

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE



“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, PROPONIENDO EL
DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA EL CONSUMO HUMANO
SEGÚN LA NB512 EN LA COMUNIDAD DE COLONIA DR. JOSÉ MARÍA
LINARES, MUNICIPIO DE BERMEJO”

Por: MARTIN ROLANDO SORUCO GUTIERREZ

Tesis presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Medio Ambiente.

Gestión 2020

ENTRE RÍOS – BOLIVIA

V° B°

.....
MSc. Ing. Pedro Bernardo Cruz Gareca
DOCENTE GUÍA

.....
MSc. Ing. Henry Esnor Valdez Huanca
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

.....
MSc. Ing. Juan Oscar Hiza Zúñiga
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

APROBADA POR:

.....
MSc. Ing. Luis Ronaldo Lafuente Retamoso
TRIBUNAL

.....
MSc. Ing. José Ariel Villena Morales
TRIBUNAL

.....
Ing. Gonzalo Condori Vásquez
TRIBUNAL

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

DEDICATORIA

A Dios por guíame e iluminar mi camino y permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida.

Quiero dedicar este trabajo a mi querido padre Filimon Soruco Mesa y mi amada madre, Alejandra Gutiérrez Franco porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mis hermanos por su cariño, apoyo y que han velado por mí durante todo el trayecto para convertirme en una persona profesional.

A toda mi familia que es lo más valioso que Dios me ha dado.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme acompañado con mucha fortaleza, iluminado y guiado con fe a lo largo de mi carrera, y poder cumplir con una de mis metas.

A mis padres por la motivación y apoyo constante durante la realización de este trabajo; Por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis hermanos; Maribel y Miguel Ángel Soruco Gutiérrez, por el apoyo moral que me brindaron durante toda mi etapa de estudio.

A mi Docente Guía: MSc. Ing. Pedro Bernardo Cruz Gareca por haberme apoyado y brindado herramientas para la realización del presente trabajo.

A mis Docentes Tribunales: MSc. Ing. Luis Rolando Lafuente Retamozo, MSc. Ing. José Ariel Villena Morales e Ing. Gonzalo Condori V., por la predisposición y apoyo incondicional durante el desarrollo del trabajo de investigación.

A los Docentes de Ingeniería en Medio Ambiente por su labor de impartir sus enseñanzas, experiencias y formar mis conocimientos para mi vida profesional.

A todas las personas que de alguna forma me brindaron su ayuda y consejos, en momentos de altibajos.

"El agua es nuestra fuente de vida y un
regalo sagrado, cuidémosla!"

(Naciones Unidas)

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	4
III. ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	5
a. Planteamiento del Problema.....	5
b. Formulación del Problema.....	5
IV. HIPÓTESIS.....	5
V. OBJETIVOS.....	6
a. Objetivo General.....	6
b. Objetivos Especificos.....	6
CAPITULO I.....	7
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	7
1.1 MARCO TEÓRICO.....	7
1.1.1 Obras de Potabilización.....	7
1.1.2 Aspectos microbiológicos.....	7
1.1.3 Calidad del agua potable.....	8
1.1.4 Cloración.....	8
1.1.5 Cloro residual.....	8
1.1.6 Coliformes fecales:.....	9
1.1.7 Conductividad:.....	9
1.1.8 Desinfección.....	9
1.1.9 Enfermedades microbiológicas.....	10
1.1.10 Potencial de hidrógeno (pH).....	10
1.1.11 Turbiedad:.....	11
1.2 MARCO CONCEPTUAL.....	11
1.2.1 Agua para consumo humano.....	11
1.2.2 Agua potable.....	11
1.2.3 Control de procesos:.....	11
1.2.4 Inspección sanitaria:.....	11

1.2.5	Laboratorio acreditado.....	12
1.2.6	Parámetro.....	12
1.2.7	Punto de muestreo.....	12
1.2.8	Riesgo en salud.....	12
1.2.9	Sistema de agua potable.....	12
1.2.10	Usuario (consumidor).....	12
1.2.11	Valor máximo aceptable.....	13
1.2.12	Zona de abastecimiento de agua.....	13
1.3	MARCO LEGAL.....	13
1.3.1	Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia.....	13
1.3.2	Ley 1333 del Medio Ambiente.....	15
1.3.3	NB495:.....	19
1.3.4	NB496:.....	19
1.3.5	NB512-04:.....	20
1.3.6	NB512:.....	20
1.3.7	NB689:.....	20
1.3.8	Ley de derechos de la Madre tierra N° 071 del 21 de diciembre del 2010.....	20
1.3.9	Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para vivir Bien N° 300 del 15 de octubre de 2012.....	21
	CAPÍTULO II.....	23
2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
2.1.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	23
2.1.1.	Ubicación geográfica.....	23
2.1.2.	Límites territoriales:.....	25
2.1.3.	Descripción del Componente Biofísico.....	26
2.2.	MATERIALES.....	36
2.3.	METODOLOGÍA.....	37
2.3.1.	Descriptiva.....	37
2.3.2.	Cualitativa.....	38

2.3.3. Cuantitativa.....	38
2.3.4. Método de investigación:.....	38
2.3.5. Estructura de la Metodología.....	41
2.3.6. Determinación del Tamaño de la Muestra.....	41
2.3.7. Trabajo de campo:.....	43
2.3.8. Tipos de muestreo:.....	44
2.3.9. Toma de muestras.....	46
CAPÍTULO III.....	53
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
3.1 RESULTADOS.....	53
3.1.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LAS OBRAS DE TOMA.....	53
3.1.1. Toma N° 2 Quebrada “Subia”.....	54
3.1.2. Cámara de aducción:.....	56
3.1.3. Tanque de almacenamiento:.....	57
3.2. Resultados del Cálculo de los Caudales del Sistema: Obras de Tomas y el Tanque Almacenamiento (Clorador).....	58
3.2.1. Resultado del cálculo de los caudales medidos en el sistema de agua potable Colonia Linares.....	58
3.3. Resultados del Estado Actual del Sistema de Agua Potable en la Comunidad Dr. José María Linares “Colonia Linares”.....	68
3.3.1. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS ENCUESTAS.....	69
3.4. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICO.....	88
3.4.1. Resultados de Análisis Físico, Químico y microbiológico del Agua que consume la población de Colonia Linares, Muestreados en los Meses de Septiembre 2019, Octubre y Noviembre de 2020.....	89
3.5. PROPUESTA DISEÑO DE UNA CÁMARA DESARENADOR O SEDIMENTADOR.....	103
3.5.1. Objetivo de la propuesta:.....	104
3.5.2. Justificación del diseño de la cámara sedimentadora:.....	104

3.5.3. Desarrollo de la propuesta:	104
3.5.4. Descripción del diseño:	108
3.5.5. Costos de la Obra:	109
3.5.6. Conclusión de la propuesta:	112
3.5.7. ESQUEMA DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN	113
3.6. PROPUESTA DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA COMUNIDAD DE COLONIA DR. “JOSÉ MARÍA LINARES”	115
3.6.1. Objetivo de la propuesta	115
3.6.2. Justificación del proceso de potabilización	115
3.6.3. Desarrollo de la propuesta:	116
CAPÍTULO IV	124
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
4.1 CONCLUSIONES	124
4.2 RECOMENDACIONES	126
5. BIBLIOGRAFÍA	127
6. ANEXOS	131

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
<i>Cuadro N° 1</i> Parámetros seleccionados (Físico - químico).....	45
<i>Cuadro N° 2</i> Parámetros seleccionados (Microbiológicos).....	45
<i>Cuadro N° 3</i> Puntos de Monitoreo, muestreo N° 1.....	46
<i>Cuadro N° 4</i> Puntos de Monitoreo, muestreo N° 2.....	48
<i>Cuadro N° 5</i> Puntos de Monitoreo, muestreo N° 3.....	49
<i>Cuadro N° 6</i> Datos de medición de caudal Toma 1.....	58
<i>Cuadro N° 7</i> Datos de medición de caudal Toma 2.....	60
<i>Cuadro N° 8</i> Datos de medición de caudal Tanque de Almacenamiento.....	61
<i>Cuadro N° 9</i> Datos de la segunda medición de caudal Toma 1.....	63
<i>Cuadro N° 10</i> Datos de la segunda medición de caudal Toma 2.....	64
<i>Cuadro N° 11</i> Datos de la segunda medición de caudal Tanque de almacenamiento.....	66
<i>Cuadro N° 12</i> Enfermedades diagnosticadas en el Centro de Salud “Colonia Linares”.....	87
<i>Cuadro N° 13</i> Resultados del Parámetro Conductividad.....	89
<i>Cuadro N° 14</i> Resultados del Parámetro pH.....	92
<i>Cuadro N° 15</i> Resultados del Parámetro Turbiedad.....	95
<i>Cuadro N° 16</i> Resultados del Parámetro Cloro Residual.....	97
<i>Cuadro N° 17</i> Resultados del Parámetro Coliformes Termosistentes.....	99
<i>Cuadro N° 18</i> Resultados del Parámetro Escherichia Coli.....	101
<i>Cuadro N° 19</i> Costos de material de la Obra (Áridos).....	109
<i>Cuadro N° 20</i> Costos de material de la Obra (General).....	110
<i>Cuadro N° 21</i> Costos de mano de Obra.....	111
<i>Cuadro N° 22</i> Costos Total de la Obra.....	112
<i>Cuadro N° 23</i> Presupuesto de la cloración.....	122
<i>Cuadro N° 24</i> Salario: Técnico.....	123

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
<i>Gráfica N° 1</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 1.....	69
<i>Gráfica N° 2</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 2	70
<i>Gráfica N° 3</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 3	71
<i>Gráfica N° 4</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 4	72
<i>Gráfica N° 5</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 5	73
<i>Gráfica N° 6</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 6	74
<i>Gráfica N° 7</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 7	75
<i>Gráfica N° 8</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 8	76
<i>Gráfica N° 9</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 9	77
<i>Gráfica N° 10</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 10.....	78
<i>Gráfica N° 11</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 11.....	79
<i>Gráfica N° 12</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 12.....	80
<i>Gráfica N° 13</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 13.....	81
<i>Gráfica N° 14</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 14.....	82
<i>Gráfica N° 15</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 15.....	83
<i>Gráfica N° 16</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 16.....	84
<i>Gráfica N° 17</i> Porcentajes de respuestas de la encuesta, Preg. N° 17.....	85
<i>Gráfica N° 18</i> Resultados obtenidos de Conductividad.....	91
<i>Gráfica N° 19</i> Resultados obtenidos de pH.....	94
<i>Gráfica N° 20</i> Resultados obtenidos de Turbiedad.....	96
<i>Gráfica N° 21</i> Resultados obtenidos de Cloro Residual.....	98
<i>Gráfica N° 22</i> Resultados obtenidos de Coliformes Termoresistentes.....	100
<i>Gráfica N° 23</i> Resultados obtenidos de Escherichia Coli.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<i>Tabla N° 1</i> Temperatura media anual mensual en °C-Bermejo.....	27
<i>Tabla N° 2</i> Humedad relativa media mensual (%)......	28
<i>Tabla N° 3</i> Principales cuencas de Bermejo.....	30
<i>Tabla N° 4</i> Características de las cuencas.....	31
<i>Tabla N° 5</i> Días con lluvia Bermejo.....	34
<i>Tabla N° 6</i> Efectos adversos para la actividad agrícola.....	34
<i>Tabla N° 7</i> Datos de encuesta Preg. 1.....	69
<i>Tabla N° 8</i> Datos de encuesta Preg. 2.....	70
<i>Tabla N° 9</i> Datos de encuesta Preg. 3.....	71
<i>Tabla N° 10</i> Datos de encuesta Preg. 4.....	72
<i>Tabla N° 11</i> Datos de encuesta Preg. 5.....	73
<i>Tabla N° 12</i> Datos de encuesta Preg. 6.....	74
<i>Tabla N° 13</i> Datos de encuesta Preg. 7.....	75
<i>Tabla N° 14</i> Datos de encuesta Preg. 8.....	76
<i>Tabla N° 15</i> Datos de encuesta Preg. 9.....	77
<i>Tabla N° 16</i> Datos de encuesta Preg. 10.....	78
<i>Tabla N° 17</i> Datos de encuesta Preg. 11.....	79
<i>Tabla N° 18</i> Datos de encuesta Preg. 12.....	80
<i>Tabla N° 19</i> Datos de encuesta Preg. 13.....	81
<i>Tabla N° 20</i> Datos de encuesta Preg. 14.....	82
<i>Tabla N° 21</i> Datos de encuesta Preg. 15.....	83
<i>Tabla N° 22</i> Datos de encuesta Preg. 16.....	84
<i>Tabla N° 23</i> Datos de encuesta Preg. 17.....	85
<i>Tabla N° 24</i> Dotación media diaria (l/hab./día).....	114

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<i>Figura N° 1</i> MAPA DE UBICACIÓN DE BOLIVIA Y EL DEPARTAMENTO DE TARIJA.....	23
<i>Figura N° 2</i> MAPA DE UBICACIÓN MUNICIPIO DE BERMEJO.....	24
<i>Figura N° 3</i> COMUNIDAD COLONIA LINARES Y TOMAS DE AGUA...	25
<i>Figura N° 4</i> Toma de agua N° 1 "CORDERO"	53
<i>Figura N° 5</i> Toma de agua N° 2 "SUBIA"	55
<i>Figura N° 6</i> Cámara de aducción.....	56
<i>Figura N° 7</i> Tanque de almacenamiento.....	57
<i>Figura N° 8</i> DISEÑO DE LA CÁMARA SEDIMENTADORA.....	106

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
ANEXO N° 1 DISEÑO DE LA ENCUESTA APLICADA A LOS BENEFICIARIOS.....	131
ANEXO N° 2 PROCEDIMIENTOS DE TOMA DE MUESTRAS.....	135
ANEXO N° 3 Georeferenciación de los Puntos de Muestreo.....	139
ANEXO N° 4 COORDENADAS.....	140
ANEXO N° 5 Materiales y Toma de Muestras	141
ANEXO N° 6 Colecta de Muestras de Agua de Consumo “Colonia Linares”.....	142
ANEXO N° 7 Traslado y entrega de Muestras al Laboratorio CEANID – TJA.....	144
ANEXO N° 8 Relleno de etiquetas de Muestreo.....	145
ANEXO N° 9 Medición de Caudales Método “Volumétrico”.....	146
ANEXO N° 10 Aplicando la Técnica de la Encuesta.....	148
ANEXO N° 11 Formulario de Muestreo.....	151
ANEXO N° 12 Etiquetas de Muestreo.....	152

SIGLAS Y ABREVIATURAS

I.A.B.S.A.: Industrias Agrícolas de Bermejo Sociedad Anónima.

CEANID: Centro de Análisis Investigación y Desarrollo.

CPE: Constitución Política del Estado.

EPSA: Entidades Prestadoras de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.

MDSMA: Ministerio de Desarrollo Sostenible, Medio Ambiente y Agua.

Kg: kilogramo

gr.: gramos.

mg: miligramos.

L: Litro.

ml: mililitros.

s: segundos.

NB: Norma boliviana.

NMP: Número más probable.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

PDM: Plan de Desarrollo Municipal.

PTDI: Plan Territorial de Desarrollo Integral.

UFC: Unidades Formadoras de Colonias.

UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.

VSb: Viceministerio de Servicios Básicos.

LMP: Límite Máximo Permisible.

Cm: Centímetro.

Km.: Kilómetro.

L/s: Litros por segundo.

Máx.: máximo.

Min.: Mínimo.

mg/l: miligramo por litro.

mm.: milímetro.

Q: caudal.

V: volumen.

t: tiempo.

m³: metro cúbico.

P: Punto de monitoreo.

CAP: Comité de Agua Potable.

RQ= Relación de Caudales.

QER= Caudal de Entre Ríos del sistema de cloración.

QCL= Caudal de Colonia Linares en el tanque de almacenamiento.

Qsc = Caudal de solución clorada.