

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA BODEGA “CEPAS DEL VALLE”**

Por:

RONALDO IBARRA HUANCA

**Modalidad de graduación 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.**

Diciembre - 2022

TARIJA-BOLIVIA

Ing. Marcelo Segovia
DECANO

Ing. Gustavo Succi
VIDECANO

Ing. Ernesto Cahuara
DIRECTOR DE DEPARTAMENTO

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

ING. JAIME LUJÁN PÉREZ

ING. DEAN CASTILLO LIMACHI

ING. ILSÉN COPA ALMAZÁN

ADVERTENCIA

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

Dedico mi tesis primeramente a Dios y a la Virgen, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta. A mi familia. Principalmente, a mi padre Gerónimo y a mi madre Buena Ventura, que me apoyaron, brindándome todo su amor y por motivarme a seguir hacia adelante. Gracias por enseñarme a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con una enorme dosis de amor y sin pedir nada a cambio.

También quiero dedicarle este trabajo a mi Hermanito Cristian, por todo su apoyo incondicional, espero les sirva de ejemplo de que todo se puede lograr.

También quiero dedicarle este trabajo a mi novia Jacqueline, por su apoyo incondicional, por brindarme las fuerzas para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Ing. Jaime, Ing. Dean, Ing. Ilsen, por aceptar ser los tribunales de mi proyecto de grado.

Quiero agradecer a la Ing. Mariana Cordero por su paciencia, por sus consejos fueron siempre útiles. Usted formó parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que lo caracterizan. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesite; por estar allí cuando mis horas de trabajo se hacían confusas. Gracias por sus orientaciones.

Quiero agradecer a la Ing. Mirian Barrero por su tiempo, por sus conocimientos, por orientarme a definir un sistema de tratamiento de aguas residuales adecuado.

Quiero agradecer a la Ing. Mildreth Altamirano, gerente general de la Bodega Cepas del Valle, por su predisposición de colaborarme con los análisis de las aguas residuales y por brindarme la información para la realización de mi proyecto de grado.

Quiero agradecer al Ing. Jorge Ampuero, encargo de producción de la Bodega Cepas del Valle por su apoyo y por brindarme su conocimiento y criterios para la realización de mi proyecto de grado.

PENSAMIENTO

Nunca consideres el estudio como una obligación,
sino como una oportunidad para penetrar en el bello
y maravilloso mundo del saber.

RESUMEN

El presente proyecto de grado tiene como objetivo general proponer un sistema de tratamiento para la Bodegas “Cepas del Valle”, debido a que los resultados obtenidos de dos análisis, uno en vendimia y otro fuera de vendimia, muestra que sus parámetros se encuentran fuera de rango, por lo cual la bodega debe adecuar sus aguas residuales y cumplir con la normativa N° 1333, RASIM y por ende el convenio que tiene con COSAALT R.L., mismo que vence a mediados del año 2023.

Para la elección de un sistema de tratamiento de aguas residuales óptimo, se determinó el caudal actual, en vendimia y uno proyectado hacia 10 años, para el dimensionamiento de los componentes del sistema.

El sistema propuesto comienza el paso de las aguas residuales por un canal con dos rejillas, una para sólidos gruesos y otra para finos, una vez pasado por las rejillas estas aguas van a un pozo eyector, el cual almacena el agua residual para facilitar el bombo al tanque pulmón, donde se realizará una sedimentación y también se realizará una neutralización con hidróxido de calcio. Una vez realizada este proceso las aguas serán bombeadas al tanque Imhoff, donde se realizará un proceso anaeróbico, donde las aguas pasaran por la zona de sedimentación hasta llegar a la zona de digestión.

El sistema propuesto cuenta con un manual de funcionamiento y un manual de procedimientos, que ayudaran en la operación del mismo.

Se presenta un análisis económico de la propuesta, donde se tiene la inversión, la puesta en marcha y los costos de operación para la implementación del sistema de tratamiento propuesto.

ÍNDICE

	Página
Advertencia	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Pensamiento	iv
Resumen	v

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.1.1. Antecedentes sobre el tema.....	1
1.1.2. Antecedentes de la empresa.....	3
1.1.3. Identificación del problema	4
1.1.3.1. Descripción de la situación	4
1.1.3.2. Árbol de problemas	5
1.1.3.3. Formulación de la pregunta de problema.....	6
1.1.3.4. Árbol de soluciones.....	6
1.2. OBJETIVOS.....	6
1.2.1. Objetivo general.....	6
1.2.2. Objetivos específicos	7
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	7
1.3.1. Técnica.....	7
1.3.2. Económica	7
1.3.3. Legal	8
1.3.4. Personal.....	8
1.4. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	9
1.4.1. Empresa	9
1.4.2. Ubicación.....	10

1.4.3. Organización.....	10
1.4.4. Productos	12
1.4.5. Maquinaria y equipo	13
1.4.6. Materia prima e insumos.....	16
1.4.7. Proceso productivo del vino	17
1.4.7.1. Descripción del proceso del vino	17
1.4.7.2. Diagrama de flujo del vino.....	20
1.4.8. Proceso productivo del singani.....	21
1.4.8.2. Diagrama de flujo del singani	23
1.4.7.4. Lay Out.....	24
1.4.8. Residuos y/o desechos	26

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL	28
2.1. MARCO TEÓRICO	28
2.1.1. Determinación de caudales	28
2.1.1.1. Método volumétrico.....	28
2.1.2. Caudales para dimensionamiento de componentes para el tratamiento	28
2.1.2.1. Caudal máximo diario.....	28
2.1.2.2. Caudal máximo horario.....	29
2.1.3. Rejillas	30
2.1.3.1. Rejas de limpieza manual.....	32
2.1.3.2. Rejas de limpieza mecánica	32
2.1.4. Diseño de rejillas	34
2.1.5. Tanque Pulmón	37
2.1.6. Tanque Imhoff	38
2.2. MARCO CONCEPTUAL	40
2.2.1 Tratamiento de aguas residuales.....	40
2.2.2. Etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales.....	40
2.2.3. Tipos de tratamientos de aguas residuales.....	41
2.2.4. Tecnologías para tratamiento de aguas residuales.....	42
2.2.5. Residuos.....	42

2.2.6. Impacto ambiental.....	42
2.2.7. Parámetros de aguas residuales.....	43
2.3. MARCO NORMATIVO	44
2.3.1. Ley 1333 de medio ambiente.....	44
2.3.2. Reglamento ambiental para el sector industrial manufacturero (RASIM) - contaminación hídrica	45

CAPÍTULO III

3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	47
3.1. Actualidad en la Bodega “Cepas del Valle”	47
3.2. Análisis de las aguas residuales industriales de la Bodega “Cepas del Valle”	48
3.2.1. Primer informe de ensayo de análisis de aguas residuales industrial de la Bodega “Cepas del Valle”	48
3.2.2. Segundo informe de ensayo de análisis de aguas residuales industrial de la Bodega “Cepas del Valle”	49
3.3. Análisis de los resultados de los informes de las aguas residuales	50
3.4. Medición del caudal.....	53
3.4.1. Variaciones de caudal	53
3.4.2. Variación de volumen de agua residuales.....	55
3.4.3. Cálculo de caudal en época de vendimia.....	55

CAPÍTULO IV

4. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE ACCIONES	57
4.1. Elección de la tecnología para el sistema de tratamiento de aguas residuales .	57
4.2. Elección del sistema anaeróbico para el sistema de tratamiento de aguas residuales	58
4.3. Etapas del sistema propuesto para tratamiento de aguas residuales	59
4.3.1. Rejillas	60
4.3.2. Pozo Eyector	60
4.3.3. Tanque pulmón	60
4.3.4. Tanque Imhoff	60
4.4. Diagrama de flujo del sistema propuesto	61
4.4. Diagrama de masas del sistema propuesto	62

CAPÍTULO V

5. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	64
5.1. Proyección del caudal.....	64
5.2. Cálculo del caudal máximo diario.....	65
5.3. Cálculo del caudal máximo horario	66
5.4. Dimensionamiento de las rejillas.....	66
5.5. Dimensionamiento del Pozo Eyector	70
5.6. Dimensionamiento del Tanque Pulmón	70
5.7. Dimensionamiento del Tanque Imhoff.....	74
5.8. Cálculo de bombas	77
5.8.1. Cálculo para la selección de la bomba para el pozo eyector	77
5.8.2. Cálculo para la selección de la bomba para el tanque pulmón	79
5.9. Infraestructura del sistema propuesto.....	81
5.9.1. Plano general.....	81
5.9.2. Vistas del sistema propuesto.....	81
5.10. Manuales para el sistema propuesto.....	83
5.10.1. Manual de procedimientos.....	84
5.10.2. Manual de funcionamiento	93

CAPÍTULO VI

6. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	99
6.1. Matriz de Identificación y evaluación	99
6.1.1. Análisis de resultados	110
6.2. Plan de gestión ambiental (PGA)	111
6.2.1 Programa de prevención	112
6.2.2. Programa de monitoreo y seguimiento	113
6.3. Cronograma de implementación.....	116

CAPÍTULO VII

7. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA.....	117
7.1. Inversiones.....	117
7.1.1. Obras civiles	117

7.1.2. Equipos, instrumentos y herramientas	118
7.2. Costos de puesta en marcha	119
7.3. Costo de Operación.....	119
7.4. Costos totales.....	120

CAPÍTULO VIII

8. CONSIDERACIONES FINALES	121
8.1. Conclusiones.....	121
8.2. Recomendaciones.....	123
8.3. Bibliografía.....	124

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro I-1 Maquinaria y equipo	13
Cuadro III-1 Resultados del primer informe	49
Cuadro III-2 Resultados del segundo informe	50
Cuadro III-3 Variaciones horario de caudal.....	53
Cuadro III-4 Variaciones del volumen.....	55
Cuadro IV-1 Comparación de tecnologías.....	57
Cuadro IV-2 Comparación de sistemas anaeróbicos para tratamiento de aguas residuales en Bodegas	58
Cuadro IV-3 Resultados de la remoción	63
Cuadro V-1 Proyección del caudal	65
Cuadro VI-1 Cronograma de implementación.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla I-1 Línea de Productos	12
Tabla N° II-1 Coeficiente de consumo máximo diario	29
Tabla II-2 Coeficiente de consumo máximo horario	29
Tabla II-3 Separación y espesor de los barrotes de rejillas	31
Tabla II-4 Características de rejillas de barras	31
Tabla II-5 Criterios de diseño de las rejillas de desbaste	34
Tabla V-1 Dimensiones del pozo eyector	70
Tabla V-2 Resultado del balance de flujo volumétrico.....	72
Tabla V-3 Dimensionamiento del Tanque Pulmón.....	73
Tabla VI-2 Escala de valoración	100
Tabla VI-3 Matriz de Identificación de Impactos Ambientales Presentes en la Actualidad	101
Tabla VI-4 Matriz de Identificación de Impactos Ambientales – Fase de Preparación del Sitio.....	102
Tabla VI- 5 Matriz de Identificación de Impactos Ambientales - Fase de Construcción	103
Tabla VI-6 Matriz de Identificación de Impactos Ambientales – Fase de Operación y Mantenimiento	104
Tabla VI-7 Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales Presentes en la Actualidad	105
Tabla VI- 8 Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales – Etapa de Preparación del Sitio de Implementación	106
Tabla VI-9 Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales – Etapa de Construcción	107

Tabla VI-10 Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales – Etapa de Operación	109
Tabla VI-11 Medidas de prevención.....	112
Tabla VI-12 Actividades de monitoreo.....	113
Tabla VII-1 Obras Civiles.....	117
Tabla VII-2 Equipos, instrumentos y herramientas	118
Tabla VII-3 Costos de puesta en marcha	119
Tabla VII-4 Costos de operación	119
Tabla VII-5 Resumen de costos	120

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Fig. 1-1 Árbol de Problemas	5
Fig. 1-2 Árbol de Soluciones	6
Fig. 1-3 Logo de la empresa.....	9
Fig. 1-4 Ubicación geográfica de la bodega.....	10
Fig. 1-5 Organigrama.....	11
Fig. 1-6 Uva blanca y tinta.....	16
Fig. 1-7 Diagrama de Flujo del Vino	20
Fig. 1-8 Diagrama de Flujo del Singani	23
Fig. 1-9 Lay Out de Cepas del Valle.....	24
Fig. 1-10 Residuos	26

Fig. 2-1 Rejilla media con lámina perforada para escurrimiento del material extraído.	32
Fig. 2-2 Rejilla de limpieza mecánica con peine giratorio.....	33
Fig. 3-1 Canales de las aguas residuales	47
Fig. 3-2 Cámara de llegada de las aguas residuales	48
Fig. 3-3 Variación del DBO ₅ y DQO durante el año	51
Fig. 3-4 Variación del pH y sólidos sedimentables durante el año.....	51
Fig 3-5 Variación de solidos en suspensión durante el año	52
Fig. 4-1 Diagrama de flujo del sistema propuesto	61
Fig. 4-2 Diagrama de masas del sistema propuesto	62
Fig. 5-1 Tanque Imhoff.....	77
Fig. 5-2 Plano general	81
Fig. 5-3 Plano vista arriba.....	82
Fig. 5-4 Plano vista frontal.....	82
Fig. 6-1 Componentes del plan de gestión ambiental	111

ANEXOS

A-1 Primer análisis de aguas residuales.....	126
A-2 Segundo análisis de aguas residuales.....	127
A-3 Convenio de la bodega con COSAALT R.L.	128
A- 6 Medición del caudal.....	133
A-7 Aforo día 1	133
A-8 Aforo día 2	137

A-9 Aforo día 3	140
A-10 Aforo día 4	144
A-11 Aforo día 5	147
A-12 Factura de agua	151
A-13 Tabla de pérdida de carga por fricción	152
A-14 Tabla de pérdida de carga en accesorios.....	153
A-17 Cálculo de las eficiencias de remoción.....	156