

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO DE UN SISTEMA EN GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE BOMBEO E
INSTALACIONES DE AGUA POTABLE EN EL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN Y TRATAMIENTO DE
COSAALT R.L.”**

Por:

MARIA FERNANDA MARAZ

**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.**

Junio de 2022

TARIJA-BOLIVIA

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

Dedicado a mi familia, que siempre ha estado a mi lado en todas las etapas de éxitos y dándome valor en los fracasos para seguir adelante logrando mis objetivos y metas, a ellos les dedico con orgullo este premio.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la oportunidad de vida que me da, a mi familia por todo el apoyo y amor que me dio para que logre mis objetivos y metas.

A los docentes de mi prestigiosa Carrera de Ingeniería Industrial por haberme instruido en mi formación profesional, por brindarme sus conocimientos, ser el ejemplo y ser los mentores de mi formación gracias.

A mis compañeros de trabajo por su apoyo y por compartir nuestras dificultades y triunfos.

A Lic. José Luis Patiño Gerente de la empresa COSAALT R.L. y al Ing. Pedro Almazán Jefe del Departamento de Producción y Tratamiento, por estar siempre dispuestos a responder a las necesidades para desarrollar el presente proyecto

PENSAMIENTO

El genio se hace con 1% de talento y
un 99% de trabajo

ÍNDICE

	Páginas
Advertencia	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Pensamiento.....	iv
Resumen	v

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.....	1
Identificación del problema.....	1
Árbol de problemas.....	5
Formulación del Problema	6
Objetivos del trabajo	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos.....	6
Justificación.....	7

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Concepto de Mantenimiento	8
1.1.1. Tipos de Mantenimiento	8
1.1.1.1. Mantenimiento Preventivo.....	8
1.1.1.2. Mantenimiento Correctivo	8
1.2. Principios de la Gestión de Mantenimiento	9
1.2.1. Principio 1: Partes Interesadas	9
1.2.2. Principio 2: Valor del activo	9
1.2.3. Principio 3: Liderazgo	9
1.2.4. Principio 4: Estructura de mantenimiento.....	10
1.2.5. Principio 5: Gestión por procesos.....	10

1.2.6.	Principio 6: Enfoque del sistema en gestión de mantenimiento de activos	10
1.2.7.	Principio 7: Mejora continua.....	11
1.3.	Norma Boliviana 12017.....	11
1.4.	Marco Conceptual.....	13
1.4.1.	Sistema de mantenimiento	13
1.4.2.	Gestión de mantenimiento	13
1.4.3.	Sistema de gestión de mantenimiento.....	13
1.4.4.	Plan de mantenimiento.....	13
1.4.5.	Vida Útil.....	14
1.5.	Herramientas para elaborar el Sistema de Gestión de Mantenimiento.....	14
1.5.1.	Ciclo de Deming.....	14
1.5.2.	5W + 2H.....	15
1.5.3.	Diagrama de Flujo	16
1.5.3.1.	Simbología del Diagrama de Flujo	16
1.5.4.	CheckList	17
1.5.5.	Diagrama de Pareto.....	18
1.5.6.	Diagrama Ishikawa	19
1.5.7.	Análisis FMECA	20
1.5.8.	Metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)	22
1.5.9.	Manuales de Procedimientos.....	25
1.6.	Manual de Mantenimiento	27
1.7.	Indicadores de Gestión.....	28
1.8.	Presupuesto de la inversión.....	29

CAPÍTULO II

MARCO METOLOGICO

2.1.	Tipos de investigación	30
2.1.1.	Identificación y delimitación del problema.....	30
2.1.2.	Elaboración y construcción de los instrumentos	30
2.1.3.	Observación y registro de datos	30
2.1.4.	Decodificación y categorización de la información	30

2.1.5.	Análisis	31
2.1.6.	Propuestas	31
2.2.	Recolección de la información	31
2.2.1.	Fuentes Primarias	31
2.2.2.	Fuentes Secundarias.....	31

CAPÍTULO III

DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1.	Concepto de EPSA	32
3.1.1.	Derechos de las EPSA	32
3.1.2.	Obligaciones de las EPSA.....	32
3.2.	Ente Reguladora de EPSAS	33
3.2.1.	Autoridad de fiscalización y control social de Agua Potable y Saneamiento básico (AAPS)	33
3.3.	Descripción de la Empresa	35
3.3.1.	Componentes Estratégicos	35
3.3.2.	Estructura de la empresa	36
3.4.	Departamento de Producción y Tratamiento de COSAALT R.L.....	38
3.4.1.	Componentes Estratégicos del Departamento de Producción y Tratamiento	38
3.4.2.	Estructura del Departamento de Producción y Tratamiento	39
3.5.	Descripción de los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de la Ciudad de Tarija.....	39
3.5.1.	Fuente principal de la ciudad de Tarija.....	40
3.5.1.1.	Aducción	40
3.5.1.2.	Planta de Tratamiento de Agua Potable Tabladita	40
3.5.1.2.1.	Descripción del Proceso de Tratamiento de Agua Potable	41
3.5.1.2.2.	Flujograma del Proceso de tratamiento de agua potable.....	43
3.5.2.	Bombeo del río Guadalquivir	45
3.5.3.	Galería Filtrante del Rio de Erquis	45
3.5.4.	Sistemas independientes de Bombeo	46
3.5.4.1.	Pozos Profundos	47

3.6. Descripción de accesorios y componentes utilizados en los sistemas de bombeo de agua potable	51
3.6.1. Panel o Tablero Eléctrico	51
3.6.1.1. Principales componentes del panel o tablero eléctrico	51
3.6.1.2. Elementos del panel o tablero eléctrico	55
3.6.2. Elementos Hidráulicos para sistemas de bombeo de agua potable	56
3.6.3. Equipos de bombeo.....	59
3.7. Descripción detallada del proceso de mantenimiento	61
3.7.1. Descripción del proceso de mantenimiento de tableros eléctricos	61
3.7.2. Descripción del proceso de mantenimiento de equipos de bombeo	63
3.7.3. Descripción del proceso de mantenimiento de instalaciones de los sistemas de bombeo de agua potable	65
3.8. Identificación de Causas potenciales a problemas de mantenimiento	66
3.9. Identificación de actividades Críticas en el proceso de mantenimiento mediante el Diagrama de Pareto	68
3.9.1. Identificación de Actividades críticas en equipos de bombeo	68
3.9.1.1. Identificación de actividades críticas en bombas centrifugas	69
3.9.1.2. Identificación de actividades críticas en bombas sumergibles.....	71
3.10. Identificación de actividades Críticas en el proceso de mantenimiento mediante la Matriz de Criticidad.....	72
3.10.1. Identificación de Actividades críticas mediante Matriz de Criticidad en equipos de bombeo	72
3.10.2. Identificación de actividades críticas mediante matriz de Criticidad en bombas centrifugas	74
3.10.3. Identificación de actividades críticas mediante matriz de Criticidad en bombas Sumergibles	76
3.11. Diagnóstico de evaluación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento en base a NTC ISO 9001.....	77
3.12. Diagnóstico de evaluación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento en base a NB 12017	84

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

4.1.	Introducción	90
4.2.	Comisión de Mantenimiento	90
4.3.	Sistema de Gestión de Mantenimiento	91
4.4.	Sección 4 Contexto de la Organización	92
4.4.1.	Temas internos y externos relevantes al SGM	92
4.4.2.	Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas 92	
4.4.3.	Determinación del alcance del Sistema de Gestión de Mantenimiento	96
4.5.	Sección 5 Liderazgo	96
4.5.1.	Liderazgo y compromiso	96
4.5.2.	Política de Mantenimiento	97
4.5.3.	Roles, Responsabilidades y Autoridades dentro de la organización ...	98
4.6.	Planificación.....	99
4.6.1.	Acciones para abordar riesgos y oportunidades	99
4.6.2.	Objetivos de Mantenimiento y planificación para lograrlos	99
4.6.3.	Planificación a los cambios	104
4.7.	Sección 7 Recursos	104
4.7.1.	Provisión de Recursos.....	104
4.7.1.1.	Generalidades	104
4.7.1.2.	Personas	105
4.7.1.3.	Infraestructura	106
4.7.1.4.	Recursos Seguimiento y Medición	107
4.7.2.	Competencia.....	108
4.7.3.	Toma de Conciencia	108
4.7.4.	Comunicación.....	109
4.7.4.1.	Metodología para la documentación.....	110
4.7.5.	Información Documentada.....	112
4.8.	Sección 8 Operación	115
4.8.1.	Planificación Operacional	115

4.8.1.1.	Análisis estadístico mediante el programa SPSS	118
4.8.1.2.	Análisis AMFE.....	126
4.8.2.	Control de No conformes	133
4.9.	Sección 9 Evaluación de desempeño	134
4.9.1.	Generalidades	134
4.9.2.	Competencia, formación y toma de conciencia.....	134
4.10.	Auditoria Interna	135
4.11.	Sección 10 Mejora	136
4.11.1.	Generalidades	136
4.11.2.	Mejora Continua	137

CAPÍTULO V

PRESUPUESTO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

5.1.	Introducción	138
5.2.	Inversión.....	138
5.2.1.	Inversión en Capacitaciones.....	138
5.2.2.	Inversión de Salarios.....	141
5.2.3.	Inversión en Documentación y Equipo.....	142
5.2.4.	Inversión Total	144

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.	Conclusiones	145
6.2.	Recomendaciones	147

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Índice de Cuadros

	Páginas
Cuadro I-1 Simbología de Diagrama de flujo	16
Cuadro I-2 Criterio de detectabilidad (D) para la evaluación de los efectos de falla .	22
Cuadro I-3 Criterio de severidad (S) para la evaluación de los efectos de falla	23
Cuadro I-4 Criterio de ocurrencia (O) para la evaluación de los efectos de falla	24
Cuadro I-5 Criterio de semaforización de acuerdo al valor NRP	24
Cuadro III-1 Características del Sistema de Bombeo Río Guadalquivir	45
Cuadro III-2 Sectores de pozos profundos.....	48
Cuadro III-3 Principales componentes del panel o tablero eléctrico	51
Cuadro III-4 Elementos del panel de control o tablero eléctrico.....	55
Cuadro III-5 Elementos hidráulicos para sistemas de bombeo	56
Cuadro III-6 Equipos de bombeo	60
Cuadro III-7 Identificación actividades críticas equipos de bombeo	68
Cuadro III-8 Identificación de actividades críticas en bombas centrifugas	70
Cuadro III-9 Identificación de actividades críticas en bombas sumergibles.....	71
Cuadro III-10 Identificación actividades críticas para matriz de criticidad Equipos de bombeo	73
Cuadro III-11 Identificación de actividades críticas para matriz de criticidad en bombas centrifugas	74
Cuadro III-12 Identificación de actividades críticas para matriz de Criticidad en Bombas Sumergibles	76
Cuadro III-13 Requisitos de la información documentada según NTC ISO 9001:2015	77
Cuadro III-14 Requisitos de la información documentada para el proceso de mantenimiento según NTC ISO 9001:2015	79
Cuadro III-15 Lista de chequeo procesos de mantenimiento	82
Cuadro III-16 Requisitos Información documentada según NB 12017.....	84
Cuadro III-17 Requisitos de la información documentada para el sistema de gestión de mantenimiento según NB 12017.....	86
Cuadro III-18 Lista de chequeo de sistema de gestión de mantenimiento.....	88
Cuadro IV-1 Temas internos y externos relevantes para el SGM	92

Cuadro IV-2 Partes Interesadas Internas y Externas a la Organización	94
Cuadro IV-3 Impacto de las partes Interesadas al SGM.....	95
Cuadro IV-4 Influencia de las partes Interesadas al SGM.....	95
Cuadro IV-5 Objetivos de Mantenimiento.....	100
Cuadro IV-6 Matriz de Comunicación	109
Cuadro IV-7 Comunicación	110
Cuadro IV-8 Datos históricos mantenimiento bombas centrifugas 100 HP	119
Cuadro IV-9 Resumen Modelo SPSS Bomba Centrifuga 100 HP.....	119
Cuadro IV-10 ANOVA SPSS Bomba Centrifuga 100 HP	120
Cuadro IV-11 Coeficientes SPSS Bomba Centrifuga 100 HP.....	120
Cuadro IV-12 Datos históricos mantenimientos bombas centrifugas 150 HP.....	121
Cuadro IV-13 Resumen Modelo SPSS Bomba Centrifuga 150 HP	121
Cuadro IV-14 ANOVA SPSS Bomba Centrifuga 150 HP	122
Cuadro IV-15 Coeficientes SPSS Bomba Centrifuga 150 HP.....	122
Cuadro IV-16 Datos históricos mantenimientos a pozos.....	123
Cuadro IV-17 Resumen Modelo SPSS Bombas Sumergibles	124
Cuadro IV-18 ANOVA SPSS Bombas Sumergibles.....	124
Cuadro IV-19 Coeficientes SPSS Bombas Sumergibles	125
Cuadro IV-20 Análisis AMFE Sistema de Bombeo con Pozo.....	127
Cuadro IV-21 Análisis AMFE Sistema de Bombeo con Bomba Centrifuga.....	130
Cuadro IV-22 Hallazgos y no Conformidades	134
Cuadro IV-23 Hallazgos y no Conformidades	135
Cuadro V-1 Inversión en Capacitación en el Sistema de Gestión de Mantenimiento NB 12017	139
Cuadro V-2 Inversión en Salarios para el Sistema de Gestión de Mantenimiento...	141
Cuadro V-3 Inversión en Equipos	142
Cuadro V-4 Inversión en Documentación.....	143
Cuadro V-5 Inversión Total	144

Índice de Figuras

	Páginas
Figura 1. Árbol de Problemas.....	5
Figura 1-1 Aplicación del ciclo de Deming en un sistema de Gestión.....	15
Figura 1-2 Diagrama Ishikawa	19
Figura 1-3 Análisis FMECA	21
Figura 1-4 Aplicación del Análisis FMECA.....	21
Figura 1-5 Manual de Procedimiento	26
Figura 3-1 Logo COSAALT R.L.....	36
Figura 3-2 Organigrama COSAAL R.L.....	37
Figura 3-3 Organigrama DEPTO. Producción y Tratamiento	39
Figura 3-4 Río Vitoria.....	40
Figura 3-5 Floculación	41
Figura 3-6 Sedimentación	42
Figura 3-7 Filtración	42
Figura 3-8 Tanque de Almacenamiento de Agua Potable	43
Figura 3-9 Flujograma del proceso de tratamiento de agua potable.....	44
Figura 3-10 Galería Filtrante del Rio de Erquis	46
Figura 3-11 Esquema de instalaciones y conexiones de Pozos.....	49
Figura 3-12 Fuentes de Abastecimiento de Agua Potable	50
Figura 3-13 Descripción del Proceso de mantenimiento de tableros eléctricos.....	62
Figura 3-14 Descripción del Proceso de mantenimiento a equipos de bombeo.....	64
Figura 3-15 Descripción del Proceso de mantenimiento de instalaciones.....	66
Figura 3-16 Diagrama Ishikawa	67
Figura 3-17 Diagrama de Pareto de Actividades Críticas en Equipos de Bombeo	69
Figura 3-18 Diagrama de Pareto de Actividades Críticas de Bombas Centrifugas....	70
Figura 3-19 Diagrama de Pareto de Actividades Críticas en Bombas Sumergibles ..	72
Figura 3-20 Estado de la Información documentada de acuerdo a la NTC ISO 9001	84
Figura 3-21 Estado de la Información documentada del SGM en	89
Figura 4- 1 Partes Interesadas.....	93
Figura 4-2 Encabezado de la Información	114

Figura 4-3 Carátula de la Información	114
Figura 4- 4 Codificación de la Información	115
Figura 4-5 Sello de la Información	115
Figura 4-6 Problemas sugeridos Bombas Sumergibles	116
Figura 4-7 Problemas sugeridos Motores Sumergibles	117
Figura 4-8 Problemas sugeridos Motor y Bomba Centrifuga	117
Figura 4-9 Diagrama de flujo Procedimiento Auditoría Interna	136

Índice de Anexos

ANEXO 1 Fuentes Abastecimiento Agua Potable

ANEXO 2 Manual de Mantenimiento

ANEXO 3 Metodología para evaluar riesgos y oportunidades

ANEXO 4 Manual de Funciones y Eva. Desempeño

ANEXO 5 Manual Operación Base de Datos

ANEXO 6 Caracterización de Procesos

ANEXO 7 Mantenimiento Prev. Para Instalaciones y Seguridad Ind.

ANEXO 8.1 Manual de Procedimientos

ANEXO 8.2 Instructivos

ANEXO 9 Control Documentos SGM

ANEXO 10 Registros de Equipos de Bombeo

ANEXO 11 Datos relativos a Mantenimiento para Equipos de Bombeo

ANEXO 12 Tratamiento de No conformidades, acciones preventivas y correctivas

ANEXO 13.1 Talleres de Capacitación

ANEXO 13.2 Formato metodología para comunicación

ANEXO 14 Auditorías Internas