación, en este caso el sesgo se encuentra hacia el Límite de Control Superior lo que afecta la capacidad a corto plazo del proceso para producir productos dentro de los rangos deseados.

Existen índices similares llamados Pp y Ppk, que son equivalentes a Cp y Cpk (los cuales se abordaron en la Ilustración 4), pero utilizan la desviación estándar poblacional en lugar de la desviación estándar del proceso. Estos índices también miden la capacidad potencial y real del proceso, respectivamente.

A continuación, se presentan las cartas de control del proceso de trillado de arroz en “*El Arrozal*”.

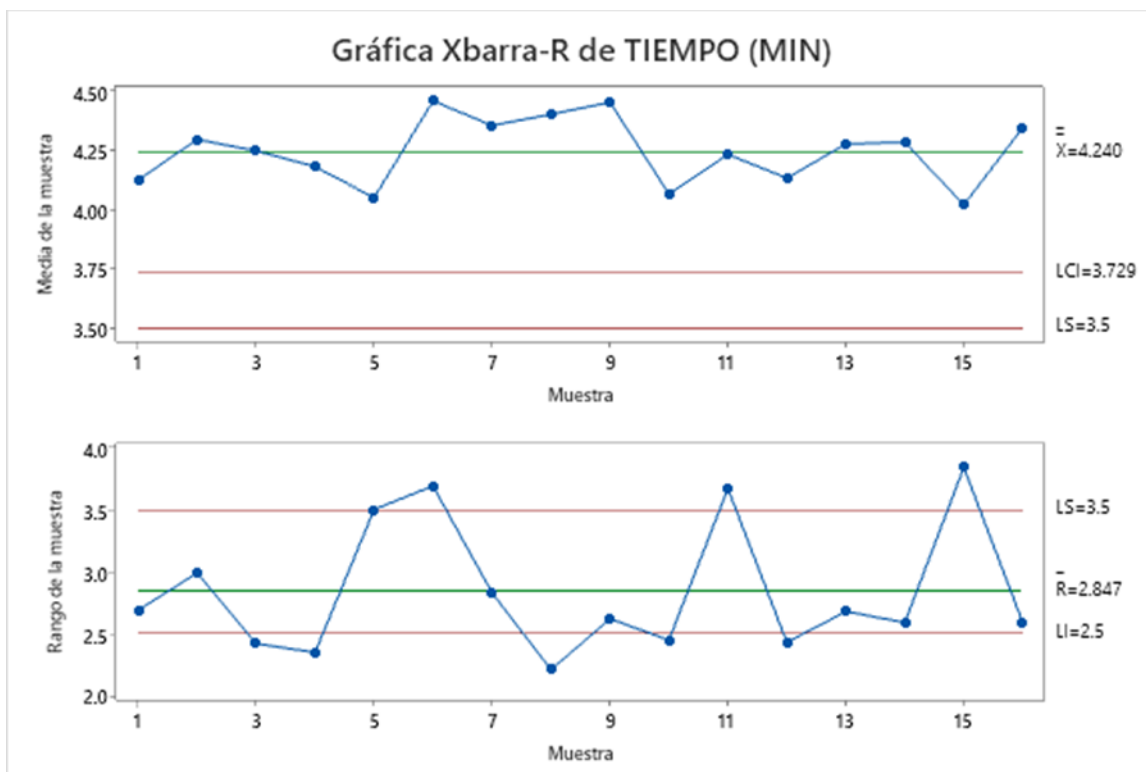


Ilustración 6 Cartas de Control del Proceso Xbarra y X (Fuente propia)

La mayoría de las medias de las muestras en la Gráfica \bar{X} están por encima del Límite de Control Superior (LCS), que está fijado en 3.5. Este patrón sugiere una posible presencia de causas especiales o cambios significativos en el proceso. Puede indicar que algo fuera de lo común está afectando temporalmente la producción. Podría ser una variabilidad aumentada, cambios en las condiciones de trabajo o ajustes en la maquinaria. Es fundamental investigar a fondo estos

resultados para identificar la fuente del problema y tomar las medidas correctivas necesarias para devolver el proceso a un estado controlado y consistente.

En la Gráfica R, existen 5 subgrupos por debajo del Límite de Control Inferior (LCI) y 4 subgrupos por encima del Límite de Control Superior (LCS). Además, hay 7 subgrupos que se mantienen dentro de los límites de control. Esta configuración indica que hay variaciones en la variabilidad dentro de las muestras. Los subgrupos por debajo del LCI sugieren momentos de menor variabilidad, posiblemente debido a condiciones más estables. Por otro lado, los subgrupos por encima del LCS indican momentos de mayor variabilidad. Aquellos subgrupos dentro de los límites de control sugieren períodos de variabilidad considerada aceptable y controlada.

En la evaluación conjunta de las Gráficas de Control \bar{X} y R, se observa un patrón revelador. En la Gráfica \bar{X} , la mayoría de las medias de las muestras superan el Límite de Control Superior (LCS), indicando una tendencia hacia valores superiores a lo esperado y sugiriendo una variación sistémica o una posible tendencia ascendente en el proceso. Por otro lado, en la Gráfica R, la variabilidad en los rangos de los subgrupos muestra una heterogeneidad notable. Se identifican 5 subgrupos por debajo del Límite de Control Inferior (LCI), 4 por encima del LCS y 7 dentro de los límites de control. Esta diversidad en la variabilidad puede asociarse con momentos de variación inusual. La correlación entre la tendencia ascendente en las medias y la variabilidad heterogénea en los rangos resalta la complejidad del comportamiento del proceso. Será fundamental realizar un análisis detallado de cada subgrupo, identificar causas especiales y tomar medidas. La combinación de información de ambas gráficas proporciona una visión más completa y precisa del estado del proceso.

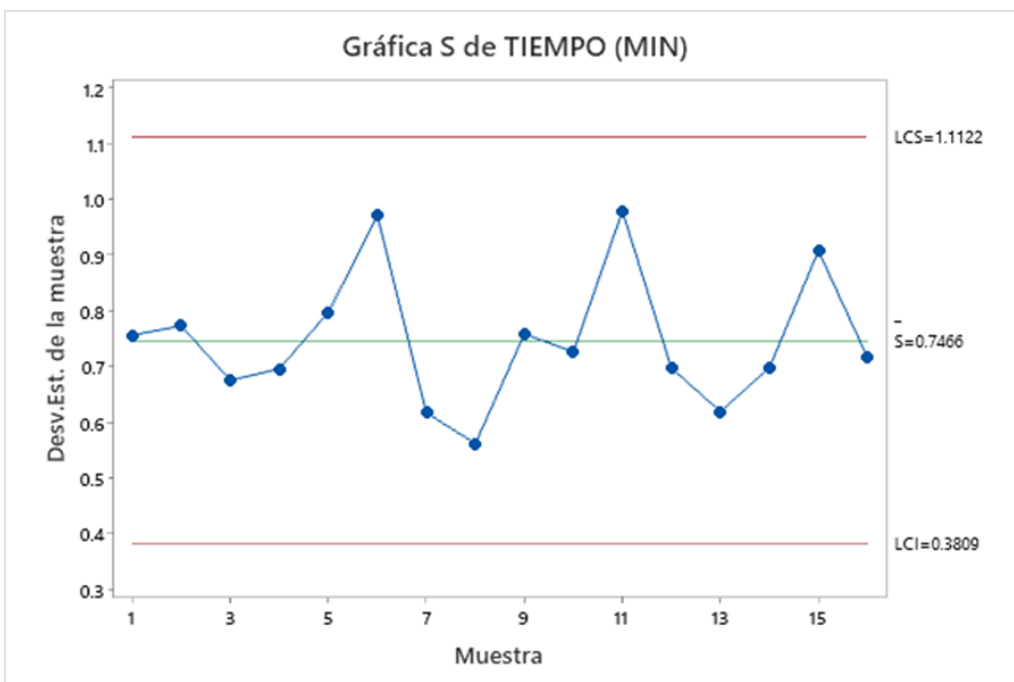


Ilustración 7 Gráfica de Control S (Fuente propia)

La Gráfica de Control S, que representa la variabilidad en los tamaños de los subgrupos (desviación estándar), muestra un patrón alentador con los 16 subgrupos dentro de los límites de control. Esto significa que la variabilidad en los tamaños de los subgrupos no exhibe señales de variación inusual. Específicamente, con un Límite de Control Inferior (LCI) de 0.38 y un Límite de Control Superior (LCS) de 1.1122, el valor de la desviación estándar (S) de 0.7466 se sitúa cómodamente entre estos límites.

La ubicación de los subgrupos dentro de los límites de control en la “Gráfica S” sugiere una consistencia en la variabilidad de los tamaños de los subgrupos. Esto puede interpretarse como una estabilidad en la precisión y consistencia del proceso en términos de la dispersión de los datos. Dado que no hay subgrupos que excedan los límites de control, no se identifican causas especiales o eventos inusuales que afectan la variabilidad en los tamaños de los subgrupos.

Este comportamiento positivo en la “Gráfica S”, junto con las observaciones de las Gráficas \bar{X} y R, podría indicar que, aunque hay desafíos en las medias y rangos de las muestras, la variabilidad en los tamaños de los subgrupos está controlada y es consistente. En resumen, esta estabilidad en la variabilidad de la desviación estándar es una señal alentadora, lo que sugiere que el proceso mantiene una precisión constante en la medida de los subgrupos, a pesar de las variaciones observadas en otras métricas.

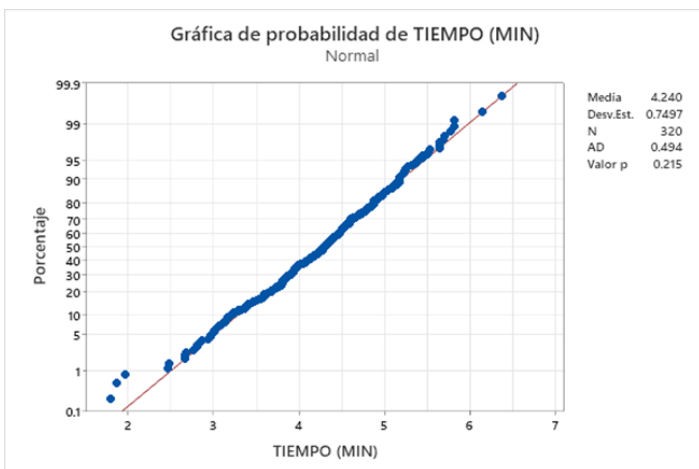


Ilustración 8 Prueba de Normalidad de los Datos

La prueba de normalidad de Anderson-Darling fue aplicada al conjunto de datos, el cual consiste en 320 muestras. Los resultados de la prueba indican una estadística de prueba AD de 0.494, y un valor p asociado de 0.215. La estadística de prueba AD mide la discrepancia entre la distribución acumulativa empírica de nuestros datos y la distribución acumulativa de una distribución normal teórica. En este caso, el valor de AD es relativamente bajo, sugiriendo un buen ajuste a la normalidad. Además, el valor p de 0.215 indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que nuestros datos siguen una distribución normal.

El gráfico hace notar que la forma de la distribución de nuestros datos se asemeja a una distribución normal, y esto se respalda por los resultados de la prueba de Anderson-Darling. La media de 4.240 y la desviación estándar de 0.7496 proporcionan medidas descriptivas adicionales de la tendencia central y la dispersión de los datos. En conjunto, estos resultados nos brindan confianza en la normalidad de nuestro conjunto de datos, lo cual es esencial para aplicar técnicas estadísticas paramétricas que asumen esta distribución."

Análisis de capacidad para TIEMPO (MIN)
Tarjeta de informe

Verificar	Estado	Descripción
Estabilidad		La media y la variación del proceso son estables. No hay puntos fuera de control.
Número de subgrupos		Usted sólo tiene 16 subgrupos. Para un análisis de capacidad, generalmente se recomienda que usted recolecte por lo menos 25 subgrupos durante un período de tiempo lo suficientemente largo para captar las diferentes fuentes de variación del proceso.
Normalidad		Sus datos pasaron la prueba de normalidad. Mientras tenga suficientes datos, las estimaciones de la capacidad deberían ser razonablemente precisas.
Cantidad de datos		El número total de observaciones es 100 o más. Las estimaciones de la capacidad deberían ser razonablemente precisas.

Ilustración 9 Tarjeta de Informe de muestra Minitab (Fuente propia)

c) Analizar

En esta etapa, se examinan detalladamente los datos recopilados para identificar patrones, tendencias y posibles fuentes de variación. Se utilizan herramientas de análisis estadísticos para comprender las relaciones causadas (M,L 2002)

En la fase analizar se analizan distintas variables para determinar su nivel crítico, para ello se utilizan herramientas como Ishikawa, 5 por qué, árbol de objetivos y problema respectivamente, de manera que se visualicen las variables que podemos controlar y no controlar, de este modo se toman decisiones para actuar y que nos conlleve a la siguiente fase.

En este caso se procede a analizar los elementos mecánicos que afectan directamente el flujo del proceso, siendo esta una de las principales causas de variación, lo cual se afirmara con el uso de las herramientas lean utilizadas en esta fase

Descascaradora:

Una descascaradora en el proceso de trillado del arroz es una máquina diseñada para separar la cáscara exterior o la capa no comestible del grano de arroz, dejando el grano de arroz limpio y listo para su procesamiento posterior. Esta máquina tiene un diseño tradicional compuesto por dos rodillos y un pivote, lo que hace que sea una descripción simple pero efectiva de su funcionamiento.

Elementos más importantes que la componen:

Rodillos: Los dos rodillos son componentes cilíndricos que están dispuestos uno frente al otro, con cierta separación entre ellos. Estos rodillos son esenciales en el proceso. El grano de arroz se introduce en la máquina y pasa entre los dos rodillos.

Pivote: El pivote es un punto de apoyo central en el que están montados los dos rodillos. Este pivote permite que los rodillos se mueven y se ajusten para aplicar la presión adecuada sobre el grano de arroz mientras pasa entre ellos.

El funcionamiento es el siguiente:

Cuando el grano de arroz se introduce en la descascaradora, los dos rodillos giran y aplican presión sobre el grano. La cáscara del arroz es más frágil y menos densa que el grano en sí. Debido a la presión ejercida por los rodillos, la cáscara se rompe y se desprende del grano de arroz. El pivote juega un papel importante al permitir que los rodillos se adapten a la forma y tamaño del grano de arroz, asegurando que la presión aplicada sea efectiva.

En base al libro (Niño, 2007) el descascarado se realiza por la combinación de 3 efectos: presión de los rodillos, efecto de la velocidad diferencial de los mismos e impactó contra la platina puesta debajo de la descarga de los rodillos.

Las velocidades utilizadas en los rodillos deben de oscilar alrededor de 800 y 1000 RPM, se puede realizar un ajuste si y sólo si el tipo de arroz que se está procesando tiene especificaciones propias de él y amerita estos cambios (Niño, 2007).

La velocidad periférica varía con el desgaste. Así, con rodillos nuevos de 10 (15.4 cm, 0.833'), las velocidades periféricas preferidas son 798 metros por minuto para el rodillo rápido y 639 metros/minuto para el lento. Se tiene así un diferencial de 159 metros/minuto del cual depende, de manera importante, la acción de descascarado.

Si el espesor del caucho en el rodillo se reduce 1 cm, su diámetro se reduce a 23.4 cm la velocidad periférica del rodillo rápido se reduce a 731 metros por minuto y la velocidad diferencial a 92 metros por minuto, equivalente a 58% de la velocidad diferencial inicial. Por esta razón es necesario cambiar el rodillo rápido

Pulidora o blanqueadora (Por Fricción):

En estas unidades la cámara de fricción está encerrada en una caja metálica perforada en la cual gira una masa metálica excéntrica que agita el grano y genera la presión y el movimiento, para que las fuerzas de fricción entren en juego.

Para que la acción sea efectiva las unidades blanqueadoras de fricción requieren una velocidad periférica del rotor inferior a 600 metros/ minuto y una presión de molienda superior a 100 gramos./cm².

En algunas unidades la presión aumenta hasta 200 o 300 gramos/ cm² y las velocidades periféricas llegan hasta 200 y aún 300 metros/minuto. (Niño, 2007)

Bandas de los elevadores:

Cuando la banda transportadora en un elevador de arroz está desgastada o no está correctamente tensa, pueden ocurrir varios problemas que afectan negativamente el flujo del trillado del arroz y la eficiencia del proceso. Algunos de los daños y problemas asociados incluyen:

Deterioro del transporte: Una banda transportadora desgastada puede tener grietas, cortes o áreas desgastadas, lo que hace que sea menos eficiente para transportar el arroz. Esto puede resultar en la pérdida de granos de arroz a medida que se caen o quedan atascados en las áreas dañadas de la banda.

Inconsistencia en la velocidad: La tensión incorrecta de la banda puede causar variaciones en la velocidad de transporte del arroz. Esto puede llevar a un flujo desigual de granos, lo que afecta negativamente la eficiencia del proceso de trillado y puede dar como resultado una menor calidad de arroz procesado.

Obstrucciones y atascos: Cuando la banda transportadora no está tensa o no se mueve correctamente debido al desgaste, pueden ocurrir obstrucciones y atascos en el elevador. Esto puede causar paradas en el proceso de trillado, lo que reduce la eficiencia y aumenta el tiempo de inactividad de la maquinaria.

Mayor consumo de energía: Si la banda no está correctamente tensa, el motor del elevador tendrá que trabajar más para mantener el flujo de arroz. Esto resulta en un mayor consumo de energía, lo que puede aumentar los costos operativos y disminuir la eficiencia energética de la planta de procesamiento.

Desgaste adicional de componentes: La falta de tensión adecuada en la banda también puede provocar un desgaste prematuro en otros componentes del elevador, como los rodillos, los cojinetes y los ejes. Esto requiere un mantenimiento más frecuente y aumenta los costos de reparación y reemplazo.

En resumen, una banda transportadora desgastada o mal tensa en un elevador de arroz puede causar problemas significativos en el flujo del trillado del arroz y afectar negativamente la eficiencia de todo el proceso. Por lo tanto, es esencial mantener las bandas en buen estado y con la tensión adecuada para garantizar un trillado eficiente y de alta calidad.

- *Diagrama Ishikawa*

Según lo referido por (Escobar 2022), “El diagrama de Ishikawa es una herramienta gráfica para representar los procesos de una empresa a partir de sus causas y sus efectos. Permite identificar los problemas productivos y organizacionales desde sus raíces y propicia el trabajo en equipo en el momento de proponer soluciones, por su gran capacidad de análisis y su eficacia en la búsqueda de las causas de los errores y problemas”

Dicho diagrama es una de las principales herramienta de uso práctico en la ingeniería industrial, en el cual se pueden plasmar las causas que tiene un efecto sobre la empresa el arrozal ,de las cuales a través de un estudio estadístico se determinará cuáles son las X que afectan a nuestra Y, de modo que se trabaje en pro de mejorar o eliminar las X críticas que influyen sobre el problema

principal, de manera que al finalizar el análisis de esta herramienta se pueda proceder a la siguiente etapa del proyecto con un problema más simplificado y más controlable para este estudio.

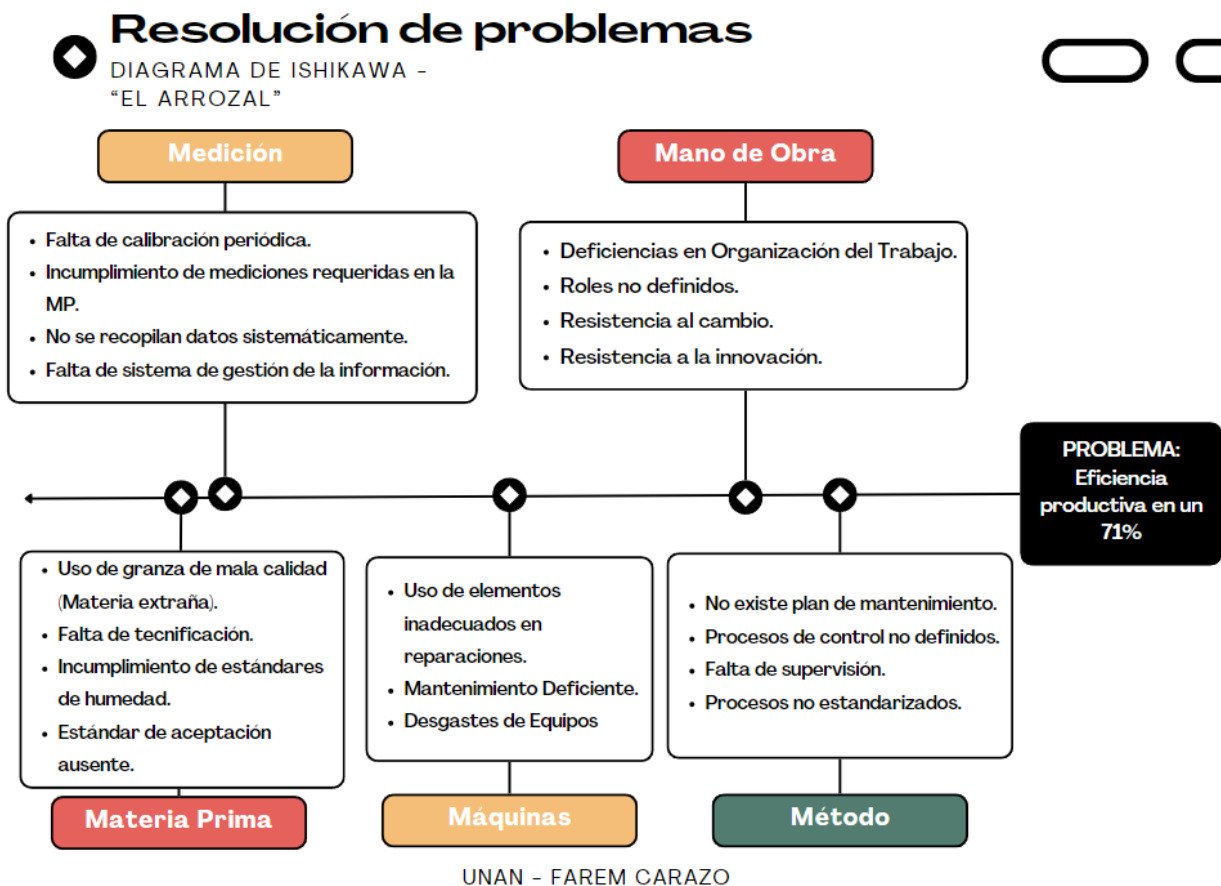


Ilustración 10 Diagrama Ishikawa El Arrozal (Fuente propia)

A través de la elaboración del diagrama de Ishikawa se aprecia de manera más generalizada el contexto de los problemas que se generan dentro de la empresa de los cuales en los diagramas se especificará el problema principal para dar las contramedidas necesarias y tener objetivos en los cuales trabajar y enfocar el proyecto.

Una vez que se observa de manera clara los distintos factores que inciden sobre el resultado del 71% podemos dar posibles soluciones atacando las 5 "M" que están en el proceso, este 71% se obtiene en base a la comparativa de la producción óptima trabajando a un 100% la cual sería de 21 quintales por hora, pero actualmente solo produce 15 o 16 quintales obteniendo un 71% de eficiencia productiva respecto al 100%.

- Cinco Por Qué

“Cinco Porqués es un método de análisis simple y al mismo tiempo poderoso, que ayuda a identificar la causa raíz de un problema. Creado por Sakichi Toyoda, fundador de Toyota Industries “esto afirmado por (Becher 2022)

En este contexto, la identificación de las causas subyacentes de problemas recurrentes o de bajo rendimiento se vuelve esencial para implementar soluciones efectivas. La herramienta de los "5 Por Qué" emerge como un enfoque poderoso en este sentido, permitiendo una investigación profunda y sistemática de las causas raíz detrás de los desafíos en la eficiencia del trillo de arroz.

La implementación de este modelo de 5 porque, es debido a que en cada causas existen más de dos variables que pueden ocasionar un problema, por lo cuales se tiene que tomar en cuenta cada uno de los “Por Qué” que influyen, con el fin de no dejar por fuera aspectos que son relevantes y que ocasionan un efecto sobre nuestra causa raíz, es por ello que no se puede implementar un 5 por que de manera lineal que solo contemple una “por qué” a la vez, si no que se dé la libertad de hacerse varias preguntas para poder encontrar más causas subyacentes y por ende tener variables más específicas .

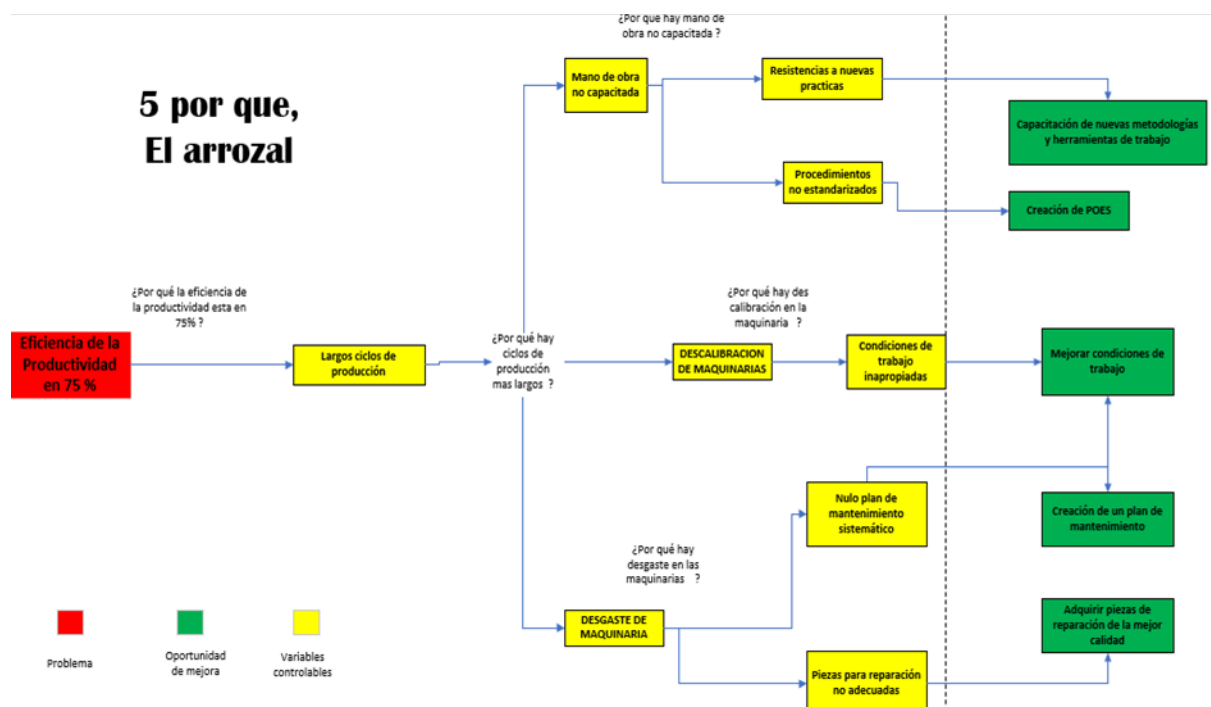


Ilustración 11 5 Por Qué (Fuente propia)

Al implementar los 5 porque, de manera no lineal, permite tener un panorama de los efectos que puede tener un único problema, de modo que teniendo variables más dispersas enfocarnos

cada vez en las que sí son controlables y según la lógica operacional delimitar, cuáles son las más influyentes para identificar el problema principal, dicho esto, penetrar en las capas más profundas del inconveniente, facilitando la implementación de medidas correctivas precisas y sostenibles

- Modelo árbol de problema

Según lo que afirma (Plata 2021) “Árbol de Problemas como un esquema de análisis utilizado para identificar un problema, sus causas y efectos, relacionando dichos factores dentro de una secuencia lógica que en un futuro se utilizará para la identificación de posibles soluciones (Árbol de Objetivos).”

El modelo de árbol de problema ayudará a identificar las causas y los efectos del problema principal, a su vez muestra cuales son las variables que interactúan entre sí, permitiendo saber cuál es el problema y los efectos que estas causan.

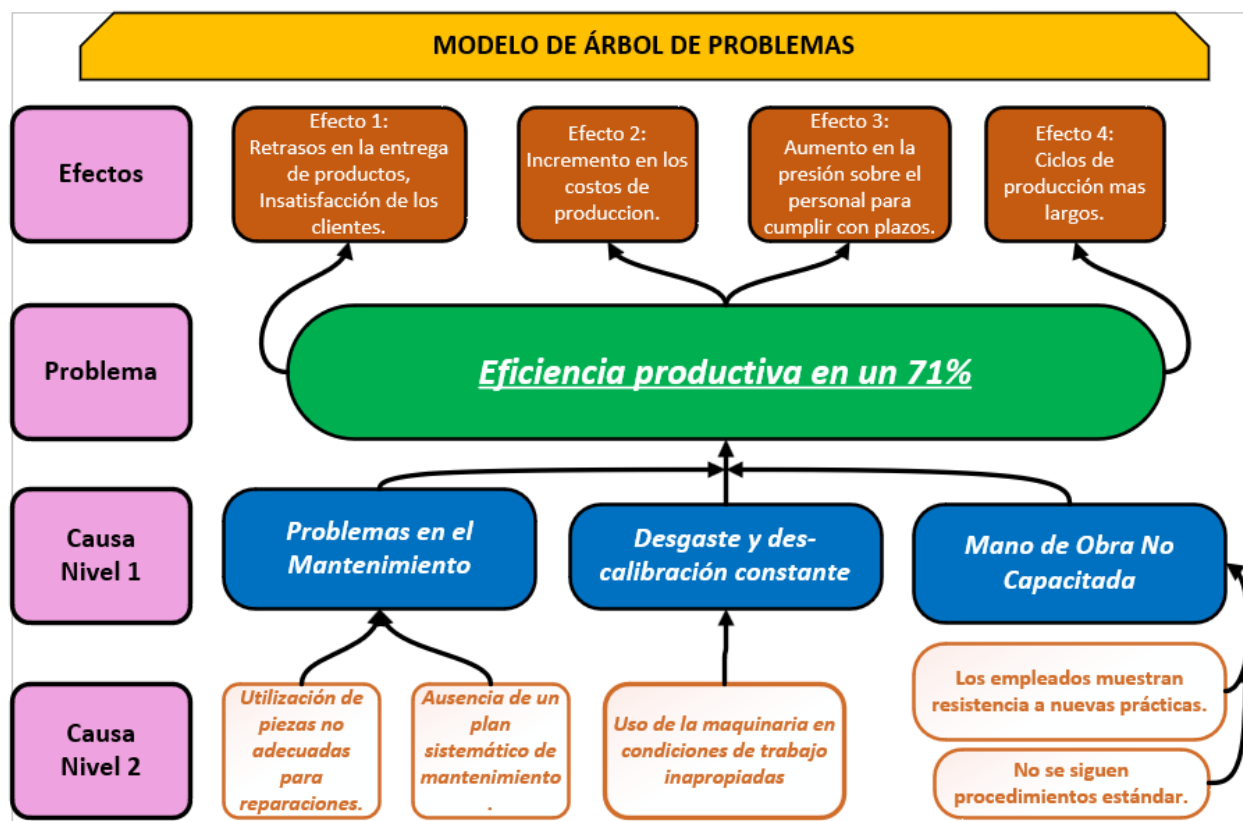


Ilustración 12 Árbol de Problema (Fuente propia)

Teniendo la analogía del diagrama de problemas, se procede a identificar cual es la variable que más afecta nuestro proceso, considerando lo anterior y seleccionando la variable con más influencia en nuestro problema, se continuará con el diagrama de los 5 porque con el objetivo de

verificar la existencia de causas más específicas (causa raíz) y trabajar en pro de erradicar el problema.

- *Árbol de objetivos*

“El Árbol de Objetivos, transformando todos los bloques negativos en objetivos, medios o soluciones como paso inicial para especificar la situación deseada o proyecto.” (Plata 2021)

El árbol de objetivos delimitará sobre qué aspecto trabajar las mejoras, facilitando la identificación de las medidas más convenientes para que a su vez se tenga un mejor desarrollo de la etapa mejorar.

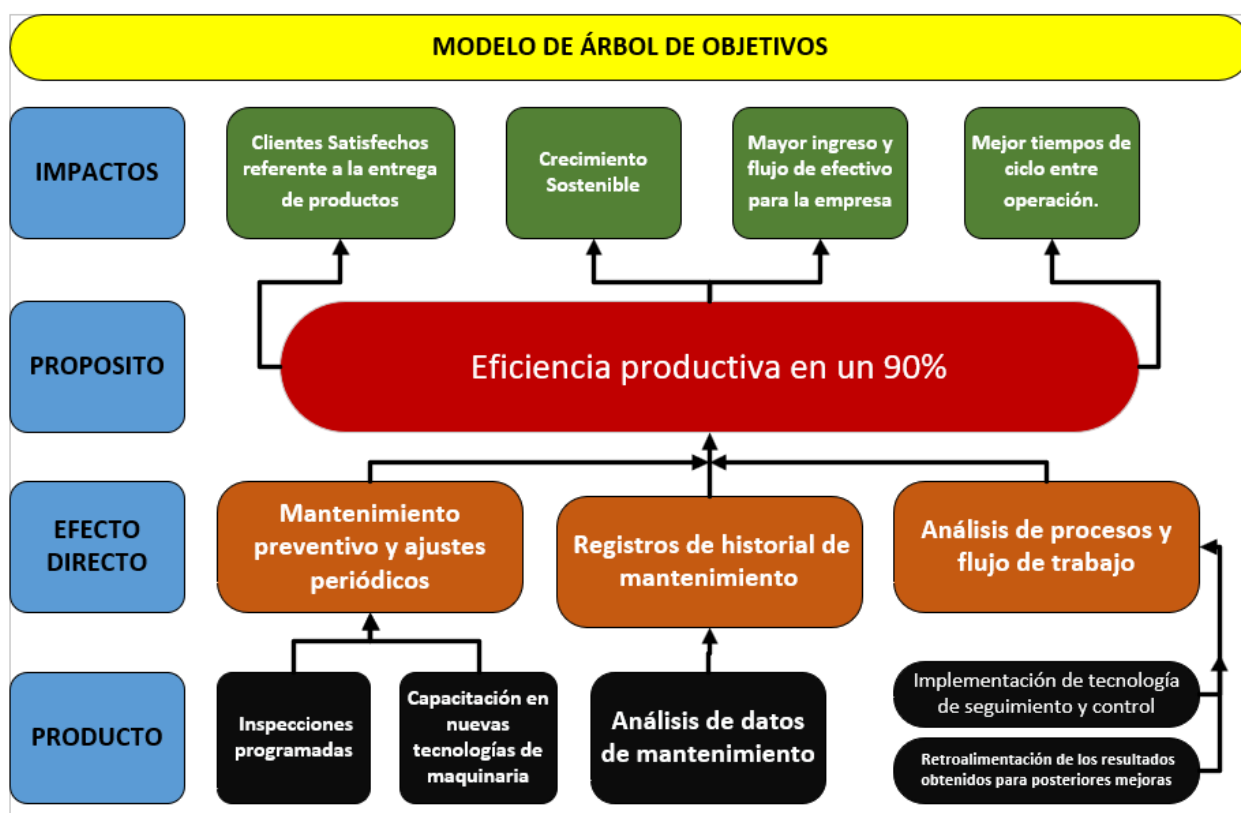


Ilustración 13 Árbol de Objetivos (Fuente propia)

Debido a la nula existencia de un estándar de eficiencia dentro de la arrocera, no se puede trazar un objetivo claro basado en datos, pero si se puede perseguir un objetivo ambicioso de manera hipotética lo cual se plantea en aumentar el rendimiento en un 25 %, esto equivale en aumentar la eficiencia en un 90 % total, lo cual se logrará comprobar, si la empresa logra ejecutar el plan con éxito, logrando una trazabilidad y un mejor análisis de datos que nos proporcionen las mejoras propuestas.

- Conclusiones de la Causa Raíz evidenciadas

En la conclusión de la etapa de "*Analizar*", tras la aplicación de herramientas clave como el diagrama de Ishikawa, la metodología de los "*5 Por Qué*", así como el árbol de objetivos y el árbol de problema, se ha logrado una comprensión más profunda de las variables que influyen en la eficiencia del trillo de arroz. A través de este exhaustivo análisis, se identificó de manera concluyente que la causa raíz subyacente detrás de la problemática es la falta de mantenimiento.

El diagrama de Ishikawa permitió una visualización comprensiva de los diversos factores que podrían contribuir al bajo rendimiento del trillo, desglosando el problema en categorías específicas. Los "*5 Por Qué*" se utilizaron de manera sistemática para explorar las capas más profundas del inconveniente, revelando que la falta de mantenimiento surge como el factor fundamental que impacta directamente en la eficiencia del trillo de arroz.

Adicionalmente, tanto el árbol de objetivos como el árbol de problema proporcionaron una perspectiva estructurada de los objetivos deseados y los obstáculos presentes. Este enfoque de árbol permitió conectar la falta de mantenimiento con las metas no alcanzadas, consolidando la conclusión de que abordar la carencia de mantenimiento se presenta como una solución estratégica para mejorar la eficiencia del trillo de arroz.

En consecuencia, la etapa de "*Analizar*" ha arrojado luz sobre la importancia crítica de mantener regularmente el equipo de trillado. La falta de mantenimiento se ha establecido como la causa raíz primordial que afecta la eficiencia, señalando la dirección clara para las acciones correctivas en las siguientes fases del ciclo DMAIC. Abordar esta cuestión específica no solo promete mejoras inmediatas, sino que también establece las bases para un rendimiento sostenible y óptimo en el proceso de trillado de arroz.

d) Mejorar

- Análisis implementación de la propuesta de mejora que atienden a la causa raíz.

“El análisis de un plan de mantenimiento preventivo” en una empresa de trillado de arroz revela una estrategia que busca anticiparse a posibles fallas y maximizar la eficiencia operativa. Este tipo de plan implica la realización regular de inspecciones, ajustes y reparaciones programadas, con el objetivo de mantener los equipos en condiciones óptimas de funcionamiento. A continuación, se detallan algunos beneficios clave de implementar un plan de mantenimiento preventivo y cómo contribuirá a mejorar la eficiencia en una empresa de trillado de arroz:

Reducción de Tiempo de Inactividad:

El mantenimiento preventivo aborda posibles problemas antes de que se conviertan en fallas catastróficas, reduciendo significativamente el tiempo de inactividad del equipo. Esto garantiza una producción continua y evita pérdidas económicas asociadas con paradas no programadas.

Prolongación de la Vida Útil del Equipo:

Al abordar desgastes y deterioros en etapas tempranas, el mantenimiento preventivo contribuye a prolongar la vida útil de los equipos de trillado. Esto representa un ahorro sustancial al minimizar la necesidad de reemplazo frecuente de maquinaria costosa.

Mejora en la Calidad del Producto:

Equipos bien mantenidos tienden a funcionar de manera más consistente, lo que se traduce en una mejora en la calidad del producto final. Un plan de mantenimiento preventivo puede contribuir a garantizar que el arroz trillado cumpla con los estándares de calidad establecidos.

Optimización del Rendimiento:

Al realizar ajustes y calibraciones regulares, el mantenimiento preventivo ayuda a optimizar el rendimiento de los equipos. Esto se traduce directamente en un proceso de trillado más eficiente, con una mayor capacidad de producción y menor consumo de recursos.

Reducción de Costos de Reparación:

Al identificar y abordar problemas antes de que se vuelvan críticos, se evitan costosas reparaciones mayores. Un enfoque preventivo permite realizar correcciones menores y sustituciones de componentes de manera oportuna, reduciendo así los costos de reparación a largo plazo.

Seguridad del Personal:

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo contribuye a crear un entorno de trabajo más seguro. Equipos en buen estado de funcionamiento disminuyen el riesgo de accidentes y lesiones laborales, promoviendo un ambiente laboral más seguro y productivo.

En conjunto, dicho plan de mantenimiento preventivo en la empresa de trillado de arroz se revela como una estrategia integral para garantizar la eficiencia operativa y la sostenibilidad a largo plazo. Al abordar las necesidades de mantenimiento de manera anticipada, se establece una base sólida para un proceso de trillado eficiente, confiable y rentable.

- *Mantenimiento Industrial*

El mantenimiento industrial es el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.

El mantenimiento industrial engloba las técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, y contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es un órgano de estudio que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida útil de forma rentable para el usuario. (*CONDUCE TU EMPRESA*, 2018).

Existen varios tipos de mantenimiento industrial, cada uno con sus propias características y objetivos:

Mantenimiento Correctivo:

El mantenimiento correctivo es una actividad que se lleva a cabo para reparar el daño encontrado durante el mantenimiento preventivo. En general, no se trata de un conjunto de acciones planificadas, ya que se realiza cuando un componente ha sido dañado. Su objetivo es restaurar la confiabilidad del sistema y devolverlo a su estado original.

El mantenimiento correctivo también se conoce como mantenimiento de descomposturas y solo tiene lugar cuando alguna máquina no funciona. Si esta estrategia es empleada como la principal habrá un alto impacto de las actividades de mantenimiento no planificadas y de reposición de partes del inventario. (Tecsa, 2018).

Mantenimiento Preventivo:

Se define como mantenimiento preventivo a la acción de revisar de manera sistemática y bajo ciertos criterios a los equipos o aparatos de cualquier tipo (mecánicos, eléctricos, informáticos, etc...) para evitar averías ocasionadas por uso, desgaste o paso del tiempo.

El mantenimiento preventivo se adelanta a las averías antes de que ocurran o hace que sean menos graves, por lo que disminuye el gasto en reparaciones y el tiempo en el que los equipos dejan de estar operativos debido a las mismas. (STEL Order, 2020)

Mantenimiento Predictivo:

El mantenimiento predictivo se basa en una variedad de tecnologías, como Internet de las cosas (IoT), análisis predictivos e inteligencia artificial (IA). Los sensores conectados recopilan datos de activos como maquinaria y equipos. Esto se recoge en el edge o en la nube en un sistema de gestión de activos empresariales (EAM) o sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS) habilitado para IA. La IA y el aprendizaje automático se utilizan para analizar los datos en tiempo real para crear una imagen del estado actual del equipo, activando una alerta si se identifica algún posible defecto y entregándolo al equipo de mantenimiento. (IBM, n.d.)

Mantenimiento Productivo Total (TPM):

El Mantenimiento Productivo Total es una práctica de gestión que tiene en cuenta todos los aspectos del mantenimiento de los equipos, el comportamiento de las personas y el proceso de producción, para lograr y mantener la máxima eficacia de los equipos y las operaciones. (kanban tool, 2021)

- Beneficios del Mantenimiento Industrial en las empresas

El mantenimiento industrial, al ser implementado de manera efectiva, conlleva una serie de beneficios clave que impactan directamente en la operatividad y la rentabilidad de una empresa. En primer lugar, destaca la reducción de costos de producción, donde estrategias preventivas y predictivas evitan paradas no planificadas, minimizando así el tiempo de inactividad y los gastos asociados. Además, la planificación adecuada facilita una gestión más eficiente de los recursos, optimizando el uso de tiempo y materiales.

La mejora de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos constituye otro aspecto fundamental. Al mantener un enfoque proactivo y predictivo, se logra una mayor disponibilidad operativa, evitando interrupciones imprevistas. Esta estrategia no solo garantiza la continuidad en la producción, sino que también contribuye a una mayor confiabilidad operativa al abordar problemas antes de que se conviertan en fallos críticos.

Un beneficio adicional es la prolongación de la vida útil de los equipos. El mantenimiento preventivo y correctivo permite optimizar el rendimiento de los activos, maximizando así su tiempo de vida y ofreciendo un mayor retorno de la inversión. La identificación temprana y el

reemplazo de componentes desgastados aseguran un funcionamiento óptimo, evitando degradaciones que podrían afectar el rendimiento general.

En el ámbito de la seguridad laboral, el mantenimiento regular desempeña un papel esencial. La identificación y mitigación de riesgos asociados con el mal funcionamiento de equipos contribuyen a crear un entorno de trabajo más seguro. Además, el cumplimiento de normativas de seguridad se ve fortalecido, evitando sanciones y mejorando la reputación de la empresa en términos de responsabilidad social corporativa.

El mantenimiento industrial eficiente también se traduce en la optimización de recursos de mantenimiento. Estrategias como el Mantenimiento Productivo Total (TPM) permiten una gestión más eficiente de recursos humanos y materiales, optimizando tareas y priorizando intervenciones según la criticidad de los equipos. Asimismo, la adopción de tecnologías avanzadas, como sensores IoT y análisis de datos en el mantenimiento predictivo, contribuye a una gestión más inteligente y eficiente de los activos, facilitando la mejora continua y la adaptación a cambios y desafíos en el entorno industrial.

El mantenimiento industrial bien planificado no solo se traduce en una eficiencia operativa mejorada, sino que también influye directamente en la rentabilidad y la competitividad de la empresa en el mercado. La inversión en enfoques sólidos de mantenimiento industrial ofrece beneficios a largo plazo en términos de costos, confiabilidad, seguridad y calidad del producto, estableciendo así una base sólida para el éxito empresarial.

- Plan de Mantenimiento Preventivo en EL ARROZAL

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el trillo de arroz proporciona numerosos beneficios para la operación agrícola. En primer lugar, se traduciría en una significativa reducción de los costos asociados con reparaciones imprevistas, ya que el mantenimiento regular permite identificar y abordar problemas potenciales antes de que se conviertan en averías mayores. Esto, a su vez, contribuiría a una mayor vida útil de la maquinaria, ya que se minimizarían los desgastes prematuros y se optimizaría el rendimiento del trillo.

Además, la eficiencia operativa se vería mejorada, ya que un trillo en condiciones óptimas puede realizar su tarea de manera más eficiente, lo que resultaría en una mayor productividad y un procesamiento más rápido del arroz. La disminución del tiempo de inactividad sería otro beneficio clave, ya que el mantenimiento preventivo reduce la probabilidad de fallas inesperadas, siendo particularmente crucial durante las temporadas de cosecha.

La calidad del producto también experimentaría mejoras, ya que un trillo en buen estado contribuiría a un procesamiento más uniforme del arroz. La seguridad en el lugar de trabajo se vería fortalecida, ya que el mantenimiento preventivo aborda problemas potenciales de seguridad, reduciendo así el riesgo de accidentes y lesiones. Además, cumplir con normativas y regulaciones locales se volvería más sencillo, ya que el plan de mantenimiento ayudaría a garantizar que la maquinaria cumpla con estándares específicos.

La planificación general de las actividades agrícolas también mejoraría, ya que las actividades de mantenimiento podrían programarse en momentos convenientes, evitando interferencias con períodos críticos de producción. En última instancia, el aumento de la confiabilidad de la maquinaria sería un beneficio adicional, ya que los operadores y propietarios tendrían la seguridad de que sus equipos están siendo cuidados y mantenidos regularmente. En conjunto, estos beneficios respaldan la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el trillo de arroz, contribuyendo a una operación agrícola más eficiente y sostenible.

Durante el estudio en “*El Arrozal*”, con el apoyo del encargado de mantenimiento, se desglosaron las áreas de mantenimiento para entender mejor cómo implementar un plan preventivo eficaz. Identificando varias áreas clave que requieren atención regular.

En primer lugar, se enfocó en el mantenimiento mecánico del trillo de arroz. Esto implica inspeccionar y lubricar componentes como rodamientos, cadenas y engranajes, además de realizar ajustes necesarios para prevenir desgastes prematuros.

Otra área crítica es el sistema eléctrico y electrónico del trillo. Realizamos pruebas y verificaciones en los sistemas de control, sensores y cableado para prevenir posibles fallos eléctricos que podrían afectar el rendimiento. Además, se aseguró de que todos los sistemas de seguridad, como paradas de emergencia y sistemas de apagado, estén operativos.

En cuanto al aspecto estructural, se evaluó la integridad del chasis y de cualquier componente soldado. Realizando inspecciones visuales y pruebas para detectar posibles deformidades o corrosión que puedan comprometer la seguridad y la funcionalidad.

- Áreas de Mantenimiento Preventivo

Las áreas identificadas para el mantenimiento preventivo incluyen las siguientes áreas de la máquina:

Elevador de Cangilones

Pre-Limpiadora

Descascaradora

Clasificación granular

Pulidor

Zaranda o despuntilladora

Cada área tiene asignadas actividades específicas que abordan los aspectos críticos para garantizar un funcionamiento eficiente y duradero de las máquinas extrusoras. A continuación, se detallan las tareas asignadas para cada área de trabajo.

- Elevador de Cangilones

Supervisión e inspección:

Realizar inspecciones regulares para identificar cualquier desgaste, daño o signo de mal funcionamiento en el elevador de cangilones. Esto incluye verificar visualmente todas las partes móviles y estacionarias.

Limpieza y retiro de residuos:

Eliminar cualquier acumulación de residuos, polvo o materiales que puedan haberse acumulado en el elevador de cangilones. Una limpieza regular contribuye a un funcionamiento más eficiente y previene obstrucciones.

Ajuste y engrase de chumacera:

Ajustar y lubricar las chumaceras para asegurar un movimiento suave y reducir el desgaste. Esto es esencial para mantener la integridad estructural y funcional del elevador.

Ajuste de prisioneros:

Verificar y ajustar los prisioneros (pernos, tornillos u otros elementos de fijación) para mantener la integridad estructural y evitar posibles fallas.

Limpieza de cangilones:

Asegurarse de que los cangilones estén limpios y libres de obstrucciones. Esto es vital para un transporte eficiente de materiales a lo largo del elevador.

Inspección de tensión de bandas:

Verificar la tensión adecuada de las bandas para prevenir deslizamientos, garantizando un funcionamiento seguro y eficiente.

Cambio de bandas:

Reemplazar las fajas según sea necesario para mantener la eficiencia del sistema. Esto forma parte del mantenimiento regular y programado.

Lubricación de los rodamientos:

Aplicar lubricante a los rodamientos para prevenir la fricción excesiva y el desgaste, contribuyendo a una vida útil más larga y un rendimiento óptimo.

- Pre-Limpiadora**Inspección, ajuste y tensión de bandas:**

Inspección: Examinar visualmente las bandas para detectar desgastes, grietas o cualquier otro signo de deterioro.

Ajuste y tensión: Asegurarse de que las bandas estén correctamente alineadas y ajustadas para garantizar un funcionamiento suave y eficiente de la Pre-limpiadora.

Ajuste de pernos de malla:

Verificar la fijación y alineación de los pernos que sostienen la malla para asegurar que estén firmes y correctamente colocados.

Engrase de excéntricas:

Aplicar lubricante a las partes móviles y excéntricas del sistema para reducir el desgaste y asegurar un movimiento suave.

Engrase de esféricas:

Aplicar lubricante a las conexiones esféricas para garantizar la movilidad adecuada y prevenir la fricción excesiva.

Engrase de rodamientos:

Lubricar los rodamientos para prevenir el desgaste prematuro y mantener un funcionamiento eficiente.

Revisión de templadores de las fajas:

Evaluar el estado de los dispositivos tensores para garantizar que estén aplicando la tensión adecuada a las fajas y ajustar según sea necesario.

Cambio de Faja:

Sustituir las fajas desgastadas o dañadas para mantener la eficiencia del proceso de limpieza.

Limpieza de malla y tolva:

Retirar cualquier residuo acumulado en la malla y en la tolva para evitar obstrucciones que puedan afectar el rendimiento de la Pre-limpiadora.

- Descascaradora**Rodillo de movimiento rápido:**

Inspección y limpieza del rodillo de movimiento rápido para garantizar que esté libre de residuos y en buen estado de funcionamiento.

Superficie de caucho:

Revisión y limpieza de la superficie de caucho para asegurar su integridad y eficacia en el proceso de descascarado.

Rodillo de movimiento lento:

Inspección y mantenimiento del rodillo de movimiento lento, incluyendo la aplicación de lubricantes si es necesario.

Rodillo de Alimentación:

Verificación y ajuste del rodillo de alimentación para garantizar un flujo constante y uniforme de arroz hacia la descascaradora.

Tolva de Alimentación:

Limpieza e inspección de la tolva de alimentación para prevenir obstrucciones y asegurar un suministro eficiente de arroz.

Muelle de compresión:

Inspección y ajuste del muelle de compresión para mantener la presión adecuada en el proceso de descascarado.

Manilla reguladora de luz:

Verificación y ajuste de la manilla reguladora de luz para controlar la abertura entre los rodillos y optimizar el proceso de descascarado.

Brazo regulador de Tornillos:

Inspección y ajuste del brazo regulador de tornillos para asegurar que esté correctamente posicionado y funcione adecuadamente.

Cubierta:

Inspección de la cubierta para garantizar que esté en su lugar y en buenas condiciones, proporcionando la protección necesaria durante el funcionamiento.

Base de armazón:

Inspección de la base del armazón para verificar la integridad estructural y la estabilidad de la descascaradora.

Conducto de salida:

Limpieza y verificación del conducto de salida para asegurar un flujo continuo del arroz descascarado.

- Clasificación granular (*Maquinaria Mesa paddy*)

Motor con variador de frecuencia:

Verificación regular de conexiones eléctricas y limpieza del motor.

Inspección de posibles fugas de aceite en el variador de frecuencia.

Calibración periódica del variador para asegurar la velocidad deseada.

Cámara superior:

Limpieza regular de la cámara para evitar acumulación de polvo y residuos.

Inspección visual para detectar posibles desgastes o daños en las superficies internas.

Placa de desvío:

Ajuste y alineación periódicos para garantizar una dirección precisa del flujo de arroz.

Inspección de la placa para detectar desgastes o deformaciones.

Apertura de la pared divisora:

Verificación y ajuste regular de los mecanismos que controlan la apertura.

Lubricación de las partes móviles para asegurar un funcionamiento suave.

Cámara de distribución:

Limpieza regular para evitar obstrucciones que puedan afectar la distribución uniforme del arroz.

Inspección de cualquier componente desgastado que pueda afectar la eficiencia.

Tolva de alimentación:

Limpieza y desinfección periódicas para prevenir la acumulación de impurezas.

Inspección de la integridad estructural y los mecanismos de apertura y cierre.

Segunda cámara:

Verificación y ajuste de cualquier sistema de clasificación incorporado.

Inspección visual para detectar posibles problemas de separación.

Laberinto:

Limpieza regular de las trayectorias del laberinto.

Ajuste y alineación periódicos para garantizar una separación efectiva.

Canales de caída:

Inspección de canales para detectar posibles obstrucciones.

Ajuste de la pendiente para mejorar el flujo del arroz.

Compartimiento individual:

Verificación de la eficiencia del aislamiento y separación.

Limpieza y desinfección regular.

Cámara inferior:

Inspección de posibles acumulaciones de impurezas.

Verificación de la integridad de las superficies de separación.

Carrera:

Ajuste y calibración periódica para asegurar la distancia óptima.

Inspección visual de cualquier irregularidad en la trayectoria del arroz.

- Pulidor

Lubricación de los rodamientos:

Aplicar lubricante a los rodamientos de manera regular según las recomendaciones.

Verificar el nivel de lubricante y realizar recargas cuando sea necesario.

Cambio de los rodamientos:

Reemplazo de los rodamientos según las especificaciones.

Inspeccionar visualmente los rodamientos durante el mantenimiento para detectar signos de desgaste o daño.

Cambio de las cribas:

Reemplazo de las cribas, basado en la frecuencia de uso.

Inspeccionar las cribas durante el mantenimiento para detectar grietas, deformaciones u otros signos de desgaste.

Limpieza de cribas:

Realizar limpieza regular de las cribas para evitar la acumulación de residuos que puedan afectar la eficiencia del pulidor.

Utilizar métodos adecuados, como cepillos o aire comprimido, para eliminar partículas y material no deseado.

Cambio de frenos:

Inspeccionar y ajustar los frenos según sea necesario durante el mantenimiento regular.

Reemplazo de los frenos según las recomendaciones.

- Zaranda o despuntilladora

Motor eléctrico:

Verificación regular del estado del motor, incluyendo el funcionamiento, ruido inusual o vibraciones.

Limpieza del motor para prevenir acumulación de polvo y suciedad.

Revisión de la alineación del motor.

Conexiones eléctricas:

Inspección de las conexiones eléctricas en busca de posibles puntos calientes, corrosión o aflojamiento.

Aplicación de limpiadores de contactos eléctricos y apriete de conexiones según sea necesario.

Sistema de transmisión:

Inspección regular de correas y poleas para detectar desgastes o daños.

Ajuste y tensión de correas según las especificaciones del fabricante.

Estructura general:

Inspección visual de la estructura para detectar signos de corrosión, deformaciones o daños.

Realización de reparaciones o reemplazos necesarios en la estructura.

Tablero:

Verificación del funcionamiento del tablero de control.

Inspección de los componentes eléctricos del tablero y limpieza de ser necesario.

Inspección, ajuste y tensión:

Inspección completa de la zaranda para identificar desgastes, grietas o componentes sueltos.

Ajuste y tensión de partes móviles para garantizar un funcionamiento suave.

Ajuste de pernos de malla:

Ajuste y apriete regular de los pernos que sostienen las mallas.

Inspección de las mallas para detectar posibles daños o desgastes.

Engrase de excéntricas:

Aplicación de lubricante a las partes móviles y excéntricas para reducir el desgaste.

Engrase de esféricas:

Lubricación de las conexiones esféricas para garantizar la movilidad adecuada.

Engrase de rodamientos:

Lubricación regular de los rodamientos según las recomendaciones del fabricante.

Reemplazo de los rodamientos si es necesario.

Revisión de templadores de la faja:

Inspección de los dispositivos tensores para garantizar la tensión adecuada en las fajas.

Ajuste o reemplazo de los templadores según sea necesario.

Cambio de Faja:

Ajuste adecuado de las nuevas fajas.

Limpieza de malla y tolva:

Limpieza regular de las mallas y la tolva para prevenir obstrucciones y asegurar un flujo constante.

- *Plantilla en Excel*

Después de haberse detallado minuciosamente las actividades de mantenimiento específicas para cada área en El Arrozal, se dio un paso crucial hacia la eficiencia operativa mediante la elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo en Excel. Este plan se diseñó meticulosamente para proporcionar un control organizado y sistemático de todas las tareas de mantenimiento a lo largo de un ciclo anual.

En este plan, cada tarea de mantenimiento fue cuidadosamente incorporada, considerando la frecuencia asignada previamente a cada una. Cada área de la maquinaria, fue meticulosamente incluida en el plan. Asignamos fechas específicas para llevar a cabo cada tarea, lo que permitirá un seguimiento detallado y una ejecución oportuna de las actividades programadas.

La estructura del Plan de Mantenimiento Preventivo en Excel es clara y organizada, con columnas identificadas para cada área de mantenimiento, las tareas correspondientes, la frecuencia recomendada y las fechas específicas en las que se llevará a cabo cada intervención. Esto facilita una visión integral y rápida de todas las actividades planificadas, permitiendo una gestión más efectiva del tiempo y de los recursos.

Este enfoque hacia el mantenimiento preventivo no solo contribuirá a maximizar la eficiencia operativa en El Arrozal, sino que también proporcionará una herramienta valiosa para la toma de decisiones y la asignación de recursos. Al mantener este plan actualizado y utilizarlo como una guía para las actividades de mantenimiento, se establece un marco sólido para preservar la integridad de la maquinaria, garantizar un rendimiento óptimo y prolongar la vida útil de los equipos a lo largo del tiempo.

- Observación de la etapa mejorar o implementar

Para implementar un proyecto en la rama de la ingeniería industrial es necesario tener en cuenta las variables que intervienen para ejecutarlo, una de las más importantes son el tiempo y el dinero.

Dicho esto se justifica que la implementación del proyecto no se puede llevar a cabo, ya que el contexto en el que se desarrolla, no permite implementarlo, porque se tiene un periodo corto de tiempo para su ejecución, por la poca información de datos que se tiene en la empresa, lo cual incurre en más tiempo para recopilar y analizar datos y como última variable, los recursos económicos, ya que estos no están a disposición de los involucrados en el proyecto, por lo tanto se tomará en consideración hasta el momento que el gerente considere y valore nuestras sugerencias y el decida implementar dicho proyecto .

e) Controlar

Para controlar de manera efectiva el cumplimiento del Plan de Mantenimiento Preventivo, se implementaron diversas medidas y herramientas, entre las que destacan el uso de plantillas específicas y la aplicación de procedimientos sistemáticos. Estas medidas se centran en la organización, supervisión y documentación detallada de las actividades de mantenimiento. A continuación, se detallan las acciones claves tomadas para asegurar el cumplimiento:

- Orden de trabajo

En el contexto del Mantenimiento Industrial, una orden de trabajo es un documento formal que especifica las tareas a realizar por el personal de mantenimiento en un equipo o activo específico. Estas órdenes proporcionan instrucciones detalladas sobre las actividades a realizar, los materiales necesarios y cualquier otra información relevante para llevar a cabo el trabajo de mantenimiento de manera eficiente.

Las órdenes de trabajo desempeñan un papel crucial en el control del cumplimiento con las tareas de un plan de Mantenimiento Preventivo. En primer lugar, actúan como una herramienta de comunicación clara y detallada entre los planificadores de mantenimiento y el personal encargado de ejecutar las tareas. Cuando se genera una orden de trabajo, se establece una conexión directa entre las actividades planificadas en el programa de mantenimiento preventivo y la ejecución práctica en el campo.

La orden de trabajo sirve como un puente entre la planificación y la ejecución, al proporcionar una descripción detallada de las tareas asignadas. Asimismo, establece claramente las expectativas y requisitos para cada tarea, desde los procedimientos específicos hasta la identificación de los recursos necesarios. Este enfoque sistemático y estructurado contribuye a garantizar que el personal de mantenimiento comprenda completamente la naturaleza y alcance de las tareas asignadas.

Además, las órdenes de trabajo actúan como un registro documentado de las actividades de mantenimiento realizadas. Este registro no solo es valioso para el seguimiento del cumplimiento, sino que también proporciona un historial detallado que puede ser analizado para mejorar la

Tabla 5 Orden de Trabajo (Fuente propia)

- Reporte de Avería

Un Reporte de Avería es un documento detallado que describe las incidencias, fallos o problemas encontrados durante la operación de equipos o maquinaria. Este informe se genera en respuesta a una avería no planificada y se utiliza para documentar de manera precisa la naturaleza de la falla, las acciones correctivas tomadas y cualquier impacto en la producción.

Sirve como una herramienta de retroalimentación valiosa para evaluar la efectividad del plan existente. Cuando se registra una avería, el informe detalla si la falla podría haber sido prevenida mediante tareas de mantenimiento preventivo y si estas fueron ejecutadas según lo programado. Así, proporciona una evaluación retrospectiva del rendimiento del plan en términos de anticipación y prevención de problemas.

La correlación entre los Reportes de Avería y las tareas del Plan de Mantenimiento Preventivo es fundamental para identificar patrones y áreas de mejora. Enlazando estas dos fuentes de información, se puede determinar si ciertos tipos de averías podrían haberse evitado con intervenciones preventivas específicas. Este análisis permite realizar ajustes y optimizaciones en el plan existente, mejorando su capacidad para prevenir fallos recurrentes.

Además, los Reportes de Avería sirven como un medio para evaluar la eficiencia en la ejecución de tareas correctivas. Si se detecta que la respuesta y resolución de las averías son lentas o ineficientes, se pueden implementar mejoras en los procedimientos o la asignación de recursos. La integración de estos informes en el proceso de control también contribuye a la revisión constante del plan de mantenimiento, asegurando su alineación con las necesidades operativas cambiantes.

REPORTE DE AVERÍAS					PLANTA: Sección de máquinas	
EQUIPO:					CÓDIGO:	
Nº AVERÍA	FECHA	Nº ORDEN DE TRABAJO	HORA DE PARADA	Nº SOLICITUD	CÓDIGO DE AVERÍA	DESCRIPCIÓN DE LA AVERÍA

GUÍA RECOMENDADA PARA CLASIFICAR AVERÍAS	
CÓDIGO	CAUSA DE LA AVERÍA
10	DEFECTOS DE FABRICACIÓN
11	DEFECTOS DE MONTAJE (incluye defectos de mantenimiento de terceros)
12	DEFECTOS DE MANTENIMIENTO (excepto defectos de soldadura)
13	DEFECTOS DE SOLDADURA
14	DEFECTOS DE MATERIAL
15	ERRORES DE OPERACIÓN
16	DEFICIENCIAS DE REGULACIÓN
17	INFLUENCIA DE LOS MEDIOS DE OPERACIÓN
18	REGIMEN TÉRMICO INSATISFACTORIO
19	CORROSIÓN (excepto corrosión bajo tensión)
20	CORROSIÓN BAJO TENSIÓN
21	ENVEJECIMIENTO
22	FATIGA DEL MATERIAL
23	EROSIÓN O DESGASTE
24	ENSUCIAMIENTO O FORMACIÓN DE ESCORIA
25	INFLUENCIA EXTERNA (otras instalaciones)
26	CAUSAS NO EXPLICADAS

Tabla 6 Reporte de Averías (Fuente propia)

- Protocolo de Mantenimiento

Es un conjunto detallado de procedimientos y pasos a seguir para abordar y corregir una falla o avería en equipos o maquinaria. Este documento establece las directrices específicas que el personal de mantenimiento debe seguir al enfrentarse a una situación no planificada, proporcionando una estructura organizada y detallada para la ejecución de las tareas correctivas.

Sirve como una guía unificada que conecta directamente con las acciones correctivas derivadas de la identificación de problemas durante las inspecciones preventivas. Cuando se detecta una anomalía que requiere reparación, el Protocolo de Reparación proporciona una base estandarizada para abordar eficientemente la situación.

Se establece una conexión integral entre las actividades planeadas y las respuestas a las eventualidades no anticipadas. Este enlace fortalece la coherencia operativa, ya que el protocolo actúa como una extensión natural de las tareas preventivas al abordar las correcciones necesarias.

Además, el Protocolo de Reparación contribuye significativamente al control y mejora continua del Plan de Mantenimiento Preventivo. La documentación detallada de cada paso tomado durante una reparación proporciona información valiosa para la revisión retrospectiva. Analizar la eficacia de los protocolos después de cada evento de reparación permite identificar patrones, evaluar la eficiencia de los procedimientos y ajustar el plan preventivo en consecuencia.

PROTÓCOLO DE MANTENIMIENTO						
PARÁMETROS CARACTRÍSTICOS						
Nº	PARÁMETRO	VALOR			UNIDAD	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
INSTRUCCIÓN TÉCNICA						
Nº	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	ESPECIALIDAD	TIEMPO (hrs)	PERMISO	PARA EQUIPO
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						

Tabla 7 Protocolo de Mantenimiento (Fuente propia)

- Bitácora de Mantenimiento

Es un registro detallado y sistemático de todas las actividades relacionadas con la corrección de fallas o averías en equipos y maquinaria. Este documento actúa como un registro histórico que

documenta de manera cronológica cada paso tomado durante el proceso de reparación, desde la identificación inicial de la avería hasta la resolución completa del problema.

Esta bitácora contribuye al control del mantenimiento al proporcionar información clave sobre los tiempos de respuesta, los recursos utilizados y los resultados obtenidos.

BITÁCORA DE MANTENIMIENTO					
FECHA:		ENTREGA:		N° DE REPORTE:	
DATOS DEL TÉCNICO ENCARGADO					
NOMBRE:				TELÉFONO:	
N° DE IDENTIFICACIÓN:				FIRMA:	
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO					
EQUIPO	MARCA/MODELO	DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL EQUIPO			
MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
REVISIÓN 1	REVISIÓN 2	REVISIÓN 3	REVISIÓN 4	REVISIÓN 5	REVISIÓN 6
MANTENIMIENTO CORRECTIVO					
OBSERVACIONES:					
ELABORÓ		REVISÓ		AUTORIZÓ	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	

Tabla 8 Bitácora de Mantenimiento (Fuente propia)

Con un plan de mantenimiento preventivo, varios indicadores clave de desempeño (KPIs) pueden ser monitoreados para evaluar la eficacia del plan y la salud general de los activos industriales. Los KPIs (key performance indicator) son indicadores clave de rendimiento que se

utilizan para evaluar el éxito de las acciones y/o procesos en la medida en que estos contribuyen a la consecución de los objetivos, para determinar si están dando los frutos esperados o es necesario realizar correcciones. (ESERP Business School, 2020)

Aquí algunos KPIs que podrías considerar medir a lo largo del tiempo:

Disponibilidad de Equipos.

Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF).

Tiempo Medio para Reparar (MTTR).

Cumplimiento del Plan de Mantenimiento.

Eficiencia del personal de Mantenimiento.

Costo del Mantenimiento por Unidad de Producción.

Nivel de Cumplimiento de Estándares de Seguridad.

Costo de Fallas no Programadas.

La disponibilidad de equipos emerge como un indicador crucial para evaluar la eficiencia de las operaciones industriales. Este KPI refleja el tiempo durante el cual los activos están operativos y listos para la producción. Mantener un alto porcentaje de disponibilidad se traduce en una mayor capacidad para cumplir con las demandas de producción, subrayando la importancia de minimizar los periodos de inactividad y maximizar la eficiencia operativa.

En el ámbito de la confiabilidad de los equipos, el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) desvela un aspecto fundamental. Este indicador representa el intervalo promedio entre dos fallas consecutivas, indicando la robustez y resistencia de los activos. Un MTBF más elevado sugiere una mayor confiabilidad, permitiendo a los equipos funcionar de manera consistente durante períodos prolongados. La monitorización constante de este KPI facilita una planificación de mantenimiento más efectiva al anticipar y prevenir posibles fallas.

El Tiempo Medio para Reparar (MTTR) entra en juego cuando una falla ocurre. Este indicador mide el tiempo promedio necesario para reparar un equipo después de una avería. Un MTTR bajo indica una respuesta y solución rápidas a los problemas identificados. La reducción de este tiempo promedio implica una mayor eficiencia en la ejecución de tareas correctivas, minimizando la interrupción de la producción.

En el contexto de las actividades programadas, el cumplimiento del Plan de Mantenimiento se convierte en un punto focal. Este KPI evalúa qué tan efectivamente se ejecutan las tareas programadas de mantenimiento preventivo. Un alto nivel de cumplimiento indica una ejecución

adecuada de las actividades planificadas, contribuyendo así a la confiabilidad y disponibilidad sostenible de los equipos.

La Eficiencia del Personal de Mantenimiento añade una capa adicional al análisis, evaluando la productividad del equipo de mantenimiento en términos de tareas completadas. Monitorear este KPI permite una evaluación continua de la carga de trabajo, identificando posibles cuellos de botella y mejorando la asignación estratégica de recursos.

Para evaluar la eficacia financiera del plan de mantenimiento, el Costo del Mantenimiento por Unidad de Producción ofrece una perspectiva valiosa. Este indicador cuantifica la relación entre los costos de mantenimiento y la producción. Un costo más bajo por unidad de producción indica una gestión eficiente de los recursos de mantenimiento y contribuye a la operación rentable y sostenible a largo plazo.

En el ámbito de la seguridad laboral, el Nivel de Cumplimiento de Estándares de Seguridad adquiere importancia. Evaluar el cumplimiento de estándares de seguridad mide la adhesión a prácticas seguras durante las operaciones de mantenimiento. Un alto nivel de cumplimiento no solo garantiza la seguridad del personal, sino que también contribuye a la sostenibilidad a largo plazo de las operaciones.

Finalmente, el Costo de Fallas no Programadas destaca la importancia de evitar y gestionar eficazmente las fallas no anticipadas. Este indicador cuantifica los costos asociados con interrupciones no planificadas y ofrece información valiosa para mejorar la gestión del mantenimiento, prevenir fallas y planificar actividades de manera efectiva. La reducción de este costo impulsa una mayor eficiencia operativa y una planificación más robusta.

2. Factibilidad del Proyecto

a) Factibilidad Técnica

La factibilidad técnica de llevar a cabo el plan de mantenimiento en la empresa "El Arrozal" se basa en la evaluación de la viabilidad y eficacia de las intervenciones propuestas para mejorar el estado de la maquinaria. Dada la disminución significativa en la producción de arroz, de 20 a 21 quintales por hora a 14 o 15 quintales, es evidente que la eficiencia operativa de la maquinaria actualmente está comprometida. A continuación, se detalla la factibilidad técnica:

- Aumento en la Producción y Rendimiento:

La restauración y optimización de los componentes mecánicos clave contribuirán a un aumento en la producción de arroz por hora.

La mejora en la eficiencia de cada etapa del proceso, desde la Pre-limpiadora hasta la pulidora, permitirá alcanzar niveles de producción más cercanos a los históricos de 20 a 21 quintales por hora.

- Reducción de Tiempos de Paro y Aumento de la Disponibilidad:

El mantenimiento preventivo y correctivo reducirá los tiempos de paro no planificados, aumentando la disponibilidad de la maquinaria para la producción.

La confiabilidad mejorada de los equipos minimizará las interrupciones no programadas, asegurando una operación más continua y eficiente.

- Optimización del Flujo de Trabajo:

La implementación del plan de mantenimiento contribuirá a una mejor sincronización y coordinación entre las distintas etapas del proceso.

La maquinaria operará de manera más armoniosa, evitando cuellos de botella y optimizando el flujo de trabajo desde la entrada de la materia prima hasta la obtención del arroz final.

- Mejora en la Calidad del Producto:

El mantenimiento adecuado de componentes como cuchillas, rodillos y rodamientos garantizará un procesamiento más preciso y consistente.

La calidad del arroz producido mejorará, reduciendo la generación de granos defectuosos y garantizando un producto final de mayor valor.

- Eficiencia Energética:

La optimización de la maquinaria también puede contribuir a una mayor eficiencia energética al reducir la fricción, la vibración y otros factores que pueden aumentar el consumo de energía.

Esto no solo beneficia al entorno operativo, sino que también tiene implicaciones positivas en términos de costos operativos asociados al consumo de energía.

- Seguridad Mejorada:

El mantenimiento regular y la sustitución de componentes desgastados contribuirán a garantizar un entorno de trabajo más seguro.

La maquinaria en buen estado disminuirá los riesgos de accidentes y mejorará las condiciones laborales para los operadores.

- Facilitación de la Planificación de la Producción:

Con una maquinaria más fiable, la empresa puede planificar de manera más precisa la producción y cumplir con los compromisos de entrega.

La reducción de imprevistos permite una planificación más efectiva en términos de recursos humanos y logísticos.

b) Factibilidad Económica

- Análisis del Impacto Operativo:

La reducción en la producción de arroz de 6 quintales por hora durante una jornada de 4.5 horas resulta en una pérdida total de 27 quintales por día.

La diferencia de producción impacta directamente en el flujo económico de la empresa, ya que representa una merma en los ingresos.

- Evaluación de Costos Asociados a la Producción Actual:

Con el precio promedio de venta de un quintal de arroz oro en 1602 córdobas y un costo de producción de C\$1,524.13 por quintal, la pérdida al mes asciende a C\$ 55.668,92.

Esta pérdida económica al mes es un indicador crítico de la necesidad de mejorar la eficiencia operativa para garantizar la rentabilidad.

- Cálculo de Retorno de Inversión (ROI):

El ROI se calcula comparando la inversión necesaria para implementar el plan de mantenimiento con los beneficios esperados, representados por el aumento en la producción y los ingresos generados.

El Retorno de Inversión (ROI) de la implementación del plan de mantenimiento en "El Arrozal" se calcula considerando tanto los costos de inversión como los beneficios esperados. Con una inversión total de C\$74,106.58 destinada a llevar a cabo las intervenciones de mantenimiento, se espera generar un ahorro significativo en pérdidas diarias, estimado en C\$108,554.40.

El cálculo del ROI se realiza mediante la fórmula:

$$ROI = (\text{Beneficio Neto} / \text{Costo de Inversión}) \times 100$$

Esta fórmula se obtuvo de: (Tractian, n.d.) una fórmula bastante común.

Donde:

Beneficio Neto es la diferencia entre los beneficios esperados y los costos de inversión.

Costo de Inversión es el gasto total en la implementación del plan de mantenimiento.

$$ROI = (108,554.40 - 74,106.58 / 74,106.58) \times 100$$

$$ROI = (34,447.82 / 74,106.58) \times 100$$

$$ROI \approx 46.46\%$$

Ecuación 2 ROI

El ROI estimado es del 46.46%, lo que significa que, por cada córdoba invertido en el plan de mantenimiento, se espera obtener un rendimiento del 46.46%. Este porcentaje positivo indica que la inversión es financieramente viable y presenta una oportunidad rentable para la empresa "*El Arrozal*". El saldo libre de C\$34,447.82 representa el beneficio neto proyectado después de recuperar la inversión inicial, destacando la eficacia del plan de mantenimiento en términos de ahorro y mejora de la eficiencia operativa.

- Desglose detallado del presupuesto

Elementos Mecánicos que componen la maquinaria	Cantidades	Codigos	Medidas	Horas de Duracion de Mantenimiento	Precio Unitario	Precio Unitario * Cantidad
Elevadores						
Ejes	10		1"x30 cm	4	1.700,00 NIO	17.000,00 NIO
Rodamientos	20		4.8cm x 2.9cm x 1.5"	6	318,27 NIO	6.365,40 NIO
Motor electrico	5		1.5 hp, trifasico 220	1,5	750,00 NIO	3.750,00 NIO
Polea interna donde va la banda con carijones	10		4"x 5"	2	750,00 NIO	7.500,00 NIO
Pre - Limpiadora						
Motor Electrico	1		1.5 hp, trifasico 220	1,5	750,00 NIO	750,00 NIO
Cojinetes	4		4.8x2.9x1.5"	5	1.400,00 NIO	5.600,00 NIO
Rodamientos	4		4.8x2.9x1.5"	5	318,27 NIO	1.273,08 NIO
Eje interno	1		1" x50cm	4	1.700,00 NIO	1.700,00 NIO
Bandas	2	A46	116 cm Correa y 47 cm Marca Mitsuba	3	190,00 NIO	380,00 NIO
Descascaradora						
Motor Electrico	1		6 hp - 220 v	1,5	1.500,00 NIO	1.500,00 NIO
Rodos	2		9 pulgadas	4	2.185,00 NIO	4.370,00 NIO
Bandas	2	A98		0,5	190,00 NIO	380,00 NIO
	2	A103		0,5	190,00 NIO	380,00 NIO
Rodamientos	12		4.8x2.9x1.5"	4	318,27 NIO	3.819,24 NIO
Mesa paddy						
Motor electrico	1		1.5 hp, trifasico 221	1,5	750,00 NIO	750,00 NIO
Coinete	4		4.8cm x 2.9cm x 1.5"	4	1.400,00 NIO	5.600,00 NIO
Banda o Correa	2	A47		1,5	230,00 NIO	460,00 NIO
Rodamientos	12		4.8x2.9x1.5"	4	318,27 NIO	3.819,24 NIO
Pulidores						
Motor Electrico	1		7 hp	3	1.500,00 NIO	1.500,00 NIO
Bandas	1	B49		1	520,00 NIO	520,00 NIO
	1	B49		1	520,00 NIO	520,00 NIO
	1	A46		1	520,00 NIO	520,00 NIO
Rodamientos	2		1" x 1.5 "	1,5	318,27 NIO	636,54 NIO
	2		2"x4"	1,5	318,27 NIO	636,54 NIO
Despuntilladora o zaranda						
Correa	1	A40		1	190,00 NIO	190,00 NIO
Motor Electrico	1		0.5 hp	1,5	750,00 NIO	750,00 NIO
Rodamientos	2		1" x 1.5 "	3	318,27 NIO	636,54 NIO
Coinete	2		1" x 1.5 "	4	1.400,00 NIO	2.800,00 NIO
Presupuesto Total del Over Haul	74.106,58 NIO		108.554,40 NIO		<i>Impacto monetario de acuerdo al pronóstico, menos costos del proyecto.</i>	
			34.447,82 NIO		<i>Saldo Monetario aproximado que queda libre luego de la implementación del Proyecto</i>	

Tabla 9 Presupuesto del Proyecto (Fuente propia)

- Recursos Utilizados

La elección de utilizar exclusivamente el recurso humano interno para la implementación del proyecto de mantenimiento en "El Arrozal" se fundamenta en diversas consideraciones estratégicas y operativas. A continuación, se presenta una justificación detallada de esta decisión:

Conocimiento Interno Específico:

El equipo de mantenimiento interno, compuesto por el jefe de Mantenimiento y 7 colaboradores, posee un conocimiento profundo y específico de la maquinaria y procesos en "El Arrozal".

Este conocimiento detallado reduce la curva de aprendizaje y permite abordar los problemas de manera más eficiente, ya que los miembros del equipo están familiarizados con la configuración y operación de cada equipo.

Cultura Organizacional y Compromiso:

La utilización del recurso humano interno refleja un compromiso firme por parte de la empresa en el cuidado y mantenimiento de sus activos.

Los colaboradores internos están más alineados con la cultura organizacional y la visión de la empresa, lo que fomenta un mayor sentido de pertenencia y dedicación al éxito del proyecto.

Optimización de Recursos Financieros:

Al no depender de mano de obra externa, la empresa evita los costos adicionales asociados a contrataciones externas, tales como honorarios y gastos de desplazamiento.

Esto se traduce en un uso más eficiente de los recursos financieros, maximizando la inversión en el propio equipo interno de mantenimiento.

Flexibilidad y Adaptabilidad:

El equipo interno tiene la capacidad de adaptarse rápidamente a las necesidades cambiantes del proyecto y abordar problemas de manera ágil.

La flexibilidad inherente al personal interno facilita la implementación de ajustes y mejoras continuas durante el desarrollo del proyecto.

Aprovechamiento de Recursos Temporales:

La ejecución del proyecto dentro del horario laboral regular maximiza la utilización del tiempo disponible y minimiza la interferencia con otras operaciones de la empresa.

Esta estrategia permite que el equipo de mantenimiento realice las intervenciones necesarias sin afectar negativamente la productividad durante períodos críticos de la jornada laboral.

3. Resultados y Conclusiones

a) Logros alcanzados.

Uno de los principales logros de esta investigación fue que pudimos hacer ver a las partes interesadas el impacto económico que está teniendo la baja eficiencia en la arrocera “*El Arrozal*”, a su vez nos permitió exponer las contra medidas que se pueden tomar, con el objetivo de contrarrestar el impacto de dicho problema y a su vez crear un sistema donde se deja una base para que se pueda seguir con la mejora continua dentro de la empresa.

b) Lecciones aprendidas.

Esta experiencia resalta la importancia de abordar proactivamente la gestión de la información, la disponibilidad de tiempo y la obtención de datos técnicos durante la planificación y ejecución de proyectos. La adaptabilidad y la capacidad para superar obstáculos, como la carencia de información, se han revelado como habilidades críticas en la conducción exitosa de investigaciones y proyectos académicos. Estas lecciones aprendidas no solo informarán futuros esfuerzos de investigación, sino que también contribuirán al desarrollo de habilidades esenciales para la resolución de problemas.

c) Conclusiones generales

En conclusión, el proyecto de graduación ha alcanzado con éxito los objetivos propuestos, abordando de manera exhaustiva la situación actual de la arrocera en estudio en materia de eficiencia y tiempo de trabajo, utilizando herramientas estadísticas de lo cual se ha encontrado con una eficiencia en un 71 %.

En la etapa medir, se identificaron las variables críticas de proceso las cuales influyen sobre nuestra eficiencia, siendo las más importantes la falta de mantenimiento, falta de estandarización y malas prácticas por parte de los operarios.

Se logró determinar el problema principal que afecta al índice de productividad, el cual mantenía nuestro nivel de eficiencia en un 71 %, siendo este la falta del plan de mantenimiento en la arrocera, el cual influye en la utilización de las maquinarias y tiempos de paros por averías lo que no permitía el aprovechamiento de los recursos dentro de la misma

La propuesta de mejoras, centrada en la implementación de un plan de mantenimiento, se rige como una solución viable y estratégica para abordar las deficiencias identificadas y aumentar la eficiencia que se mantenía en un 71 %, el cual aborda la implementación de un plan de mantenimiento con la creación de una base de datos en Excel la cual cumple la función de

almacenar datos y brindar la información necesaria del tiempo y forma en la cual se debe de realizar los mantenimientos y ajustes a cada parte del trillo, esto con respecto a los estándares del fabricante lo cual conlleva a un aprovechamiento de las maquinarias y aún menor tiempo improductivo provocado por los paro por desperfecto imprevistos, dicha base de datos cuenta con un manual de uso, con el fin de que personas con conocimientos básicos en mantenimiento y en herramientas digitales puedan hacer uso de ello a su vez que sea práctico para los trabajadores de dicha arrocera. Esté enfoque no solo apunta a la optimización de los procesos operativos, sino también a la maximización de la eficiencia global de la arrocera, sentando una base sólida en la mejora continua, dando un paso importante como es la recopilación de datos, la cual es importante para posteriores investigaciones y mejoras dentro de la arrocera.

4. Recomendaciones

a) Recomendaciones para mejoras continuas.

La trazabilidad de datos es crucial para la mejora continua, ya que permite seguir y analizar el rendimiento y los resultados a lo largo del tiempo. Aquí tienes algunas recomendaciones específicas que se basan en la trazabilidad de datos para impulsar la mejora continua:

Establecer Objetivos de Trazabilidad:

Definir objetivos claros y específicos para la trazabilidad de datos en relación con la mejora continua. Por ejemplo, mejorar la eficiencia operativa, reducir los tiempos de inactividad o minimizar defectos en la producción.

Identificar KPIs Clave:

Determinar los indicadores clave de rendimiento (KPIs) más relevantes para medir el desempeño. Estos pueden incluir métricas relacionadas con la eficiencia, calidad, tiempos de producción y costos.

Implementar Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real:

Utilizar sistemas de monitoreo en tiempo real para recopilar datos de forma continua. Esto proporciona una visión inmediata de los procesos y permite tomar decisiones basadas en información actualizada.

Integrar Plataformas de Análisis de Datos:

Utilizar plataformas de análisis de datos para procesar y analizar la información recopilada. Estas plataformas pueden ayudar a identificar patrones, tendencias y oportunidades de mejora.

Establecer Procesos de Documentación Rigurosos:

Implementar procesos sólidos de documentación para registrar cambios, intervenciones y resultados. Esto facilita la identificación de causas raíz y la evaluación del impacto de las acciones tomadas.

Realizar Auditorías Regulares:

Realizar auditorías periódicas de los datos trazados para asegurar la precisión y la consistencia. Las auditorías también pueden revelar áreas donde se pueden realizar mejoras adicionales en la trazabilidad.

Aplicar Métodos de Análisis Estadístico:

Utilizar métodos estadísticos para analizar datos históricos y prever posibles tendencias futuras. Esto facilita la toma de decisiones basada en datos y la anticipación de problemas.

Involucrar a los Equipos de Trabajo:

Fomentar la participación de los equipos de trabajo en la recopilación y análisis de datos. Esto no solo mejora la precisión de la información, sino que también aumenta la conciencia y la responsabilidad.

Implementar Ciclos de Retroalimentación Continua:

Establecer ciclos de retroalimentación que permitan revisar regularmente los datos trazados, identificar áreas de mejora y ajustar estrategias según sea necesario.

Capacitar al Personal en Trazabilidad:

Proporcionar capacitación al personal sobre la importancia de la trazabilidad de datos y cómo utilizar eficazmente las herramientas y tecnologías asociadas.

Evaluar el Rendimiento de la Mejora Continua:

Evaluar y medir el impacto de las iniciativas de mejora continua mediante la comparación de los resultados antes y después de la implementación de los cambios.

La trazabilidad de datos, cuando se implementa de manera efectiva, proporciona una base sólida para la toma de decisiones informada y la mejora continua en diversos aspectos de una organización o proceso

b) Posibles líneas de investigación relacionadas.

La aplicación del DMAIC para mejorar la eficiencia productiva mediante un plan de mantenimiento en un trillo de arroz puede ser abordada desde diversas perspectivas en la investigación. A continuación, se mostrarán algunas líneas de investigación que ayudarán a tener una mejora continua dentro de la aplicación del DMAIC utilizando el mantenimiento como alternativa para contrarrestar la problemática abordada.

Ingeniería de Mantenimiento:

Desarrollo de metodologías avanzadas de mantenimiento predictivo para equipos específicos de la industria arrocera.

Investigación sobre tecnologías emergentes, como el Internet de las cosas (IoT) y la analítica de datos, para mejorar la monitorización y gestión del estado de los equipos.

Gestión de la Cadena de Suministro:

Estudio de la integración del plan de mantenimiento en la cadena de suministro, evaluando cómo afecta la eficiencia productiva y la entrega de productos finales.

Investigación sobre estrategias para optimizar el flujo de materiales y minimizar los tiempos de inactividad en la producción de arroz.

Innovación Tecnológica en Maquinaria Agrícola:

Investigación sobre avances tecnológicos aplicables a trillos de arroz, como sistemas de automatización y control avanzado.

Evaluación de la viabilidad de la implementación de tecnologías robóticas o autónomas para tareas de mantenimiento y operación.

Economía y Sostenibilidad en la Agricultura:

Análisis de costos y beneficios asociados con la implementación de planes de mantenimiento mejorados, considerando aspectos económicos y ambientales.

Investigación sobre prácticas agrícolas sostenibles que puedan influir en la eficiencia y la necesidad de mantenimiento.

Psicología Organizacional y Cambio Organizacional:

Estudio de la aceptación y adaptación de los empleados a nuevos planes de mantenimiento, considerando aspectos psicológicos y organizacionales.

Investigación sobre estrategias efectivas de gestión del cambio para garantizar la adopción exitosa de nuevas prácticas.

Eficiencia Energética y Consumo de Recursos:

Evaluación de cómo las mejoras en el mantenimiento pueden influir en la eficiencia energética de los trillos de arroz.

Investigación sobre la optimización del consumo de recursos, como agua y electricidad, en el proceso de trillado de arroz.

Gestión de Datos y Analítica Predictiva:

Desarrollo de modelos predictivos para prever posibles fallos en los trillos de arroz y planificar el mantenimiento de manera proactiva.

Investigación sobre la gestión efectiva de grandes conjuntos de datos generados por sensores y dispositivos conectados en el contexto de la agricultura.

Estas líneas de investigación pueden proporcionar una base sólida para abordar los desafíos específicos asociados con la mejora de la eficiencia productiva mediante un plan de mantenimiento en trillos de arroz, no solo en el trillo donde se está realizando el estudio si no que estos estudios cuentan con una versatilidad aplicable en cualquier área de trillado que cuenten con características

similares, integrando aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, que se puedan mejorar.

C. Material Complementario

Bibliografía

- Hernández, M. C. (27 de Enero de 2021). *Spain Business School*. Obtenido de <https://blog.spainbs.com/2021/01/948/clasificacion-de-las-empresas>
- Lopez, V. (20 de Agosto de 2020). *ECONFINADOS*. Obtenido de <https://www.econfinados.com/post/clasificacion-de-las-empresas>
- Luz. (3 de Mayo de 2013). *Administración*. Obtenido de <http://seajuarezadministracionii.blogspot.com/2013/05/la-empresa-y-tipos-de-empresas.html>
- Niño, A. C. (2007). *Molineria de Arroz -Tomo II*. Bogota: Ediagro Ltda.
- Tena, R. D. (25 de Mayo de 2021). *Holded*. Obtenido de <https://www.holded.com/es/blog/tipos-empresa-forma-juridica>
- Van der Kamp, R. (2006). Pymes, competitividad y SDE en Nicaragua. (*Doc. de trabajo / Informes*). Instituto de Investigacion y Desarrollo Nitlapan – UCA., Managua.
- ASANA, TEAM. 2022. “¿Qué es VSM y cómo se hace un Value Stream Mapping?” ASANA. <https://asana.com/es/resources/value-stream-mapping>.
- Becher, Marcelo. 2022. “Porqués: Qué es y cómo aplicar.” softexpertblog. <https://blog.softexpert.com/es/5-porques/>.
- Escobar, Jhony. 2022. “Diagrama de Ishikawa.” excelparatodos. https://excelparatodos.com/diagrama-de-ishikawa/#google_vignette.
- M,L, George. 2002. *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. N.p.: McGraw-Hill.
- Medina, Jorge. 2021. “Takt Time: ¿qué es, en qué consiste y cómo se calcula?” toyota forklifts. <https://blog.toyota-forklifts.es/takt-time-que-es>.
- Niño, Oscar J. 2022. “que es el SIPOC y para que sirve ?” LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/que-es-el-sipoc-y-para-sirve-oscar-ni%C3%B1o>.
- Piqueras, Victor. 2022. “Diagrama de recorrido como herramienta de estudio de métodos.” victoryepesblog. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2022/03/29/diagrama-de-recorrido-como-herramienta-de-estudio-de-metodos/>.

Plata, Fabian. 2021. “Árbol de Problemas: Pasos y Recomendaciones.” Wix. <https://proyectosuntref.wixsite.com/proyectos/post/%C3%A1rbol-de-problemas-pasos-y-recomendaciones>.

Rocha, Julia. 2022. “calidad ,herramientas ,lean six sigma.” INSTITUTO .MUDANAI. <https://blog.mudanai.org/kaizen-mejora-continua/calidad/dmaic-que-es-y-cuales-son-sus-pasos/>

ASANA, T. (2022, OCTUBRE 20). *¿Qué es VSM y cómo se hace un Value Stream Mapping?*

ASANA. <https://asana.com/es/resources/value-stream-mapping>

Becher, M. (2022, noviembre 30). *Porqués: Qué es y cómo aplicar*. softexpertblog.

<https://blog.softexpert.com/es/5-porques/>

CONDUCE TU EMPRESA. (2018, October 21). CONDUCE TU EMPRESA. Retrieved January

18, 2024, from <https://blog.conducetupempresa.com/2018/10/que-es-mantenimiento-industrial.html>

Escobar, J. (2022, noviembre 30). *Diagrama de Ishikawa*. excelparatodos.

https://excelparatodos.com/diagrama-de-ishikawa/#google_vignette

ESERP Business School. (2020, March 9). *¿Qué son los KPIs?: Definición, Claves y Ejemplos*.

ESERP. Retrieved January 18, 2024, from <https://es.eserp.com/articulos/que-son-los-kpis/>

IBM. (n.d.). *¿Qué es el mantenimiento predictivo?* IBM. Retrieved January 18, 2024, from

<https://www.ibm.com/es-es/topics/predictive-maintenance>

kanban tool. (2021, February 2). *¿Qué es el Mantenimiento Productivo Total (TPM)?* Kanban

Tool. Retrieved January 18, 2024, from <https://kanbantool.com/es/guia-kanban/mantenimiento-productivo-total>

Medina, J. (2021, diciembre 13). *Takt Time: ¿qué es, en qué consiste y cómo se calcula?* toyota

forklifts. <https://blog.toyota-forklifts.es/takt-time-que-es>

M,L, G. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*.

McGraw-Hill.

Niño, O. J. (20221, febrero 5). *que es el SIPOC y para que sirve ?* LinkedIn.

<https://es.linkedin.com/pulse/que-es-el-sipoc-y-para-sirve-oscar-ni%C3%B1o>

Piqueras, V. (2022, marzo). *Diagrama de recorrido como herramienta de estudio de métodos*.

victoryepesblog. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2022/03/29/diagrama-de-recorrido-como-herramienta-de-estudio-de-metodos/>

Plata, F. (2021, April 5). *Árbol de Problemas: Pasos y Recomendaciones*. Wix. Retrieved

January 16, 2024, from

<https://proyectosuntref.wixsite.com/proyectos/post/%C3%A1rbol-de-problemas-pasos-y-recomendaciones>

Rocha, J. (2022, Enero 13). *calidad ,herramientas ,lean six sigma*. INSTITUTO .MUDANAI.

Retrieved enero 16, 2024, from <https://blog.mudanai.org/kaizen-mejora-continua/calidad/dmaic-que-es-y-cuales-son-sus-pasos/>

STEL Order. (2020, November 4). *Mantenimiento Preventivo: Qué es, tipos y cómo hacerlo eficazmente*. STEL Order. Retrieved January 18, 2024, from

<https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/>

Tecsa. (2018, September 28). *¿Qué es el mantenimiento correctivo?* Tecsa. Retrieved January

18, 2024, from <https://www.tecsagro.com.mx/blog/mantenimiento-correctivo/>

Tractian. (n.d.). *Calculadora ROI: Descubre qué es y cómo utilizarla para la industria -*

TRACTIAN. Tractian. Retrieved January 17, 2024, from

<https://tractian.com/es/blog/calculadora-roi-descubre-que-es-y-como-utilizarla-para-la-industria>

Anexos (dibujos 2d y 3d, gráficos, tablas, esquemas, maquetas, galería de fotos y otros).

Imágenes de las partes del trillo que se deben de dar mantenimiento con mayor relevancia

Fotografía sistema de correas del Pulidor.

Fuente: Propia



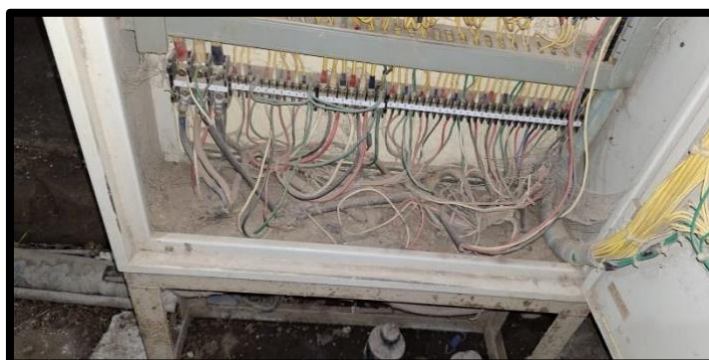
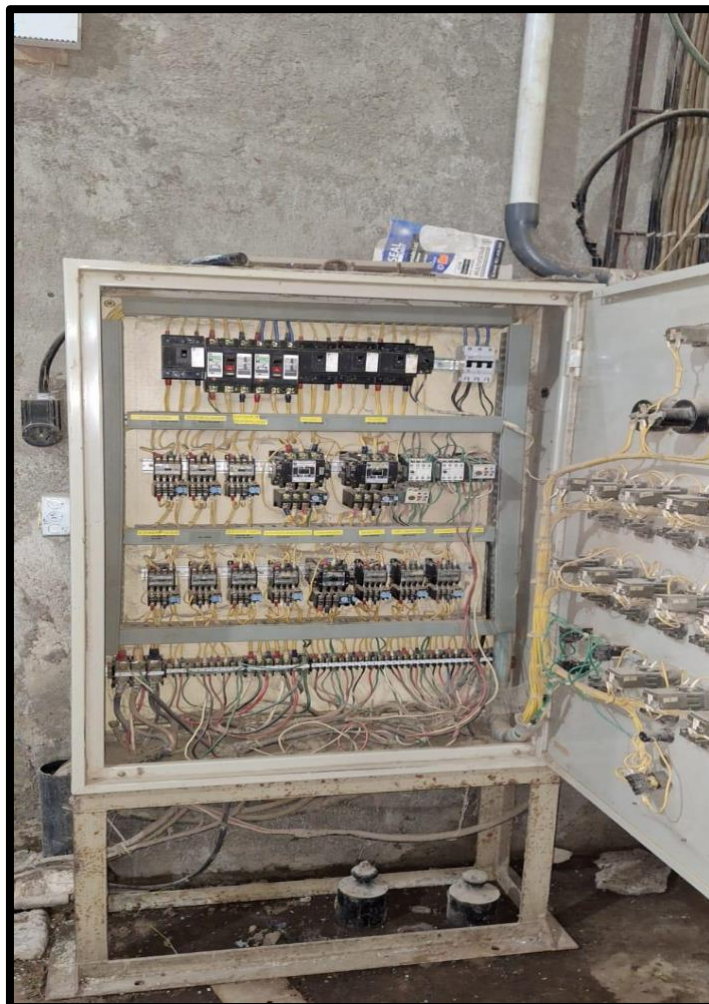
Fotografía sistema de correas Clasificación granular

Fuente: Propia



Fotografía Sistema Eléctrico del trillo

Fuente: Propia



Fotografía frontal de la Pre – Limpiadora.

Fuente: Propia



Fotografía del Pulidor

Fuente: Propia



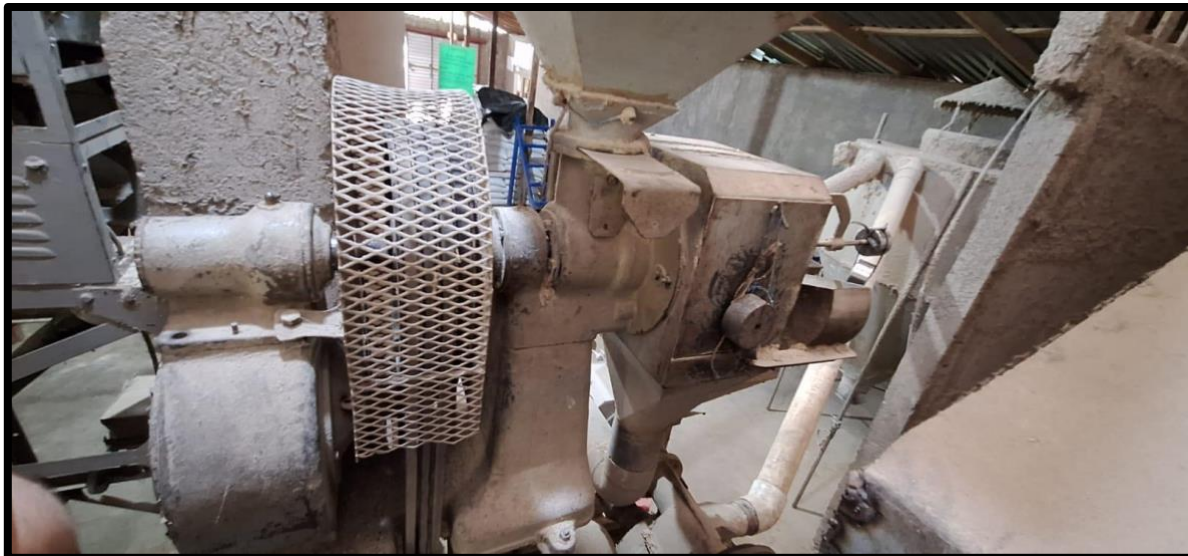
Fotografía frontal Clasificadora granular o Mesa Paddy.

Fuente: Propia



Fotografía de la estructura general del pulidor.

Fuente: Propia



Fotografía estructura de los elevadores de arroz.

Fuente: Propia



Fotografía de los rodos internos de la descascaradora.

Fuente Propia

