

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE  
AGUA DE MESA EN LA CIUDAD DE VILLA MONTES”**

**Por:**

**ANA CECILIA VALLE AGUIRRE**

**Modalidad de graduación: Proyecto de Grado: Estudio de pre-factibilidad,  
presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN  
MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de  
Licenciatura en Ingeniería Química**

**ABRIL 2021**

**TARIJA – BOLIVIA**

V°B°

---

M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez G.  
DECANO (a)

---

M. Sc. Ing. Elizabeth Castro F.  
VIDECANO (a)

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

---

Ing. René Emilio Michel Cortés

---

Ing. Gustavo Moreno López

---

Ing. Álvaro Velásquez Castro

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**

A mi Padre Pedro Valle G. a mi madre Natividad Aguirre C. a mi cable a tierra mi hijo Emilio y a toda mi familia y amistades darles las gracias por todo el apoyo y paciencia que me brindaron para llevar a cabo la elaboración de este trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, que me dio fuerza y fe para crear lo que me parecía imposible terminar.

A mi tribunal Ing. Gustavo Moreno, Ing. René Michel y el Ing. Álvaro Velásquez que gracias a sus observaciones se elaboró este Proyecto de Pre-factibilidad.

## **PENSAMIENTO**

Siempre parece imposible hasta que  
se convierte en realidad.

(Nelson Mandela)

## ÍNDICE

<u>DEDICATORIA</u> .....	i
<u>AGRADECIMIENTO</u> .....	ii
<u>PENSAMIENTO</u> .....	iii

### PERFIL DEL PROYECTO

<u>I. ANTECEDENTES DEL PROYECTO</u> .....	1
<u>II. OBJETIVO DEL PROYECTO</u> .....	2
<u>III. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</u> .....	3

### CAPÍTULO I

#### ESTUDIO DE MERCADO

<u>1.1. GENERALIDADES</u> .....	5
<u>1.2. ESTRUCTURA DEL MERCADO DE AGUA DE MESA</u> .....	5
<u>1.2.1. Nivel Internacional</u> .....	5
<u>1.2.2. Nivel Nacional</u> .....	6
<u>1.2.3. Nivel local</u> .....	8
<u>1.3. DESCRIPCIÓN Y ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO Y MATERIA PRIMA</u> .....	8
<u>1.3.1. Materia prima</u> .....	8
<u>1.3.2. Agua de mesa</u> .....	8
<u>1.3.2.1. Caracterización del Agua de mesa</u> .....	9
<u>1.4. PROVEEDOR DE LA MATERIA PRIMA</u> .....	10
<u>1.5. POBLACIÓN DE LA CIUDAD DE VILLA MONTES</u> .....	12
<u>1.5.1. Determinación de tamaño de la muestra de personas para hacer encuestas</u> .....	12
<u>1.6. DEMANDA DEL AGUA DE MESA EN VILLA MONTES</u> .....	13
<u>1.7. OFERTA DEL AGUA DE MESA EN VILLA MONTES HISTORICA</u> .....	14
<u>1.8. ANÁLISIS DE PRECIOS: MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS</u> .....	15
<u>1.8.1. Materia prima</u> .....	15
<u>1.8.2. Materiales e insumos</u> .....	15
<u>1.8.2.1. Materiales</u> .....	15

<a href="#">1.8.2.2. Productos</a>	17
<a href="#">1.8.2.3. Ficha técnica del Agua de Mesa</a>	17
<a href="#">1.9. PROYECCION DE LA DEMANDA DEL AGUA DE MESA</a>	18

## **CAPÍTULO II**

### **TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN**

<a href="#">2.1. TAMAÑO DEL PROYECTO</a>	21
<a href="#">2.1.1. Tamaño y materia prima</a>	21
<a href="#">2.1.2. Tamaño y mercado consumidor</a>	22
<a href="#">2.2. JUSTIFICACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN</a>	22
<a href="#">2.2.1. Macrolocalización</a>	22
<a href="#">2.2.2. Microlocalización</a>	23
<a href="#">2.2.3. Factores determinantes</a>	23
<a href="#">2.3. ELECCIÓN DE LA LOCALIZACIÓN</a>	25
<a href="#">2.3.1. Ponderación de peso relativo</a>	25
<a href="#">2.3.2. Alternativas de localización</a>	25
<a href="#">2.3.3. Calificación de alternativas</a>	26

## **CAPÍTULO III**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

<a href="#">3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA MATERIA PRIMA</a>	27
<a href="#">3.1.1. Agua Potable</a>	27
<a href="#">3.1.2. Características fisicoquímicas</a>	27
<a href="#">3.1.3. Características físicas</a>	29
<a href="#">3.1.4. Características químicas</a>	31
<a href="#">3.1.5. Características biológicas</a>	34
<a href="#">3.1.6. Características técnicas del producto</a>	34
<a href="#">3.1.6.1. Agua de mesa</a>	34
<a href="#">3.1.6.2. Parámetros óptimos del agua de mesa</a>	36
<a href="#">3.2. PROCESOS EXISTENTES DE TRATAMIENTOS DE AGUA PARA OBTENER AGUA DE MESA</a>	40



<a href="#"><u>3. 2.1. Almacenamiento</u></a> .....	40
<a href="#"><u>3. 2.2. Filtración</u></a> .....	40
<a href="#"><u>3. 2.3. Carbón activado</u></a> .....	41
<a href="#"><u>3. 2.4. Ablandador:</u></a> .....	41
<a href="#"><u>3. 2.5. Nanofiltración, Microfiltración (MF), Ultrafiltración (UF) Ósmosis Inversa (OI)</u></a> .....	41
<a href="#"><u>3.2.5.1. Microfiltración y Ultrafiltración</u></a> .....	41
<a href="#"><u>3.2.5.2. Nanofiltración</u></a> .....	42
<a href="#"><u>3.2.5.3. Clasificación por tamaños de partículas de filtraciones</u></a> .....	42
<a href="#"><u>3.2.5.4 Ósmosis Inversa</u></a> .....	43
<a href="#"><u>3. 2.6. Desinfección del agua</u></a> .....	44
<a href="#"><u>3. 2.7. Diagrama de flujo con ósmosis inversa</u></a> .....	44
<a href="#"><u>3. 2.8. Diagrama de flujo sin ósmosis inversa</u></a> .....	45
<a href="#"><u>3. 2.9. Diagrama de flujo con ósmosis inversa y ultrafiltración</u></a> .....	45
<a href="#"><u>3.3. SELECCIÓN DEL PROCESO</u></a> .....	46
<a href="#"><u>3.3.1. Detalles del proceso de producción de agua de mesa con ósmosis inversa</u></a> .....	46
<a href="#"><u>3.3.1.1. Almacenamiento</u></a> .....	46
<a href="#"><u>3.3.1.2. Bomba centrífuga</u></a> .....	46
<a href="#"><u>3.3.1.3. Filtro Multimedia</u></a> .....	47
<a href="#"><u>3.3.1.4. Carbón Activado</u></a> .....	47
<a href="#"><u>3.3.1.5. Ablandador de Agua</u></a> .....	47
<a href="#"><u>3.3.1.6. Ósmosis Inversa</u></a> .....	48
<a href="#"><u>3.3.1.7. Luz Ultravioleta</u></a> .....	48
<a href="#"><u>3.3.1.8. Ozono</u></a> .....	49
<a href="#"><u>3.3.1.9. Almacenamiento de Agua de Mesa</u></a> .....	49
<a href="#"><u>3.3.1.10. Lavado de botellones</u></a> .....	50
<a href="#"><u>3.3.1.11. Llenado, tapado y etiquetado</u></a> .....	50
<a href="#"><u>3.4. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</u></a> .....	50
<a href="#"><u>3.4. 1. Filtros: multimedia, carbón activado y sedimentos</u></a> .....	50
<a href="#"><u>3.4. 2. Ablandador</u></a> .....	51
<a href="#"><u>3.4. 3. Sistema de ósmosis inversa</u></a> .....	52
<a href="#"><u>3.4. 4. Sistema de esterilización de luz ultravioleta.</u></a> .....	52
<a href="#"><u>3.4.5. Generador de ozono</u></a> .....	53

3.5.	<u>SANEAMIENTO</u>	53
3.5.1.	<u>Saneamiento a Equipos y Tanques</u>	54
3.6.	<u>CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO</u>	55
3.7.	<u>EMBALAJE</u>	55
3.8.	<u>DIAGRAMAS DE FLUJO PARA OBTENCIÓN DE AGUA DE MESA</u>	57
3.9.	<u>PROCESO DE AGUA PURIFICADA</u>	58
3.10.	<u>BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA</u>	58
3.10.1.	<u>Tanque de almacenamiento de agua a procesar</u>	58
3.10.2.	<u>Bomba Centrífuga</u>	59
3.10.3.	<u>Filtro multimedia</u>	60
3.10.4.	<u>Filtro de Carbón Activado</u>	60
3.10.5.	<u>Ablandador de agua</u>	61
3.10.6.	<u>Ósmosis Inversa</u>	62
3.10.7.	<u>Luz Ultravioleta</u>	62
3.10.8.	<u>Tanque de almacenamiento de agua tratada</u>	63
3.10.9.	<u>Bomba Centrífuga</u>	64
3.10.10.	<u>Lavadora</u>	64
3.10.11.	<u>Llenadora</u>	65
3.11.	<u>DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE EQUIPOS</u>	67
3.11.1.	<u>Tanque de Almacenamiento</u>	67
3.11.2.	<u>Filtro de carbón activado</u>	69
3.11.2.1.	<u>Área del filtro de carbón activado</u>	69
3.11.2.2.	<u>Capacidad del filtro de carbón activado</u>	70
3.11.3.	<u>Selección del Esterilizador Luz Ultravioleta</u>	71
3.12.	<u>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO</u>	72
3.13.	<u>DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LA PLANTA</u>	75
3.14.	<u>SERVICIOS AUXILIARES</u>	79
3.14.1.	<u>Energía Eléctrica</u>	79
3.14.2.	<u>Consumo de Agua</u>	80
3.14.3.	<u>Lavado, llenado y tapado</u>	81
3.15.	<u>EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA</u>	83
3.16.	<u>CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN, CPM Y GANTT</u>	83
3.17.	<u>Organización de la microempresa envasadora de agua</u>	87
3.17.1.	<u>Descripción de funciones de los principales cargos</u>	88

## CAPÍTULO IV

### ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO

<u>4.1. INVERSIÓN DEL PROYECTO</u> .....	89
<u>4.1.1. Estructura de la inversión</u> .....	89
<u>4.1.2. Inversión fija</u> .....	89
<u>4.1.2.1. Activos fijos del proyecto</u> .....	89
<u>4.1.3. Inversión Diferida</u> .....	95
<u>4.1.4. Capital de Trabajo</u> .....	100
<u>4.1.5. Costo de Producción</u> .....	101
<u>4.1.6. Costos fijos y variables</u> .....	103
<u>4.1.7. Costo unitario y determinación de utilidad</u> .....	104
<u>4.1.8. Estimación de ingresos</u> .....	104
<u>4.1.9. Determinación de utilidades</u> .....	104
<u>4.2. FINANCIAMIENTO</u> .....	106
<u>4.2.1. Necesidad de capital – Estructura de financiamiento</u> .....	106
<u>4.2.2. Fuentes de financiamiento</u> .....	107
<u>4.2.3. Amortizaciones – Servicio de la deuda</u> .....	107

## CAPÍTULO V

### EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

<u>5.1. PUNTO DE EQUILIBRIO</u> .....	111
<u>5.2. DETERMINACIÓN DE INDICADORES ECONÓMICOS</u> .....	112
<u>5.3. FLUJO DE CAJA GENERADO POR EL PROYECTO</u> .....	112
<u>5.4. INDICADORES FINANCIEROS</u> .....	115
<u>5.5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD</u> .....	116
<u>5.5.1. Análisis de sensibilidad unidimensional-TIR</u> .....	116
<u>5.5.2. Análisis de sensibilidad bidimensional-TIR</u> .....	117
<u>5.5.3. Análisis de sensibilidad unidimensional-VAN</u> .....	118
<u>5.5.4. Análisis de sensibilidad bidimensional-VAN</u> .....	119

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

<a href="#">6.1. CONCLUSIONES</a> .....	121
<a href="#">6.2. RECOMENDACIONES</a> .....	122
<a href="#">BIBLIOGRAFÍA</a>	

### ÍNDICE DE CUADROS

<a href="#">Cuadro I-1: Empresas Embotelladoras de agua, alcance y ubicación, 2017</a> .....	6
<a href="#">Cuadro I-2: Requisitos Físico-Químico del Agua de Mesa para consumo humano</a> .....	9
<a href="#">Cuadro I-3: Parámetros de control mínimo de agua potable</a> .....	11
<a href="#">Cuadro I-4: Parámetros de control básico de agua potable</a> .....	11
<a href="#">Cuadro I-5: Población del Municipio de Villa Montes</a> .....	12
<a href="#">Cuadro I-6: Cantidad de agua envasada de distintas empresas</a> .....	14
<a href="#">Cuadro I -7: Precio de agua potable en Villa Montes por cada m<sup>3</sup></a> .....	15
<a href="#">Cuadro I -8: Precios de materiales e insumos</a> .....	16
<a href="#">Cuadro I - 9: Costos de las diferentes empresas de Villa Montes</a> .....	17
<a href="#">Cuadro I-10: Ficha técnica del Agua de Mesa</a> .....	17
<a href="#">Cuadro II-1: Valores ponderados de peso relativo</a> .....	25
<a href="#">Cuadro II-2 Calificación de factores de localización</a> .....	26
<a href="#">Cuadrado III-1: Laboratorio del agua potable de la Ciudad de Villa Montes</a> .....	27
<a href="#">Cuadrado III-2: Características Fisicoquímico de Agua de mesa</a> .....	37
<a href="#">Cuadrado III-3: Características Bacteriológico Agua de Mesa</a> .....	39
<a href="#">Cuadro III-4: Tipo de Mantenimiento a la maquinaria o equipo</a> .....	54
<a href="#">Cuadro III-5: Resumen del balance de materia de todo el proceso</a> .....	66
<a href="#">Cuadro: III-6: Características del equipo</a> .....	71
<a href="#">Cuadro III-7: Especificaciones de los equipos</a> .....	72
<a href="#">Cuadro III-8: Energía requerida para la producción</a> .....	79
<a href="#">Cuadro III-9: Costos de Energía Eléctrica</a> .....	79

<a href="#"><u>Cuadro III-10: Agua requerida para la producción</u></a> .....	80
<a href="#"><u>Cuadro III-13 Consumo total de agua</u></a> .....	82
<a href="#"><u>Cuadro III-14: Costos de Agua</u></a> .....	82
<a href="#"><u>Cuadro III-15 Evaluación Técnica</u></a> .....	83
<a href="#"><u>Cuadro III-16: Cronograma de ejecución</u></a> .....	84
<a href="#"><u>Cuadro III-17: Diagrama GANTT</u></a> .....	86
<a href="#"><u>Cuadro IV-1: Maquinaria y equipos</u></a> .....	89
<a href="#"><u>Cuadro IV-2: Obras civiles e instalaciones</u></a> .....	92
<a href="#"><u>Cuadro IV-3: Muebles y enseres</u></a> .....	94
<a href="#"><u>Cuadro IV-4: Vehículos</u></a> .....	95
<a href="#"><u>Cuadro IV-5: Beneficios sociales</u></a> .....	95
<a href="#"><u>Cuadro IV-6: Mano de obra</u></a> .....	96
<a href="#"><u>Cuadro IV-7: Insumos y materia prima</u></a> .....	97
<a href="#"><u>Cuadro IV-8: Insumos energéticos</u></a> .....	99
<a href="#"><u>Cuadro IV-9: Gastos de transporte por año día o mes</u></a> .....	100
<a href="#"><u>Cuadro IV-10: Capital de trabajo</u></a> .....	100
<a href="#"><u>Cuadro IV-11: Costos de producción de agua embotellada</u></a> .....	101
<a href="#"><u>Cuadro IV-13: Costos directo, indirecto y costo total</u></a> .....	103
<a href="#"><u>Cuadro IV-14: Determinación de utilidades</u></a> .....	105
<a href="#"><u>Cuadro IV-15: Inversión inicial en Bolivianos (Bs)</u></a> .....	106
<a href="#"><u>Cuadro IV-16: Método Francés – Cuota fija</u></a> .....	108
<a href="#"><u>Cuadro IV-17: Método Alemán – Amortizaciones iguales</u></a> .....	109
<a href="#"><u>Cuadro V-1: Punto de Equilibrio en Bolivianos (Bs)</u></a> .....	111
<a href="#"><u>Cuadro V-2: Flujo de caja financiero en Bolivianos (Bs)</u></a> .....	113
<a href="#"><u>Cuadro V-3: Indicadores de evaluación en Bolivianos</u></a> .....	115
<a href="#"><u>Cuadro V-4: Análisis de sensibilidad unidimensional TIR del precio del agua embotellada en Porcentaje</u></a> .....	116
<a href="#"><u>Cuadro V-5: Análisis de sensibilidad unidimensional TIR del precio del agua embotellada + Botellón en porcentaje</u></a> .....	116
<a href="#"><u>Cuadro V-6: Análisis de sensibilidad bidimensional TIR del precio/botellón + agua</u></a> .....	117
<a href="#"><u>Cuadro V-7: Análisis de sensibilidad bidimensional TIR del precio/ agua</u></a> .....	117
<a href="#"><u>Cuadro V-8: Análisis de sensibilidad unidimensional VAN del precio</u></a> .....	118
<a href="#"><u>Cuadro V-9: Análisis de sensibilidad unidimensional VAN del precio/agua +botellón</u></a> .....	118

<a href="#">Cuadro V-10: Análisis de sensibilidad bidimensional-VAN del precio/agua</a> .....	119
<a href="#">Cuadro V-11: Análisis de sensibilidad bidimensional-VAN del precio/agua+ botellón</a> .....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

<a href="#">Figura 1-1: Porcentajes de los precios en el mercado</a> .....	17
<a href="#">Figura 1-2: Demanda proyectada</a> .....	20
<a href="#">Figura 3-1: Diagrama de flujo con ósmosis inversa</a> .....	44
<a href="#">Figura 3-2: Diagrama de flujo sin ósmosis inversa</a> .....	44
<a href="#">Figura 3-4: Diagrama de flujo de la obtención de agua de mesa</a> .....	56
<a href="#">Figura 3-5: Diagrama de flujo del proceso de agua purificada</a> .....	57
<a href="#">Figura 3-6: Tanque de almacenamiento</a> .....	67
<a href="#">Figura 3-7: Filtro de carbón activado</a> .....	69
<a href="#">Figura 3-8: Esterilizador Luz Ultravioleta</a> .....	70
<a href="#">Figura 3-9: LAYOUT de la descripción de planta en general</a> .....	75
<a href="#">Figura 3-10: LAYOUT II de la distribución de los equipos en la planta</a> .....	76
<a href="#">Figura 3-11: LAYOUT III de la descripción de la planta en general</a> .....	77
<a href="#">Figura 3-12: Organigrama de la empresa</a> .....	85

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1: ENCUESTAS

ANEXO N°2: MATERIAL ENVASE DE PRESENTACIÓN

ANEXO N°3: MATERIAL ETIQUETA PARA ENVASE

ANEXO N°4: UBICACIÓN DE LA CIUDAD DE VILLAMONTES

ANEXO N°5: UBICACIÓN DE LA PLANTA PROCESADORA

ANEXO N° 6:PRO-FORMA DE COTIZACIÓN PLÁSTICOS CARMEN

ANEXO N°7: PROFORMA DE COTIZACIÓN AGSA

ANEXO N° 8: PROFORMA DE COTIZACIÓN IMPORTACIÓN DE ACCESORIOS

INDUSTRIALES

ANEXO N°9: CONSTRUCCIÓN OBRA CIVIL

ANEXO N°10: INFORME DE ENSAYO

ANEXO N°10: COSTO TOTAL AÑO