

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS



**“ANÁLISIS DEL RIESGO ASOCIADO A LAS MÁXIMAS CRECIDAS
AGUAS ABAJO DE LA PRESA RUMICANCHA”**

POR:

ZULETA FLORES SERGIO RONI

Semestre II - 2022

TARIJA – BOLIVIA

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

**“ANÁLISIS DEL RIESGO ASOCIADO A LAS MÁXIMAS CRECIDAS
AGUAS ABAJO DE LA PRESA RUMICANCHA”**

Por:

ZULETA FLORES SERGIO RONI

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA DE CIV 502.

Semestre II - 2022
TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

A Dios porque todo trabajo que realizo lo hago como si fuera para él.

A mi madre Elizabeth Flores y mi padre Rómulo Zuleta por todo el cariño y amor que me brindan.

A mis hermanos Samuel, Rodrigo y a todos mis queridos familiares.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, Agradezco a Dios, todo poderoso por darme vida todos los días y permitirme alcanzar este objetivo, con todas las bendiciones que he recibido en esta etapa de mi vida y al universo por siempre conspirar con mis metas.

A mi madre Elizabeth Flores, mi padre Rómulo Zuleta y a mis hermanos por el cariño y apoyo incondicional que me brinda todos los días.

A mi familia en general por estar y apoyar siempre en las buenas como en las malas.

A todos mis compañeros y amigos quienes durante toda mi etapa de estudiante universitario de una u otra forma aportaron para alcanzar esta meta.

A los docentes de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho de la carrera Ingeniería Civil, por los conocimientos transmitidos que contribuyeron de manera determinante en mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL.

Dedicatoria	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice general.	v
Índice de figuras.	x
Índice de tablas.	xiii
Resumen.	xv
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema.	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación del problema	2
1.1.3. Sistematización del problema.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general.	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Justificación.	3
1.3.1. Justificación práctica	4
1.3.2. Justificación metodológica.....	5
1.3.3. Justificación social	5
1.4. Hipótesis.	5
1.5. Marco espacial.	6
1.5.1. Ubicación.	6
1.5.2. Vías de acceso.	10
1.6. Marco temporal.....	10

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	11
2.1. CONCEPTOS PRELIMINARES	11
2.1.1. Fenómeno natural.....	11
2.1.2. Evento adverso.....	11
2.1.3. Emergencia.....	11
2.1.4. Desastre	11
2.2. TIPOS Y CAUSAS DE CRECIDAS.....	12
2.2.1. Definiciones.	12
2.2.2. Tipos de crecidas.....	12
2.2.2.1. Crecidas repentinas.....	12
2.2.2.2. Crecidas fluviales.	13
2.2.2.3. Crecidas de un solo evento.	13
2.2.2.4. Crecidas estacionales.....	13
2.3. DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO: TIPOLOGÍA Y FORMAS DE MANIFESTACIÓN.....	14
2.3.1. Inundación.....	14
2.3.1.1. Según su duración.....	14
2.3.1.2. Según el mecanismo de generación.....	14
2.4. PELIGRO.....	15
2.4.1. Definiciones.	15
2.4.2. Clasificación de peligros.	16
2.4.3. Criterios de peligro.....	17
2.5. VULNERABILIDAD.....	20
2.5.1. Definiciones.	20
2.5.2. Factores de vulnerabilidad.	20

2.5.3. Vulnerabilidad física	21
2.5.4. Análisis de la Vulnerabilidad física	21
2.6. RIESGO	22
2.6.1. Estimación o Cálculo del riesgo.....	22
2.7. BASES TEÓRICAS.	23
2.7.1. Características de la Cuenca.....	23
a) Características de geométricas y de forma	23
b) Características de relieve.....	25
c) Características de la Red de drenaje.....	27
2.7.2. Tiempo de concentración (Tc).	28
2.7.3. Método Número de curva.....	29
2.7.4. Hidrogramas unitarios sintéticos.	32
2.7.5. Análisis de frecuencia.	34
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA Y APLICACIÓN	36
3.1. Variables.	36
3.1.1. Variables independientes.....	36
3.1.2. Variables dependientes.....	36
3.1.3. Variables intervinientes.....	36
3.2. Tipo de investigación.	36
3.3. Nivel de la investigación.....	37
3.4. Diseño de la investigación.	37
3.5. Metodología para el análisis del riesgo.....	38
3.6. Aplicación.....	43
3.6.1. Identificación del área de influencia.	43
3.6.2. Definición de escenarios de crecidas.	44

3.6.3. Análisis Del Peligro.	46
3.6.3.1. Análisis hidrológico e hidráulico.....	46
3.6.3.1.1 ESCENARIO 1.....	46
a) Características de la Cuenca	47
b) Tiempo de concentración.	52
c) Número de curva ponderada	53
d) Análisis de precipitaciones máximas.....	57
e) Estimación de caudales máximos.	62
f) Tirantes y velocidades.....	66
3.6.3.1.2. ESCENARIO 2.....	73
a) Estimación de caudal máximo.	73
b) Tirantes y velocidades	76
3.6.3.1.3. ESCENARIO 3.....	78
a) Estimación de caudal máximo.	78
b) Tirantes y velocidades	80
3.6.3.2. Nivel de peligro.	81
3.6.3.2.1 ESCENARIO 1.....	84
3.6.3.2.2 ESCENARIO 2.....	86
3.6.3.2.3 ESCENARIO 3.....	86
3.6.3.3. Mapa de peligro.....	87
3.6.4. Análisis de la vulnerabilidad física	87
3.6.4.1. Identificación de elementos expuestos	87
3.6.4.2. Identificación y elección de variables.	87
3.6.4.3. Nivel de vulnerabilidad física.....	90
3.6.4.4. Mapa de vulnerabilidad.	93

3.6.5. Estimación del riesgo.	93
3.5.5.1. Nivel de riesgo.....	94
3.5.5.2. Mapa de riesgo.....	98
3.6.6. Medidas de prevención y/o reducción de riesgo.	98
3.5.6.1. Medidas no estructurales.	98
3.5.6.2. Medidas estructurales.	99
CAPÍTULO 4: ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	100
4.1. Del análisis del peligro.....	100
4.1.1. Escenario 1	100
4.1.2. Escenario 2.	105
4.1.3. Escenario 3.	106
4.2. Del análisis de la vulnerabilidad física	106
4.3. De estimación de riesgo.	107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	113
WEBGRAFÍA	115
ANEXOS	
Anexo A. Análisis hidrológico	
Anexo B. Información de Parámetros de la presa Rumicancha	
Anexo C. Determinación de coeficiente de rugosidad	
Anexo D. Galería de Fotos	
Anexo E. Mapas de Peligro, mapa de vulnerabilidad física y mapas de riesgo	

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1.1: Ubicación geográfica del área de estudio.	6
Figura 1.2: Ubicación de la zona.....	7
Figura 1.3: Ubicación de la presa Rumicancha.....	8
Figura 1.4: Sector aguas abajo de la presa Rumicancha	8
Figura 1.5: Cuenca Alta del río Guadalquivir - Subcuenca del Río Sella.....	9
Figura 1.6: Río Sella y sus ríos tributarios.	9
Figura 2.1: Nivel de peligro para inundaciones.	17
Figura 2.2: Niveles de peligro que relacionan tirante del agua (m) y velocidad (m/s).	18
Figura 2.3: Niveles de peligro aplicados en la ciudad de Dórrigo, Australia (NSW, 2005).....	19
Figura 2.4: Curvas hipsométricas adimensional características del ciclo de erosión.....	26
Figura 2.5: Hidrograma unitario sintético (forma triangular)	33
Figura 3.1: Esquema general para el análisis del riesgo.	39
Figura 3.2: Descripción del procedimiento para el análisis del peligro.	40
Figura 3.3: Procedimiento para el análisis del peligro para cada escenario definido.	41
Figura 3.4: Procedimiento para el análisis de la vulnerabilidad física.....	41
Figura 3.5: Imagen satelital del área de influencia	43
Figura 3.6: Imagen satelital del área de influencia aguas abajo de la presa.....	44
Figura 3.7: Procedimiento para el análisis hidrológico e hidráulico.....	46
Figura 3.8: Delimitación Subcuenca Chaupicancha con ArcGIS	48
Figura 3.9: Delimitación Subcuenca Chaupicancha	48
Figura 3.10: Curva hipsométricas de la subcuenca Chaupicancha	50
Figura 3.11: Perfil del cauce principal de la subcuenca de la Chaupicancha.....	51
Figura 3.12: Número de Orden de los cursos de agua de la subcuenca Chaupicancha.....	52
Figura 3.13: Textura y grupo hidrológico de la Subcuenca Chaupicancha.....	53

Figura 3.14: Uso de suelo y condición hidrológica de la Subcuenca Chaupicancha	54
Figura 3.15: Valores de número de curva de la subcuenca Chaupicancha	55
Figura 3.16: Estaciones cerca de la Subcuenca Chaupicancha	57
Figura 3.17: Hidrograma triangular para T=500 años.....	65
Figura 3.18: Proceso de modelamiento geométrico para el escenario 1.	68
Figura 3.19: Modelo geométrico del terreno para el escenario 1.....	68
Figura 3.20: Tirantes para T= 500 años para el escenario 1.	69
Figura 3.21: Velocidades para T= 500 años para el escenario 1.....	69
Figura 3.22: Tirantes para T= 1000 años para el escenario 1.	70
Figura 3.23: Velocidades para T= 1000 años para el escenario 1.....	70
Figura 3.24: Tirantes para T= 5000 años para el escenario 1.	71
Figura 3.25: Velocidades para T= 5000 años para el escenario 1.....	71
Figura 3.26: Tirantes para T= 10000 años para el escenario 1.	72
Figura 3.27: Velocidades para T= 10000 años para el escenario 1.....	72
Figura 3.28: Hidrograma de caudal pico por colapso.	75
Figura 3.29: Proceso de modelamiento geométrico para el escenario 2.	76
Figura 3.30: Modelo geométrico del terreno para el escenario 2.....	76
Figura 3.31: Tirantes para el escenario 2.	77
Figura 3.32: Velocidades para el escenario 2.....	77
Figura 3.33: Hidrograma de caudal máximo para el escenario 3.....	79
Figura 3.34: Tirantes para el escenario 3.	80
Figura 3.35: Velocidades para el escenario 3.....	80
Figura 3.36: Nivel de peligro para inundaciones según gobierno de Francia.....	81
Figura 3.37: Localización de la herramienta Raster Calculator.	83
Figura 3.38: Ingreso de la condición para determinar los niveles de peligro.....	83

Figura 3.39: Nivel de peligro T=500 años para el escenario 1.	84
Figura 3.40: Nivel de peligro T=1000 años para el escenario 1.	84
Figura 3.41: Nivel de peligro T=5000 años para el escenario 1.	85
Figura 3.42: Nivel de peligro T=10 000 años para el escenario 1.	85
Figura 3.43: Nivel de peligro para el escenario 2.	86
Figura 3.44: Nivel de peligro para el escenario 3.	86
Figura 3.45: Elementos expuestos dentro del área de influencia.	88
Figura 3.46: Cálculo de vulnerabilidad.	91
Figura 3.47: Cálculo de vulnerabilidad física de los lotes.....	92
Figura 3.48: Valores obtenidos del cálculo de vulnerabilidad física.....	92
Figura 3.49: Nivel de vulnerabilidad física	93
Figura 3.50: Herramienta intersect del programa ArcGis.	95
Figura 3.51: Intersección de niveles de peligro y vulnerabilidad física en ArcGis.....	95
Figura 3.52: Cálculo de valores de niveles de riesgo en ArcGis.....	96
Figura 3.53: Nivel de riesgo según valores en ArcGis.....	96
Figura 3.54: Estimación del nivel de riesgo en ArcGis.....	97
Figura 3.55: Nivel de riesgo en ArcGis.....	97

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1.1: Ubicación del área de trabajo.	6
Tabla 2.1: Clasificación de tamaños de cuencas.	24
Tabla 2.2: Valores interpretativos del factor de forma.....	24
Tabla 2.3: Clasificación del Índice de Compacidad de Gravelius.....	25
Tabla 2.4: Clasificación de la red de drenaje de las cuencas.....	28

Tabla 3.1: Cálculos para la obtención de la curva hipsométrica de subcuena Chaupicancha.....	49
Tabla 3.2: Textura y grupo hidrológico con sus respectivas áreas de la Subcuena Chaupicancha.....	54
Tabla 3.3: Uso de suelo y condición hidrológica con sus respectivas áreas.	55
Tabla 3.4: Valores de número de curva con sus respectivas áreas de la Subcuena Chaupicancha.....	56
Tabla 3.5: Valores disueltos de número de curva con sus respectivas áreas.....	56
Tabla 3.6: Número de curva ponderado de la Subcuena Chaupicancha.....	56
Tabla 3.7: Estaciones cerca del área de estudio.	57
Tabla 3.8: Resumen de análisis de consistencia.	58
Tabla 3.9: Resumen de análisis de homogeneidad.	59
Tabla 3.10: Altura de lluvia máxima diaria para un determinado periodo de retorno.	60
Tabla 3.11: Altura de lluvia máxima inferior a las 24 horas.	61
Tabla 3.12: Precipitación máxima para el tiempo de concentración (Tc).	62
Tabla 3.13: Método de estimación de caudales máximos para el escenario 1.	63
Tabla 3.14: Precipitaciones en exceso para el escenario 1.	63
Tabla 3.15: Caudales máximos para el escenario 1.....	65
Tabla 3.16: Proceso de la modelación hidráulica.....	66
Tabla 3.17: Método de estimación de caudales máximos para el escenario 2.	73
Tabla 3.18: Parámetros de la presa Rumicancha para el escenario 2.....	74
Tabla 3.19: Caudal máximo para el escenario 2.....	75
Tabla 3.20: Parámetros de la presa Rumicancha para el escenario 3.....	78
Tabla 3.21: Caudal máximo para el escenario 2.....	79
Tabla 3.22: Cuadro de valores para los niveles de peligro.	81
Tabla 3.23: Cuadro de valores según el tipo de material de construcción.	88

Tabla 3.24: Cuadro de valores según el tipo de recubrimiento.	88
Tabla 3.25: Cuadro de valores según la distancia entre la estructura y el cauce.....	89
Tabla 3.26: Cuadro de valores según el tipo de piso.	89
Tabla 3.27: Cuadro de valores de lotes con o sin cultivo.	89
Tabla 3.28: Cuadro de valores de cerramiento de lote	89
Tabla 3.29: Cuadro de valores según si es habitable por personas.	89
Tabla 3.30: Ponderación y valoración de variables de vulnerabilidad.	90
Tabla 3.31: Niveles de vulnerabilidad.	90
Tabla 3.32: Matriz de riesgo.	94
Tabla 3.33: Rangos para definir el nivel de riesgo	94
Tabla 4.1: Valores de las características de la Subcuenca Chaupicancha	100
Tabla 4.2: Valores de Tiempo de concentración para cada Subcuenca	101
Tabla 4.3: Valores de tirantes y velocidades de agua para el escenario 1	103
Tabla 4.4: Resultado de estimación de riesgo para el escenario 1.	108
Tabla 4.5: Resultado de estimación de riesgo para el escenario 2	108
Tabla 4.6: Resultado de estimación de riesgo para el escenario 3	109