

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

**“PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS
COMUNIDADES DE RIO SAN JUAN DEL ORO”, TARIJA.**

Por:

JANETH MARIELA HUAYTA SOSA

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

Octubre de 2017
TARIJA-BOLIVIA

V°B°

M.Sc. Ing. Ernesto Roberto Álvarez G.

DECANO

M.Sc. Ing. Elizabeth Castro F.

VICEDECANA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. María Estela Sullca

Msc. Ing. Maybeth B. Orozco

Ing. Esperanza Flor Coronel S.

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

DEDICATORIA:

Este trabajo lo dedico con mucho amor a mi familia, especialmente a mis padres por el esfuerzo, sacrificio, amor, pero sobre todo por su apoyo incondicional; han sido mi inspiración y mi fortaleza para seguir adelante.

También se lo dedico a todos quienes forman parte de mi familia de amigos.

AGRADECIMIENTOS:

Primero agradezco este logro a DIOS por ser la luz que guía mi camino.

A mis padres por darme la vida, su amor y sobre todo su confianza.

A todos los ingenieros de la carrera de Ingeniería, que supieron transmitirme sus conocimientos y consejos.

También agradezco a todos mis amigos y personas que han estado junto a mí apoyándome y ayudándome para culminar una etapa.

PENSAMIENTO:

“Un sutil pensamiento erróneo puede dar lugar a una indagación fructífera que revela verdades de gran valor”.

Isaac Asimov.

ÍNDICE GENERAL

	Páginas
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	
1.1. Antecedentes	1
1.1.1. Precipitación media	2
1.1.2. Análisis de las condiciones hidrometeorológicas de la zona	2
1.1.3. Temperatura media.....	3
1.2. Fuente de abastecimiento de agua para la planta de tratamiento	3
1.2.1. Características del Río San Juan del Oro	4
1.3. Objetivos	7
1.3.1. Objetivo General	7
1.3.2. Objetivos Específicos	7
1.4. Justificación.....	8
1.4.1. Justificación social	8
1.4.2. Justificación económica	8
1.4.3. Justificación tecnológica	8
1.4.4. Justificación ambiental	8
1.4.5. Justificación personal	9
CAPÍTULO II: ESTUDIO DE MERCADO	
2.1. Definición del producto.....	10
2.1.1. Situación actual de la comunidad.....	10
2.2. Generalidades	10
2.3. Estructura del mercado regional.....	11

Páginas

2.4. Análisis de precios: agua potable	12
2.5. Descripción y especificaciones de materias primas y productos	13
2.6. Materia prima.	14
2.6.1. Consumo histórico de agua a nivel nacional	15
2.7. Proyecciones.....	17
2.7.1. Proyección de la población	17

CAPÍTULO III: TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN

3.1. Tamaño.....	19
3.1.1. Disponibilidad de materia prima e insumos	19
3.1.2. Disponibilidad de tecnología.....	19
3.2. Financiamiento	20
3.3. Localización	20

CAPÍTULO IV: INGENIERÍA DEL PROYECTO

4.1. Características técnicas de las materias primas y productos	23
4.1.1 Materias Primas.....	23
4.1.1.1. Tipos de agua	23
4.1.1.1.1. Identificación del tipo de agua del Río San Juan del Oro	25
4.1.1.2. Contaminantes del agua.....	25
4.1.1.3. Parámetros de calidad del agua potable en Bolivia.....	27
4.1.2. Características físicas del agua.....	27
4.1.2.1. Color.....	27
4.1.2.2. Olor y Sabor	28

Páginas

4.1.2.3. Temperatura	28
4.1.2.4. pH.....	28
4.1.2.5. Turbidez	29
4.2. Descripción de los procesos existentes para el tratamiento y potabilización de agua.....	29
4.2.1. Selección del proceso que se va a diseñar para el tratamiento de agua	36
4.2.1.1. Pretratamiento	36
4.2.1.1.1. Rejas y/o tamices que retienen sólidos.....	37
4.2.1.1.2. Sistemas de aireación	37
4.2.1.1.2.1. Aireadores de bandejas.....	37
4.2.1.1.2.2. Aireadores de cascada	37
4.2.1.2. Mezcla rápida	38
4.2.1.2.1. Ablandamiento del agua.....	38
4.2.1.2.1.1. Tipos de ablandamiento	39
4.2.1.2.1.1.1. Ablandamiento por tratamiento químico.....	39
4.2.1.3. Coagulación-Floculación	40
4.2.1.3.1. Tipos de floculadores hidráulicos	42
4.2.1.4. Sedimentación	42
4.2.1.4.1. Tipos de sedimentadores	43
4.2.1.5. Filtración	44
4.2.1.5.1. Tipos de filtros	44
4.2.1.6. Desinfección.....	45
4.2.1.6.1. Características de los desinfectantes	46

Páginas

4.2.2. Diagrama de flujo del proceso seleccionado.....	48
4.3. Diseño de la planta de tratamiento de agua potable	48
4.3.1. Dotación y caudal de diseño.....	48
4.3.2. Sistema de pretratamiento	50
4.3.2.1. Diseño de la columna de aireación de cascada	50
4.3.2.1.1. Dimensionamiento del aireador	51
4.3.2.1.2. Esquema del aireador de cascada.....	52
4.3.3. Dimensionamiento del sistema de mezcla rápida	52
4.3.3.1. Esquema del sistema de mezcla rápida	60
4.3.3.2. Sistema de ablandamiento de agua.....	60
4.3.4. Dimensionamiento del sistema de floculación – coagulación	61
4.3.4.1. Esquema del tipo de floculador diseñado.....	68
4.3.5. Dimensionamiento del sistema de sedimentación	68
4.3.5.1. Esquema del sedimentador diseñado.....	73
4.3.6. Dimensionamiento del sistema de filtración	74
4.3.6.1. Esquema del sistema de filtración.....	79
4.3.7. Desinfección del agua	79
4.3.7.1. Desinfectante a emplear	79
4.3.7.2. Demanda de cloro.....	80
4.3.7.3. Esquema del sistema de desinfección	81
CAPÍTULO V: ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO	
5.1. Inversión del Proyecto.....	82

Páginas

5.2. Costos de producción	82
5.2.1. Detalle de producción de agua	82
5.2.2. Costo de producción por litro de agua	84
5.2.3. Costos de mano de obra	85
5.2.4. Cálculo de la depreciación	85
4.2.5. Capital de operaciones	88
4.3. Estimación de los costos	89
4.4. Inversión y financiamiento.....	92
4.4.1. Costo total de producción.....	92
4.5. Organización de la empresa	93
4.6. Objetivos	93
4.7. Estructura organizacional.....	93

CAPÍTULO V: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

5.1. Introducción	96
5.2. Determinación del punto de equilibrio.....	96
5.2.1. Punto de equilibrio contable.....	96
5.2.2. Punto de equilibrio económico.....	98
5.3. Índice de rentabilidad.....	98
5.3.1. Rentabilidad de la inversión.....	98
5.4. Valor actual neto (VAN).....	99
5.5. Tasa interna de retorno (TIR).....	100
5.6. Relación de Beneficio Costo.....	100

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones **102**

6.2. Recomendaciones..... **103**

FUENTES DE INFORMACIÓN, BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE CUADROS

Páginas

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Cuadro I-1.- Distribución de municipios y comunidades de la Cuenca	2
Cuadro I-2.- Las características físicas del agua del río San Juan del Oro	4
Cuadro I-3.- Resultados de análisis químico del agua del río San Juan del Oro	5
Cuadro I-4.- División Política-Administrativa de la zona San Juan del Oro	6

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE MERCADO

Cuadro II-1.- Cobertura de agua en Bolivia	11
Cuadro II-2.- Parámetros de control mínimo de la calidad de agua.....	13
Cuadro II-3.- Parámetros de control básico de la calidad de agua	14
Cuadro II-4.- Cobertura de agua potable en Bolivia	15
Cuadro II-5.- Cobertura de agua potable en Tarija	15
Cuadro II-6.- Consumo de agua por día y por departamento (l/día)	16
Cuadro II-7.- El consumo de agua en el departamento de Tarija (l/día)	17
Cuadro II-8.- Proyección de los habitantes de las comunidades beneficiarias	18

CAPÍTULO IV: INGENIERÍA DEL PROYECTO

Cuadro IV-1.- Características del sulfato de aluminio	41
Cuadro IV-2.- Características del sulfato férrico	42
Cuadro IV-3.- Parámetro de diseño-aireadores de cascada.....	51
Cuadro IV-4.- Valores de la relación peso específico y viscosidad absoluta	58
Cuadro IV-5.- Resumen de los resultados del vertedero triangular	59
Cuadro IV-6.- Parámetros óptimos de floculación para cada compartimiento	62

Páginas

Cuadro IV-7.- Resumen de resultados de un floculador de flujo horizontal.....	67
Cuadro IV-8.- Datos recalculados para el diseño del sedimentador	72
Cuadro IV-9.- Resultados del diseño de un sedimentador de alta tasa	73
Cuadro IV-10.- Coeficientes de permeabilidad de los tipos de lechos	76
Cuadro IV-11.- Resumen de datos obtenidos para un filtro de arena	78

CAPÍTULO V: ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO

Cuadro V-1.- Programa de producción (expresado en Bs)	83
Cuadro V-2.- Costos de producción por litro de agua tratada (Bs).....	84
Cuadro V-3.- Sueldos y salarios (Bs).....	85
Cuadro V-4.- Detalle de depreciación en un periodo de 10 años.....	86
Cuadro V-5.- Detalle del capital de operaciones.....	88
Cuadro V-6.- Costos anuales de producción (Bs).....	90
Cuadro V-7.- Costos de explotación (Bs)	91
Cuadro V-8.- Inversión total y financiamiento (Bs)	92
Cuadro V-9.- Detalle del costo total de producción (Bs).....	92

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA

Cuadro VI-1.- Punto de equilibrio contable (Bs)	97
Cuadro VI-2.- Punto de equilibrio económico (Bs)	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Páginas

CAPÍTULO III: TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN

Figura III-1.- Hidrografía de la Provincia Méndez 21

Figura III-2.- Ubicación del Municipio de El Puenteo 22

CAPÍTULO IV: INGENIERÍA DEL PROYECTO

Figura IV-1.- Diagrama de flujo del proceso 48

Figura IV-2.- Aireador de cascada 52

Figura IV-3.- Vertedero triangular 60

Figura IV-4.- Floculador de flujo horizontal..... 68

Figura IV-5.- Sedimentador de alta tasa..... 73

Figura IV-6.- Aplicación de la Ley de Darcy en un filtro limpio 75

Figura IV-7.- Filtro de arena 79

Figura IV-8.- Sistema de desinfección 81

CAPÍTULO V: ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO

Figura V-1.- Organización propuesta..... 94

ANEXOS

ANEXO A

1. Informe de análisis de laboratorio
2. Informe de ensayo de laboratorio
3. Informe sectorial del Río San Juan del Oro en El Puente, Tarija.....

ANEXO B

1. Requisitos físicos y organolépticos
2. Características químicas del agua para consumo humano
3. Requisitos para plaguicida
4. Requisidad de radiactividad
5. Requisitos microbiológicos
6. Parámetros de control.....

ANEXO C

1. Datos complementarios de la Evaluación financiera del proyecto

ANEXO D

1. Estudio socioeconómico de las comunidades beneficiarias con el proyecto
- a) Servicios básicos
- b) Tipo de vivienda, material.....