

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANITARIAS**



**“PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE CONTROL DE INUNDACIONES  
PARA LA QUEBRADA EL MONTE EN EL TRAMO DEL CAMPUS  
UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL  
SARACHO”**

**Por:**

**DAYANA YASMIN ENCINAS ARUQUIPA**

**SEMESTRE II- 2023**

**TARIJA – BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANITARIAS**

**“PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE CONTROL DE INUNDACIONES  
PARA LA QUEBRADA EL MONTE EN EL TRAMO DEL CAMPUS  
UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL  
SARACHO”**

**POR:**

**DAYANA YASMIN ENCINAS ARUQUIPA**

**PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV-502 (MENCIÓN  
HIDRÁULICA)**

**GESTIÓN ACADÉMICA SEMESTRE II - 2023**

**TARIJA-BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

A mi querida Madre, Yolanda Aruquipa Saldaña, le agradezco de corazón por sus sacrificios y esfuerzos incansables, a pesar de los obstáculos y problemas que hemos enfrentado siempre ha sido mi fuente inagotable de amor, aliento y apoyo, este logro es resultado directo de tus sacrificios y amor incondicional. Te agradezco por tu inquebrantable fe y por ser mi guía.

A Pedro Quelca Tarqui, le debo un agradecimiento especial por cuidarme y apoyarme como un verdadero padre, sus conocimientos y sabiduría compartida han enriquecido mi camino académico y personal.

A ambos les dedico un logro más en mi vida.

# ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1.	ANTECEDENTES .....	1
1.2.	ALCANCE .....	2
1.3.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.3.1.	<i>Planteamiento del Problema.....</i>	<i>3</i>
1.3.2.	<i>Formulación del Problema .....</i>	<i>3</i>
1.4.	JUSTIFICACIÓN .....	3
1.5.	OBJETIVOS .....	4
1.5.1.	<i>Objetivo general.....</i>	<i>4</i>
1.5.2.	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>4</i>
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1.	MARCO CONCEPTUAL .....	5
2.1.1.	<i>Riesgo.....</i>	<i>5</i>
2.1.2.	<i>Nociones Hidrológicas e Hidráulicas .....</i>	<i>6</i>
2.1.3.	<i>Protección de Riberas.....</i>	<i>12</i>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA Y DESARROLLO .....</b>	<b>19</b>
3.1.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
3.1.1.	<i>Tipo de Investigación .....</i>	<i>19</i>
3.1.2.	<i>Primera etapa: Recolección de información .....</i>	<i>19</i>
3.1.3.	<i>Segunda etapa: Diagnóstico de la situación actual del área de estudio.....</i>	<i>19</i>
3.1.4.	<i>Tercera etapa: Hidrología .....</i>	<i>19</i>
3.1.5.	<i>Cuarta etapa: Hidráulica Fluvial.....</i>	<i>20</i>
3.1.6.	<i>Quinta etapa: Alternativas de solución.....</i>	<i>20</i>
3.2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
3.2.1.	<i>Recolección de Información .....</i>	<i>20</i>
3.2.2.	<i>Diagnóstico de la Situación Actual.....</i>	<i>25</i>
3.2.3.	<i>Estudio Hidrológico .....</i>	<i>39</i>
3.2.4.	<i>Hidráulica Fluvial.....</i>	<i>68</i>
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>	<b>87</b>
4.1.	RESULTADOS .....	87
4.2.	EVALUACIÓN HIDROLÓGICA.....	87
4.3.	EVALUACIÓN HIDRÁULICA .....	87

4.3.1.	<i>Condición sin medidas de intervención</i>	88
4.3.2.	<i>Condición con medidas de intervención</i>	92
4.4.	EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE SUELOS	96
4.4.1.	<i>Clasificación de los Suelos</i>	96
4.4.2.	<i>Peso específico</i>	96
4.4.3.	<i>Socavación</i>	97
4.5.	PROPUESTA DE CONTROL DE INUNDACIONES	98
4.5.1.	<i>Diseño de gaviones</i>	98
4.5.2.	<i>Características y ubicación</i>	109
4.6.	ANÁLISIS ECONÓMICO	110
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>111</b>
5.1.	CONCLUSIONES	111
5.2.	RECOMENDACIONES	113
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
	<b>ANEXOS</b>	
	<i>Anexo 1: Información Hidrometeorológica</i>	
	<i>Anexo 2: Ensayos de Suelos</i>	
	<i>Anexo 3: Aforo de Caudales</i>	
	<i>Anexo 4: Datos de Levantamiento Topográfico</i>	
	<i>Anexo 5 Identificación de las Condiciones del Área de Estudio para la Determinación del Coeficiente de Rugosidad “n” de Manning</i>	
	<i>Anexo 6 Mapas de la Modelación Hidráulica</i>	
	<i>Anexo 7 Secciones Transversales del Modelamiento Hidráulico</i>	
	<i>Anexo 8 Reportes de Diseño de Gaviones</i>	
	<i>Anexo 9 Planos</i>	
	<i>Anexo 10 Cómputos Métricos</i>	
	<i>Anexo 11 Cotización y Certificado de Calidad</i>	
	<i>Anexo 12 Precios Unitarios</i>	

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS UTILIZADAS EN LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN. ....	21
TABLA 2 PARÁMETROS CLIMÁTICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO. ....	31
TABLA 3 BENEFICIARIOS DIRECTOS DE LA UAJMS. ....	36
TABLA 4 BENEFICIARIOS INDIRECTOS DEL BARRIO "SAN GERÓNIMO". ....	36
TABLA 5 CODIFICACIÓN PFAFSTETTER DE LA CUENCA DE APORTE. ....	40
TABLA 6 PARÁMETROS ASOCIADOS AL RELIEVE DE LA CUENCA DE APORTE ....	43
TABLA 7 CLASIFICACIÓN DE LA CUENCA DE APORTE SEGÚN EL TAMAÑO. ....	43
TABLA 8 CLASIFICACIÓN DE LA CUENCA DE APORTE SEGÚN EL FACTOR DE FORMA DE HORTON. ....	44
TABLA 9 CLASIFICACIÓN DE LA CUENCA DE APORTE SEGÚN EL COEFICIENTE DE COMPACIDAD DE GRAVELIUS. ....	44
TABLA 10 PARÁMETROS RELATIVOS AL RELIEVE DE LA CUENCA DE APORTE. ....	45
TABLA 11 CLASIFICACIÓN DE LA CUENCA DE APORTE SEGÚN LA PENDIENTE. ....	45
TABLA 12 VALORES TABULADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA. ....	46
TABLA 13 PARÁMETROS DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA CUENCA DE APORTE. ....	48
TABLA 14 TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN CALCULADOS A PARTIR DE PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS. ....	50
TABLA 15 VALIDACIÓN DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN A TRAVÉS DE LA VELOCIDAD DE ESCORRENTÍA EN FUNCIÓN DE LA PENDIENTE DE LA CUENCA. ....	51
TABLA 16 PROMEDIO DE VELOCIDADES PARA EL CÁLCULO DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN EN FUNCIÓN DE LA PENDIENTE. ....	52
TABLA 17 VELOCIDADES CALCULADAS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN CALCULADO. ....	52
TABLA 18 PARÁMETROS ASOCIADOS AL DRENAJE DE LA CUENCA DE APORTE. ....	52
TABLA 19 CLASIFICACIÓN DE LA CUENCA POR SU DENSIDAD DE DRENAJE. ....	52
TABLA 20 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HRS. ESTACIÓN "EL TEJAR". ....	55
TABLA 21 CÁLCULO DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS Y PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE SMIRNOV KOLMOGOROV. ....	56
TABLA 22 PRECIPITACIÓN MÁXIMA ESPERADA EN 24 HRS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO. ....	57
TABLA 23 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE PRECIPITACIONES, ESTACIÓN "EL TEJAR". ....	57
TABLA 24 PRECIPITACIÓN MÁXIMA PROBABLE EN UN PERIODO DE RETORNO DETERMINADO PARA DURACIONES DIFERENTES. ....	58
TABLA 25 COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN TEMPORAL K <sub>D</sub> . ....	58
TABLA 26 PARAMETRIZACIÓN DE VARIABLES DE LA ECUACIÓN DE INTENSIDAD, MEDIANTE REGRESIÓN NO LINEAL. ....	58
TABLA 27 CONSTRUCCIÓN DE CURVAS IDF. ....	58
TABLA 28 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA SEGÚN EL USO DE LA TIERRA Y EL GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELO. ....	61
TABLA 29 ABSTRACCIÓN Y NÚMERO DE CURVA DE LA CUENCA DE APORTE. ....	65
TABLA 30 TIEMPO AL PICO Y CAUDALES DE CRECIDA ESTIMADOS MEDIANTE EL SOFTWARE HEC HMS. ....	68
TABLA 31 CAUDALES DE ENTRADA PARA EL MODELO. ....	69
TABLA 32 VALORES DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD "n" DE MANNING, MÉTODO PROPUESTO POR COWAN. ....	73
TABLA 33 CONDICIÓN DE LA SECCIÓN 17 (ST17). ....	74

TABLA 34 CONDICIÓN DE LA SECCIÓN 27 (ST27). .....	74
TABLA 35 COORDENADAS DEL SITIO COMO REFERENTE PARA LA VALIDACIÓN.....	76
TABLA 36 MÉTODOS DE CÁLCULO EMPLEADOS PARA EL DISEÑO DE GAVIONES. ....	85
TABLA 37 VALORES DE ENTRADA PARA EL DISEÑO DE GAVIONES CON EL SOFTWARE GEO5. ....	85
TABLA 38 RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD Y EL ÁNGULO DE FRICCIÓN EN SUELOS COHESIVOS. ....	86
TABLA 39 CAUDALES DE CRECIDA PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO. ....	87
TABLA 40 COEFICIENTES DE RUGOSIDAD "N" DE MANNING PARA CADA SECCIÓN GEOMÉTRICA EN UNA CONDICIÓN SIN MEDIDAS DE INTERVENCIÓN.....	88
TABLA 41 COEFICIENTES DE RUGOSIDAD "N" DE MANNING PARA CADA SECCIÓN GEOMÉTRICA EN UNA CONDICIÓN CON MEDIDAS DE INTERVENCIÓN. ....	92
TABLA 42 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO. ....	96
TABLA 43 RESULTADOS DE ESTUDIO DE SUELOS MUESTRA PUNTO 1. ....	96
TABLA 44 RESULTADOS DE ESTUDIO DE SUELOS MUESTRA PUNTO 2. ....	96
TABLA 45 PESO ESPECÍFICO DE LOS SUELOS DE LA QUEBRADA EL MONTE.....	97
TABLA 46 RESULTADOS DE SOCAVACIÓN CALCULADOS PARA PROGRESIVAS CON MEDIDAS DE INTERVENCIÓN.....	97
TABLA 47 REPORTE DE DISEÑO DE GAVIONES CON EL SOFTWARE GEO5.....	99
TABLA 48 CARACTERÍSTICAS DE LAS MEDIDAS DE INTERVENCIÓN PROPUESTAS PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES. ....	109
TABLA 49 PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL DE INUNDACIÓN PROPUESTAS.....	110

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 INTERRELACIÓN ENTRE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO. ....	5
FIGURA 2 CANALES NATURALES. ....	9
FIGURA 3 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL NATURAL. ....	10
FIGURA 4 GAVIÓN LATERAL EN UN CAUCE NATURAL. ....	16
FIGURA 5 TIPOS DE ROTURA EN MUROS DE GAVIÓN. ....	17
FIGURA 6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN RESPECTO A LA SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE ESTUDIO. ....	22
FIGURA 7 MAPA DE UBICACIÓN DE CALICATAS DE MUESTREO DE SUELO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. ....	22
FIGURA 8 EXCAVACIÓN DE CALICATAS PARA EL MUESTREO DE SUELOS. ....	23
FIGURA 9 MEDICIÓN DE NIVELES NORMALES Y MÁXIMOS DEL FLUJO DE AGUA. ....	23
FIGURA 10 MAPA DE UBICACIÓN DEL SITIO DE AFORO. ....	24
FIGURA 11 AFORO DE CAUDAL QUEBRADA “EL MONTE”. ....	24
FIGURA 12 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE INTERÉS. ....	25
FIGURA 13 DELIMITACIÓN ESPACIAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. ....	26
FIGURA 14 CIERRE PERIMETRAL DE LA UAJMS. ....	27
FIGURA 15 ZONA DE LAS CANCHAS DEPORTIVAS DE LA UAJMS. ....	27
FIGURA 16 UBICACIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA. ....	28
FIGURA 17 UBICACIÓN GEOGRÁFICA. ....	28
FIGURA 18 UBICACIÓN HIDROGRÁFICA. ....	29
FIGURA 19 SUPERFICIE TOPOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO. ....	29
FIGURA 20 COBERTURA VEGETAL DEL ÁREA DE ESTUDIO. ....	31
FIGURA 21 MAPA DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO. ....	32
FIGURA 22 MAPA DE TEMPERATURA MEDIA EN EL ÁREA DE ESTUDIO. ....	33
FIGURA 23 MAPA DE HUMEDAD RELATIVA DEL ÁREA DE ESTUDIO. ....	34
FIGURA 24 MAPA DE VELOCIDAD DEL VIENTO EN EL ÁREA DE ESTUDIO. ....	35
FIGURA 25 AMENAZA DE CONTAMINACIÓN EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA “EL MONTE”. ....	39
FIGURA 26 ESCURRIMIENTO DE AGUAS DE ALCANTARILLADO PROVENIENTES DE LA CIUDAD. ....	39
FIGURA 27 CURVA HIPSOMETRICA DE LA CUENCA DE APORTE. ....	46
FIGURA 28 DIAGRAMA DE FRECUENCIAS ALTIMÉTRICAS. ....	47
FIGURA 29 CURVAS IDF. ....	59
FIGURA 30 MAPA DE VEGETACIÓN DE LA CUENCA DE APORTE. ....	62
FIGURA 31 MAPA DE SUELOS DE LA CUENCA DE APORTE. ....	63
FIGURA 32 MAPA DE NÚMERO DE CURVA DE LA CUENCA DE APORTE. ....	64
FIGURA 33 HIDROGRAMA DE CAUDALES DE CRECIDA PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO. ....	68
FIGURA 34 OBTENCION DE LA NUBE DE PUNTOS DEL ÁREA EN ESTUDIO. ....	70



FIGURA 35 OBTENCIÓN DE LAS CURVAS DE NIVEL DE LA ZONA DE ESTUDIO. ....	70
FIGURA 36 GEOMETRÍA DEL CANAL NATURAL DE LA QUEBRADA “EL MONTE” .....	72
FIGURA 37 MAPA DE INUNDACIÓN PARA UN T= 500 AÑOS. ....	75
FIGURA 38 TOMANDO LA ALTURA DE LA MARCA HISTÓRICA. ....	76
FIGURA 39 SECCIÓN A CONSIDERAR PARA LA VALIDACIÓN DEL MODELO.....	77
FIGURA 40 ELIMINACIÓN DE LOS TERRONES Y MATERIALES ORGÁNICOS.....	78
FIGURA 41 REALIZACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA DE SUELO. ....	78
FIGURA 42 OBTENCIÓN DE UNA MUESTRA SUAVE Y PASTOSA. ....	79
FIGURA 43 UTILIZACIÓN DEL EQUIPO CASAGRANDE. ....	80
FIGURA 44 REALIZACIÓN DEL PESAJE DE LA MUESTRA. ....	80
FIGURA 45 REALIZACIÓN DE LOS ROLLITOS DE 3 MM DE DIÁMETRO. ....	81
FIGURA 46 PESAJE DE LA MUESTRA DE SUELO. ....	82
FIGURA 47 FRASCO SOMETIDO A BAÑO MARÍA. ....	83
FIGURA 48 FRASCO SOMETIDO A ENFRIAMIENTO. ....	83
FIGURA 49 INTERFAZ DEL SOFTWARE GEO5, ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GLOBAL DE LA ESTRUCTURA.....	86
FIGURA 50 PERFIL LONGITUDINAL DE LA QUEBRADA EL MONTE PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS, EN SITUACIÓN SIN MEDIDAS DE INTERVENCIÓN. ....	89
FIGURA 51 SECCIÓN TRANSVERSAL EN PROGRESIVA 1750 EN CONDICIÓN SIN MEDIDAS DE INTERVENCIÓN. ....	90
FIGURA 52 SECCIÓN TRANSVERSAL EN PROGRESIVA 850 EN CONDICIÓN SIN MEDIDAS DE INTERVENCIÓN. ....	90
FIGURA 53 MAPA DE INUNDACIÓN PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN UNA CONDICIÓN SIN MEDIDAS DE INTERVENCIÓN.....	91
FIGURA 54 PERFIL LONGITUDINAL DE LA QUEBRADA “EL MONTE” PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS, EN SITUACIÓN CON MEDIDAS DE INTERVENCIÓN.....	93
FIGURA 55 SECCIÓN TRANSVERSAL EN PROGRESIVA 1750 EN CONDICIÓN CON MEDIDAS DE INTERVENCIÓN. ....	94
FIGURA 56 SECCIÓN TRANSVERSAL EN PROGRESIVA 850 EN CONDICIÓN CON MEDIDAS DE INTERVENCIÓN. ....	94
FIGURA 57 MAPA DE INUNDACIÓN PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN UNA CONDICIÓN CON MEDIDAS DE INTERVENCIÓN.....	95
FIGURA 58 MAPA DE UBICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE CONTROL DE INUNDACIÓN PROPUESTAS.....	109