

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
CONFIABILIDAD PARA LA MAQUINARIA UTILIZADA EN LA
PRODUCCIÓN DE LINAZA BLANCA EN LA EMPRESA
DELICIOUS TARIJA”**

Por:

TERESA BELÉN GOITIA SÁNCHEZ

**Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado
académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.**

Octubre de 2025

TARIJA-BOLIVIA

V°B°

MSc. Ing. Marcelo Segovia Cortez

DECANO DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

MSc. Ing. Fernando E. Cortez Michel

VIDECANO DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

MSc. Ing. Emmy Adela Alfaro Murillo

DIRECTORA DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Mariana Cordero Gil

Ing. Ismael Gerardo Castillo García

Ing. María Fernanda Maraz

El tribunal calificador del presente trabajo,
no se solidariza con la forma, términos,
modos y expresiones vertidas en el mismo,
siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

A mi familia, por ser el pilar de mi vida, por cada palabra de aliento, su presencia en los días difíciles y por confiar en mí incluso cuando yo dudaba.

Y con todo mi amor, dedico este proyecto a mi abuelita Teresa, que desde pequeña me impulsó a aprender y a crecer. Aunque ya no estés físicamente, tu apoyo sigue siendo una de las bases más valiosas de todo lo que hoy logro.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme la fuerza para continuar incluso cuando sentí que ya no podía más.

A mi familia, por su amor incondicional, su paciencia infinita y por ser mi refugio en cada etapa de esta carrera. A mis amigas, por escucharme, acompañarme, y celebrar cada pequeño avance como si fuera propio.

A mis compañeras de universidad, por compartir este viaje lleno de aprendizajes, desvelos, dudas y también muchas risas. Gracias por ser inspiración y compañía en este camino.

A mis docentes, quienes, con sus enseñanzas, su exigencia y su orientación me ayudaron a formarme como profesional.

A todos los que, de alguna forma, formaron parte de este proceso: gracias por estar.

PENSAMIENTO

"En la vida hay algo peor que el fracaso: el no haber intentado nada".

INDICE

	Páginas
Advertencia	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Pensamiento	iv
Resumen o Abstract.....	v

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes	1
1.1.1. Antecedentes Históricos.....	1
1.1.2. Antecedentes Históricos de la Empresa	2
1.2. Planteamiento del Problema.....	2
1.3. Árbol de Problemas.....	10
1.4. Formulación del Problema	11
1.5. Objetivos del Trabajo	11
1.5.1. Objetivo General	11
1.5.2. Objetivos Específicos.....	11
1.6. Justificación.....	12
1.6.1. Justificación Personal.....	13
1.6.2. Justificación Económica.....	13
1.6.3. Justificación Académica / Teórica.....	13
1.7. Alcance.....	13

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Mantenimiento	15
2.1.1. Definición.....	15
2.1.2. Objetivos del Mantenimiento	15

2.1.3. Tipos de Mantenimiento.....	16
2.1.4. Importancia en la Industria.....	18
2.1.5. Definiciones Básicas	18
2.2. Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM)	19
2.2.1. Definición.....	19
2.2.2. Objetivo.....	20
2.2.3. Características	20
2.2.4. Metodología....	20
2.3. Plan de Mantenimiento	21
2.3.1. Definición.....	21
2.3.2. Etapas de Elaboración	21
2.3.3. Beneficios de un Plan de Mantenimiento.....	23
2.4. Herramientas y Técnicas del Mantenimiento	24
2.4.1. Codificación de Equipos	24
2.4.2. Especificaciones Técnicas.....	25
2.4.3. Área Crítica....	25
2.4.4. Software de Gestión de Mantenimiento Fractal.....	25
2.4.5. Análisis de criticidad.....	27
2.4.6. Diagrama de Pareto	28
2.4.7. Análisis de Modo de Falla, Efectos y Criticidad (AMFEC)	29
2.4.8. Diagramas de Flujo	30
2.4.9. Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs).....	33
2.5. Normas Aplicables al Mantenimiento	35
2.5.1. Normativas Bolivianas de Mantenimiento	35
2.6. Gestión de Inventarios.....	35
2.6.1. Inventario.....	36
2.6.2. Repuestos.....	36
2.6.3. Inventario de Repuestos	36

2.6.4. Importancia de la Gestión de Repuestos	37
2.6.5. Métodos de Control de Inventarios	38

CAPITULO III

MARCO METODÓLOGICO

3.1. Enfoque de Investigación	39
3.1.1. Metodología de Investigación Descriptiva.....	39
3.1.2. Metodología de Investigación Aplicada.....	39
3.1.3. Metodología de Investigación de Campo.....	40
3.2. Métodos.....	40
3.3. Técnicas de Análisis	41
3.4. Instrumentos	42
3.5. Población.....	43
3.6. Muestreo.....	43
3.7. Recolección de la Información.....	44
3.7.1. Fuentes Primarias	44
3.7.2. Fuentes Secundarias	44
3.8. Tratamiento de Datos	45

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Identificación de la Empresa	47
4.1.1. Estructura Organizacional	47
4.2. Descripción Detallada del Proceso Productivo	52
4.3. Inventario de Activos	56
4.3.1. Inventario General de Activos.....	56
4.3.2. Clasificación Detallada de Activos por Niveles.....	58
4.3.3. Descripción de las Áreas de la Maquinaria	66
4.3.4. Codificación de la Maquinaria	68
4.3.5. Especificaciones Técnicas	69

4.4. Estrategias de Mantenimiento Actuales	83
4.4.1. Descripción Detallada del Proceso de Mantenimiento de la Balanza	83
4.4.2. Descripción Detallada del Proceso de Mtto del Molino para Granos	83
4.4.3. Descripción Detallada del Proceso de Mantenimiento de la Zaranda	84
4.4.4. Descripción Detallada del Proceso de Mtto de los Tanques de Cocimiento	85
4.4.5. Descripción Detallada del Proceso de Mantenimiento del Pasteurizador	86
4.4.6. Descripción Detallada del Proceso de Mantenimiento de la Envasadora	87
4.4.7. Descripción Detallada del Proceso de Mtto de los Tanques de Almacenaje	89
4.4.8. Descripción Detallada del Proceso de Mantenimiento de la Cámara de Frío ...	90
4.4.9. Evaluación del Cumplimiento Documental según NB12017	91
4.5. Impactos Identificados en la Gestión de Mantenimiento	94
4.5.1. Percepción del Personal sobre la Gestión de Mantenimiento Actual	94
4.5.2. Consideraciones Ambientales Asociadas a la Gestión de Mantenimiento	95
4.6. Evaluación de la Gestión Actual mediante Indicadores	96
4.6.1. MTBF histórico	96
4.6.2. Fiabilidad actual de cada activo	100
4.7. Importancia Operativa y Selección de Equipos	103
4.7.1. Análisis de Criticidad	103
4.7.2. Selección de Equipos para Análisis RCM	106
4.8. Análisis Funcional y de Fallas según RCM	108
4.8.1. Análisis Funcional de los Equipos Seleccionados	108
4.8.2. Fallas Funcionales y Fallas Técnicos	112
4.8.3. Clasificación de Fallas	117
4.8.4. Diagrama de Pareto de Fallas	122
4.8.5. Análisis Modo de Falla, Efectos y Criticidad (AMFEC)	125
4.8.6. Selección del Modelo de Mantenimiento	133

CAPITULO V

DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

5.1. Procedimientos de Mantenimiento Preventivo	137
5.1.1. Planificación de las Actividades.....	137
5.1.2. Cronograma de Ejecución	138
5.1.3. Responsables... ..	145
5.1.4. Métodos de Seguimiento	146
5.2. Procedimientos de Mantenimiento Correctivo.....	148
5.2.1. Detección y Diagnóstico de Fallos.....	148
5.2.2. Estrategias de Reparación	151
5.2.3. Registros de Intervenciones	152
5.2.4. Indicadores de Gestión	153
5.3. Programación de Mantenimiento	154
5.3.1. Herramientas de Programación	154
5.3.2. Integración con Operaciones	155
5.3.3. Priorización de las Tareas.....	156
5.3.4. Indicadores de la Eficacia	158
5.4. Gestión de Repuestos y Suministros	159
5.4.1. Inventario óptimo	159
5.4.2. Proveedores y Compras.....	160
5.4.3. Sistemas de Control.....	163
5.5. Gestión de la Documentación	164
5.5.1. Tipos de Documentos	164
5.5.2. Sistema de Archivo	165
5.5.3. Actualizaciones	166
5.5.4. Cumplimiento Documental Esperado tras la Implementación del Plan.....	167
5.5.5. Indicador de Conformidad	170
5.6. Evaluación del Desempeño y Mejora Continua	171
5.6.1. Análisis de Indicadores	171
5.6.2. Identificación de Mejoras.....	172

5.6.3. Implementación de Acciones	173
5.6.4. Ciclo de Mejora Continua	174
5.7. Digitalización del mantenimiento con herramientas gratuitas	175
5.7.1. Registro de Equipos	176
5.7.2. Asignación de Tareas.....	178
5.7.3. Ejemplo de Orden de Trabajo Digital	179
5.8. Seguridad y Normativas	181
5.8.1. Normativas Aplicables en Actividades de Mantenimiento	181
5.8.2. Procedimientos de Seguridad en Mantenimiento.....	182
5.8.3. Equipamiento de Protección Personal (EPP)	182
5.8.4. Indicador de Seguridad	184
5.9. Responsabilidades y Autoridades.....	184
5.9.1. Roles y Responsabilidades	184
5.9.2. Autorizaciones.....	187
5.9.3. Comunicación	189
5.10. Mantenimiento Sostenible.....	191
5.11. Manual Operativo con Código QR (versión prototipo).....	192

CAPITULO VI

ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO

6.1. Introducción	194
6.2. Estimación de Costos	194
6.2.1. Costos en Capacitación	194
6.2.2. Costos en Documentación y Señalética	196
6.2.3. Costos en Digitalización	197
6.2.4. Costo de Mejora Organizacional.....	199
6.2.5. Costos en Gestión de Repuestos y Suministros	201
6.2.6. Inversión Total Estimada.....	202
6.3. Estimación de Pérdidas por Paradas No Programadas.....	203

6.4. Beneficios Esperados	205
---------------------------------	-----

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones	207
-------------------------	-----

7.2. Recomendaciones	208
----------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA.....	209
--------------------------	------------

ANEXOS.....	213
--------------------	------------

Índice de Cuadros

	Páginas
Cuadro I-1 Descripción Necesidades de Mtto de Maquinaria y Equipos	4
Cuadro I-2 Piezas Críticas.....	5
Cuadro I-3 Análisis Cuantitativo Inicial del Impacto Económico y Productivo	8
Cuadro IV-1 Descripción de Productos que brinda la empresa	49
Cuadro IV-2 Funciones desempeñadas en los puestos de trabajo de la empresa	51
Cuadro IV-3 Inventario General de Activos	56
Cuadro IV-4 Clasificación Detallada de Activos por Niveles	59
Cuadro IV-5 Codificación de la Maquinaria.....	68
Cuadro IV-6 Especificaciones Técnicas – Molino de Granos	70
Cuadro IV-7 Especificaciones Técnicas – Balanza de Pesado	71
Cuadro IV-8 Especificaciones Técnicas – Zaranda	72
Cuadro IV-9 Especificaciones Técnicas – Tanque de Cocimiento 1	73
Cuadro IV-10 Especificaciones Técnicas – Tanque de Cocimiento 2.....	74
Cuadro IV-11 Especificaciones Técnicas – Tanque de Cocimiento 3	75
Cuadro IV-12 Especificaciones Técnicas – Tanque de Cocimiento 4.....	76
Cuadro IV-13 Especificaciones Técnicas – Tanque de Almacenamiento 1	77
Cuadro IV-14 Especificaciones Técnicas – Tanque de Almacenamiento 2	78
Cuadro IV-15 Especificaciones Técnicas – Pasteurizador 1	79
Cuadro IV-16 Especificaciones Técnicas –Envasadora.....	80
Cuadro IV-17 Especificaciones Técnicas –Cámara de Frío 1	81
Cuadro IV-18 Especificaciones Técnicas –Cámara de Frío 2	82
Cuadro IV-19 Evaluación del Cumplimiento Documental.....	92
Cuadro IV-20 Valores del Tiempo de Operación Total Calculados.....	99
Cuadro IV-21 Valores del MTBF Calculados	100
Cuadro IV-22 Valores de Fiabilidad Actual	102
Cuadro IV-23 Análisis de Criticidad Cualitativo.....	104

Cuadro IV-24 Análisis de Criticidad Cuantitativo.....	105
Cuadro IV-25 Identificación de Funciones por Sistemas y Elementos	109
Cuadro IV-26 Identificación de Fallas Funcionales y Técnicas	113
Cuadro IV-27 Clasificación de Fallas.....	117
Cuadro IV-28 Frecuencias Fallas en Equipos de Producción de Linaza	122
Cuadro IV-29 Análisis AMFEC del Molino de Granos.....	125
Cuadro IV-30 Análisis AMFEC del Pasteurizador.....	127
Cuadro IV-31 Análisis AMFEC de la Envasadora	129
Cuadro IV-32 Análisis AMFEC de la Cámara de Frío	131
Cuadro IV-33 Clasificación de Fallas	135
Cuadro V-1 Actividades de Mantenimiento Preventivo	139
Cuadro V-2 Roles en el Mantenimiento Preventivo	145
Cuadro V-3 – Fallas Comunes por Equipo y Señales de Detección	149
Cuadro V-4 – Nivel de Prioridad de Tareas de Mantenimiento	157
Cuadro V-5 – Cumplimiento Esperado Documentación por NB12017	168
Cuadro V-6 – Equipamiento de Protección Personal según Tarea a Realizar	182
Cuadro VI-1 – Costos en Capacitación.....	195
Cuadro VI-2 – Costos en Documentación y Señalética.....	196
Cuadro VI-3 – Costos en Digitalización	198
Cuadro VI-4 – Costos de Mejora Organizacional.....	200
Cuadro VI-5 – Costos en Gestión de Repuestos y Suministros.....	202
Cuadro VI-6 – Inversión Total Estimada.....	203
Cuadro VI-7 – Estimación de Pérdidas en Equipos Críticos	204

Índice de Figuras

	Páginas
Figura 1-1 Logo de la empresa	10
Figura 2-1 Ciclo Gráfico del Mantenimiento Preventivo	17
Figura 2-2 Diagrama de Pareto	29
Figura 2-3 Proceso RCM	30
Figura 2-4 Simbología Diagrama de Flujo	33
Figura 4-1 Logo de la empresa	47
Figura 4-2 Ubicación Geográfica de la empresa.....	48
Figura 4-3 Organigrama de la empresa.....	50
Figura 4-4 Flujograma del proceso de producción de linaza blanca.....	55
Figura 4-5 Áreas de Maquinaria de Producción de Linaza Blanca.....	67
Figura 4-6 Cursograma analítico del proceso de producción de linaza blanca.....	98
Figura 4-7 Diagrama de Pareto	124
Figura 5-1 Cronograma de Mantenimiento Preventivo del Molino de Granos	141
Figura 5-2 Cronograma de Mantenimiento Preventivo del Pasteurizador.....	142
Figura 5-3 Cronograma de Mantenimiento Preventivo de la Envasadora	143
Figura 5-4 Cronograma de Mantenimiento Preventivo de la Cámara de Frío 1	144
Figura 5-5 Flujograma del Proceso de Compras Propuesto.....	162
Figura 5-6 Módulo de Activos en Fractal	176
Figura 5-7 Planificador de Tareas de Mantenimiento en Fractal.....	178
Figura 5-8 Orden de Trabajo Emitida en Fractal	180
Figura 5-9 Matriz de Comunicación Cruzada.....	190

Índice de Anexos

- ANEXO 1 - Cuestionarios de entrevistas al personal de la empresa Delicious
- ANEXO 2 - Tabla para la valoración cualitativa de la criticidad
- ANEXO 3 - Tablas de escalas de valoración de la gravedad y frecuencia de falla
- ANEXO 4 – Manuales de procedimientos de mantenimiento preventivo
- ANEXO 5 – Checklists de diagnóstico preliminar
- ANEXO 6 – Checklists de reparación por equipo
- ANEXO 7 – Formularios estandarizados de registro de intervenciones
- ANEXO 8 – Entorno de trabajo FRACTTAL
- ANEXO 9 – Formato de revisión diaria de coordinación mantenimiento-producción
- ANEXO 10 – Cronograma de mantenimiento con bloques sugeridos postproducción
- ANEXO 11 – Plantilla base del inventario técnico por equipo
- ANEXO 12 – Formato de matriz de evaluación de proveedores
- ANEXO 13 – Formato de control de inventario físico
- ANEXO 14 – Manuales de procedimientos de mantenimiento correctivo
- ANEXO 15 – Esquema visual del sistema de archivo de documentación
- ANEXO 16 – Plantilla de registro de análisis de evaluación del desempeño y mejora
- ANEXO 17 – Plantilla de plan de acción para mejoras