

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



**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN FAMILIAR  
DE AGUA DE LLUVIA EN PERIODO DE PRECIPITACIÓN  
PLUVIAL EN LA COMUNIDAD DE PALOS BLANCOS DEL  
MUNICIPIO DE ENTRE RÍOS”**

**Por:**

**LIA YESICA OLARTE CAMACHO**

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 – TARIJA - BOLIVIA**

**V°B°**

.....  
**Ing. Delfín Juvenal Altamirano Vilca**  
**DOCENTE GUÍA**

.....  
**M. Sc. Ing. Henry Esnor Valdez Huanca**

**DECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

.....  
**M. Sc. Ing. Juan Oscar Hiza Zúñiga**

**VICEDECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**Aprobada por:**

.....  
**M.Sc. Ing. Luis Rolando Lafuente Retamozo**

**TRIBUNAL**

.....  
**PhD. Ing. Marco Antonio Guerrero Hiza**

**TRIBUNAL**

.....  
**Ing. Marco Vladimir Elías Hoyos**

**TRIBUNAL**

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:**

Primeramente, a Dios que me dio la oportunidad de vivir y darme la fuerza necesaria para salir adelante en cada tropiezo.

Con inmensa gratitud y agradecimiento a mi familia por su incondicional e incomparable apoyo, quien supo alentarme en cada momento.

### **AGRADECIMIENTO:**

Quiero dar las gracias a Dios, por todas y cada una de las personas que puso en mi camino, que hicieron posible la realización de este trabajo.

A mis padres y familia en general, quienes siempre estuvieron ahí brindándome todo su apoyo, cariño y comprensión.

A nuestra Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, a la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, que me dio la oportunidad de formarme como profesional.

Asimismo, a mi docente guía Ing. Delfín Juvenal Altamirano Vilca, que con su empeño y dedicación compartió sus conocimientos y la labor de dirección desempeñada en este trabajo de investigación.

A todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, quienes impartieron sus conocimientos durante toda mi formación profesional.

A mis queridos amigos y compañeros por brindarme su apoyo y compañía durante estos años de formación profesional.

## ÍNDICE

Advertencia

Dedicatoria

Agradecimiento

Resumen

**Página**

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. JUSTIFICACIÓN. ....	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. ....	4
4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. ....	4
5. HIPÓTESIS. ....	4
6. OBJETIVOS. ....	4
6.1. OBJETIVO GENERAL. ....	4
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	5
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	
1.1. MARCO TEÓRICO. ....	6
1.1.1. Importancia del agua. ....	6
1.1.2. Sistemas de captación del agua de lluvia. ....	6
1.1.3. Sistemas de captación del agua de lluvia en el mundo. ....	6
1.1.4. Enfermedades diarreicas. ....	7
1.1.5. La mejora del abastecimiento de agua. ....	7
1.2. MARCO CONCEPTUAL. ....	8

1.2.1. Captación De Agua Lluvia.....	8
1.2.2. Características Del Agua.....	8
1.2.3. Precipitaciones. ....	8
1.2.4. Uso del agua lluvia.....	9
1.2.5. Sistema de recolección de agua lluvia. ....	9
1.2.6. Tipos de captación y almacenamiento de agua lluvia. ....	10
1.2.7. Área de captación.....	10
1.2.8. Conducción. ....	11
1.2.9. Almacenamiento. ....	11
1.2.10. Cloro.....	12
1.2.11. Cloro residual.....	12
1.2.12. Demanda de cloro. ....	12
1.2.13. Desinfección.....	12
1.2.14. Conductividad. ....	12
1.1.15. Turbiedad. ....	12
1.1.16. pH.....	13
1.1.17. Cantidad necesaria de cloro agregado, para tener cloro residual .....	13
1.3. MARCO LEGAL.....	14
a) Constitución Política del Estado Plurinacional.....	14
b) Ley Marco de la Madre Tierra N° 300. ....	14
c) Ley del Medio Ambiente N° 1333.....	14
d) Reglamento de Prevención y Control Ambiental. ....	15
e) DS - 1641 Numeral 3 Sector saneamiento básico inciso d, para la solicitud de certificado de dispensación categoría 4 (SCD-C4), (Agua potable).....	15

f) Norma Boliviana NB 512: Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano Primera Revisión. ....	16
--	----

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	18
2.1.1. Latitud y Longitud.....	18
2.1.2. Límites territoriales. ....	19
2.2. ASPECTOS FÍSICO NATURALES .....	22
2.2.1. Características biofísicas del área de estudio. ....	22
2.2.1.1. Altitudes. ....	22
2.2.1.2. Relieve.....	22
2.2.1.3. Topografía.....	23
2.2.1.4. Clima.....	23
2.2.1.5. Temperaturas máximas y mínimas.....	23
2.2.1.6. Pluviometría. ....	23
2.2.1.7. Descripción de las unidades fisiográficas. ....	24
2.2.2. Aspectos demográficos. ....	25
2.2.2.1. Demografía.....	25
2.2.2.2. Número de familias y promedio de miembros por familia. ....	25
2.2.2.3. Densidad poblacional.....	26
2.2.2.4. Aspectos socioeconómicos.....	26
2.3. MATERIALES Y EQUIPOS.....	27
2.4. METODOLOGÍA. ....	27
2.4.1. Método. ....	27



2.4.2. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación. ....	28
2.4.2.1. Métodos para el diseño del sistema de captación familiar piloto de agua de lluvia.....	28
2.4.2.2. Métodos utilizados para la toma de muestras .....	32
2.4.2.2.1. Toma de muestras para los parámetros de control mínimo.....	32
2.4.2.2. Métodos utilizados para la aplicación de la cadena de cloración al agua de lluvia almacenada, mediante la preparación, dosificación y educación.....	34

### **CAPÍTULO III**

#### **RESULTADO Y DISCUSIÓN**

3.1. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA A NIVEL FAMILIAR EN LA COMUNIDAD DE PALOS BLANCOS.....	37
3.2. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LLUVIA ALMACENADA, MEDIANTE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ANÁLISIS Y COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA.....	47
3.2.1. Resultados de las muestras de agua de lluvia tomada del tanque de almacenamiento ubicado en la comunidad de Palos Blancos del Municipio de Entre Ríos, realizado por el laboratorio CEANID.....	48
3.2.1.1. Resultados del parámetro conductividad eléctrica.....	48
3.2.1.3. Resultados del parámetro turbiedad.....	50
3.2.1.4. Resultados del parámetro pH.....	51
3.2.1.5. Resultados del parámetro coliformes termoresistentes.....	53
3.2.1.6. Resultados del parámetro coliformes totales.....	54
3.3. APLICACIÓN DE LA CADENA DE CLORACIÓN AL AGUA DE LLUVIA ALMACENADA, MEDIANTE LA PREPARACIÓN, DOSIFICACIÓN Y EDUCACIÓN.....	56

3.4. DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA. .....	61
---	----

#### **CAPÍTULO IV**

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1. CONCLUSIONES .....	64
4.2. RECOMENDACIONES.....	66
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>67</b>

#### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
TABLA 1: Intensidades de lluvias.....	9
TABLA 2: Precipitación anual y mensual de Palos Blancos (mm). .....	24
TABLA 3: Parámetros y métodos para el análisis de los parámetros de control mínimo en el laboratorio de “CEANID” .....	34
TABLA 4: Cantidad de cloro líquido a dosificar, si la concentración es de 5% (50.000mg/l) .....	36
TABLA 5: Consumo de agua de la familia.....	38
TABLA 6: Demanda de agua mensual .....	39
TABLA 7: Promedio de precipitación mensual y precipitación total anual de Palos Blancos (mm), (2008 - 2018).....	41
TABLA 8: Promedio mensual de precipitación pluvial (2008-2018).....	42
TABLA 9: Resultados de demanda, oferta mensual y acumulada.....	44
TABLA 10: Determinación del volumen de almacenamiento.....	47
TABLA 11: Presupuesto referencial de un sistema de captación de agua de lluvia...	62

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
CUADRO 1: Resultados de análisis del parámetro conductividad eléctrica. ....	48
CUADRO 2: Resultados de análisis del parámetro turbiedad. ....	50
CUADRO 3: Resultado de análisis del parámetro pH.....	51
CUADRO 4: Resultado de análisis del parámetro coliformes termoresistentes.....	53
CUADRO 5: Resultado de análisis del parámetro coliformes totales. ....	54

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

	<b>Página</b>
GRÁFICA 1: Resultados de análisis del parámetro conductividad eléctrica y comparación con la NB 512.....	49
GRÁFICA 2: Resultados de análisis del parámetro turbiedad y comparación con la NB 512. ....	50
GRÁFICA 3: RESULTADO DE ANÁLISIS DEL PARÁMETRO pH Y COMPARACIÓN CON LA NB 512.....	52
GRÁFICA 4: Resultado de análisis del parámetro coliformes termoresistentes y comparación con la NB 512.....	53
GRÁFICA 5: Resultado de análisis del parámetro coliformes totales y comparación con la NB 512.....	55

## ÍNDICE DE IMÁGENES

	<b>Página</b>
IMAGEN 1: Ubicación geográfica del área de estudio en el continente .....	19
IMAGEN 2: Ubicación geográfica del área de estudio en el país .....	20
IMAGEN 3: Ubicación geográfica del área de estudio en el departamento. ....	20
IMAGEN 4: Ubicación geográfica del área de estudio en el municipio.....	21
IMAGEN 5: Vista satelital de la ubicación del área de estudio.....	22

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1 Mapa de ubicación geográfica del sitio de estudio.
- ANEXO 2 Fotografías del proceso de estudio.
- ANEXO 3 Resultados del laboratorio de CEANID.
- ANEXO 4 Sistema de captación de agua de lluvia a nivel familiar.
- ANEXO 5 Folleto informativo de desinfección del agua.
- ANEXO 6 Conjunto de normas bolivianas referentes al agua potable.

## ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

MMAYA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua.
PDM	Plan de Desarrollo Municipal (Entre Ríos).
NB	Norma Boliviana.
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
CEANID	Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
OPS	Organización Panamericana de la Salud.
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global.
PVC	Policloruro de Vinilo.
HDPE	Polietileno de Alta Densidad.
km	kilómetros.
km <sup>2</sup>	kilómetros cuadrados.
m.s.n.m.	metros sobre el nivel del mar.
°C	grado Celsius.
ℓ	litros.
ℓ/s	litros por segundo.
ml	mililitros.
mm	milímetros.
cm	centímetros
m	metros.



m <sup>2</sup>	metros cuadrados.
m <sup>3</sup>	metros cúbicos.
g	gramos.
mg	miligramos.
mg/l	miligramos por litro.
SM	Standard Methods.
UFC	Unidades Formadoras de Colonias.
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbiedad.
μS	micro Siemens.
d	día.
"	pulgadas.