

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



**“MODELAMIENTO DE LA ONDA DE AVENIDA DEBIDO A LA
ROTURA DE UNA PRESA DE CFRD Y SU ESTIMACIÓN DE
RIESGO - APLICADO A LA PRESA DE CALDERAS”**

REALIZADO POR:

GUSTAVO BRAVO RUEDA

GESTIÓN 2014

TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA

A:

Natividad Rueda mi madre...que siempre estuvo a mi lado, ayudándome y apoyándome sin condiciones, pero sobre todo por estar ahí cuando más la necesitaba.

Y sobre todo a quien desde el primer momento de su existencia lleno mi vida de amor y fortaleza, mi hijo

Leandro Fabricio.

A ti que eres el aliento e inspiración para seguir adelante con la conclusión de mis estudios y la elaboración de este documento.

Gustavo Bravo Rueda

AGRADECIMIENTO

A dios por darme la vida y salud necesaria para culminar esta etapa de mi vida.

A mis hermanos Cristian, Juan Carlos, Nataly, Ivan y Gabriel por su comprensión y cariño que me dan.

A mi tío Rolando (+) por el ejemplo de fortaleza y sobre todo inteligencia y sabiduría que me supo brindar.

Al ingeniero Jose Luis Urquidi Barea por su apoyo, sabiduría y enseñanza para poder realizar este proyecto.

Al Ing. Juan Carlos Loza Vélez, por su guía y tutela.

A mis docentes tribunales por el tiempo dedicado a la lectura y los invalorable aportes a este documento.

A mí querida universidad por acogerme todos estos años.

A mis amigos que estuvieron en las buenas y malas, teniendo mucha fe en mí.

INDICE

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES	1
1.1. PROBLEMÁTICA ACTUAL	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema	1
1.1.3. Sistematización del problema	2
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
1.3.1. Justificación teórica.....	3
1.3.2. Justificación metodológica.....	3
1.3.3. Justificación práctica.....	3
1.4. MARCO DE REFERENCIA	3
1.4.1. Marco espacial	3
1.4.2. Marco temporal.....	4
1.5. HIPÓTESIS DE TRABAJO	5
1.5.1. Hipótesis de primer grado	5
1.5.2. Hipótesis de segundo grado	5
1.5.3. Hipótesis de tercer grado.....	5
CAPÍTULO II	9
GENERALIDADES Y CONCEPTOS RELACIONADOS	9
2.1. TIPOS DE FALLAS DE UNA PRESA.....	9
2.2. INUNDACIONES	9
2.2.1. Clasificación según su duración.....	10
2.2.1.1. Inundaciones rápidas o dinámicas	10
2.2.1.2. Inundaciones lentas o estáticas	10
2.2.2. Clasificación según su mecanismo de generación	10
2.2.2.1. Inundaciones pluviales	10
2.2.2.2. Inundaciones fluviales	10
2.2.2.3. Inundaciones por rotura	10

2.3. MODELOS EXISTENTES EN LA ACTUALIDAD PARA LA SIMULACIÓN DE ROTURA DE PRESAS.....	11
2.4. Definición de Modelo	11
2.4.1. Definición de Modelo numérico	11
2.4.2. Modelos Unidimensionales	12
2.4.2.1. Modelos 1D en régimen permanente.....	12
2.4.2.2. Modelo 1D en régimen no permanente	12
2.4.2.2.1. Esquema de resolución de las ecuaciones completas de Saint- Venant	12
2.4.2.2.1.1. Método de las características	12
2.4.2.2.1.2. Diferencias finitas explícitas	12
2.4.2.2.1.3. Diferencias finitas implícitas	13
2.4.2.2.1.4. Elementos finitos	13
2.4.2.2.2. Esquemas de resolución de las ecuaciones completas de Saint-Venant simplificadas.....	14
2.4.2.2.2.1. Métodos hidrológicos	14
2.4.2.2.2.2. Método de la onda cinemática.....	14
2.4.2.2.2.3. Método de la onda difusiva	14
2.4.2.2.2.4. Método de la onda dinámica cuasi-permanente	15
2.4.3. Modelos Cuasi-Bidimensionales.....	15
2.4.4. Modelos Bidimensionales	15
2.5. MODELOS UNIDIMENSIONALES PARA LA SIMULACIÓN DE ROTURA DE PRESAS	16
2.6. SOFTWARES A EMPLEAR	17
2.6.1. ArcGIS 10.1	17
2.6.1.1. Definición	17
2.6.1.2. Partes de un SIG	17
2.6.2. Hec-GeoRas 10.1	18
2.6.3. Hec-Ras 4.1	18
2.6.3.1. Características del modelo Hec-Ras.....	19
2.6.3.2. Estabilidad del modelo Hec-Ras.....	22
2.6.3.3. Limitaciones del modelo Hec-Ras.....	25
CAPÍTULO III	26
ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DEL FLUJO.....	26

3.1. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES PARA EL FLUJO EN RÉGIMEN PERMANENTE	26
3.1.1. Conservación de la masa	26
3.1.2. Conservación de la energía	26
3.1.3. Conservación de la cantidad de movimiento o momentum	27
3.2. ECUACIONES FUNDAMENTALES PARA EL FLUJO EN RÉGIMEN NO PERMANENTE	29
3.2.1. Continuidad del flujo no permanente	29
3.2.2. Ecuación dinámica para el flujo no permanente	31
3.3. SOLUCIÓN DE LAS ECUACIONES DE SAINT-VENNANT	33
3.3.1. Ecuación de continuidad	33
3.3.2. Ecuación de momento	35
3.4. SOLUCIÓN NUMÉRICA DE LAS ECUACIONES COMPLETAS DE SAINT-VENNANT UTILIZANDO EL MÉTODO DE DIFERENCIAS FINITAS IMPLÍCITAS POR EL ESQUEMA DE PREISSMANN	39
3.4.1. Diferencias finitas implícitas y esquema de Preissmann	39
3.4.2. Adaptación de las ecuaciones de Saint-Venant a la geometría del cauce	41
3.4.3. Formulación de las ecuaciones de Saint-Venant en diferencias finitas	49
3.4.4. Condiciones de contorno.....	52
3.4.4.1. Condiciones de contorno internas	52
3.4.4.2. Condiciones de contorno aguas arriba.....	53
3.4.4.3. Condiciones de contorno aguas abajo	54
3.4.5. Condiciones iniciales	55
3.4.6. Régimen mixto	56
3.4.7. Resolución numérica del sistema	57
CAPÍTULO IV.....	59
NORMATIVA APLICABLE	59
4.1. COMITÉ INTERNACIONAL DE GRANDES PRESAS (ICOLD)	59
4.2. GUÍA TÉCNICA PARA CLASIFICACIÓN DE PRESAS EN FUNCIÓN DE SU RIESGO POTENCIAL	60
4.2.1. Presas a clasificar	60
4.2.2. Criterios para la definición de categorías.....	61
4.2.3. Criterios básicos de valoración de afecciones.....	64
4.2.3.1. Riesgo potencial para vidas humanas. Población en riesgo.	64

4.2.3.1.1.	Afecciones graves a núcleos urbanos	64
4.2.3.1.2.	Número reducido de viviendas	64
4.2.3.1.3.	Pérdida incidental de vidas humanas	64
4.2.3.2.	Servicios esenciales	65
4.2.3.3.	Daños materiales	65
4.2.3.4.	Daños medioambientales	66
4.3.	TOPOGRAFÍA	67
4.4.	COEFICIENTES DE RUGOSIDAD	67
4.5.	MODELACIÓN DE LA BRECHA DE ROTURA VS TIEMPO DE ROTURA	68
4.6.	ESCENARIOS DE ROTURA	71
4.7.	MÉTODOS PARA EL ESTUDIO DE LA INUNDACIÓN CONSECUENCIA DE LA ROTURA DE UNA PRESA	73
4.7.1.	Selección del modelo para la simulación hidráulica	73
4.8.	ANÁLISIS DEL RIESGO	76
CAPÍTULO V		77
ÁREA DE ESTUDIO		77
5.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	79
5.2.	GEOMETRÍA DE LA PRESA Y EMBALSE	¡Error! Marcador no definido.
5.3.	INFORMACIÓN HIDROLÓGICA, HIDRÁULICA, METEOROLÓGICA	86
5.3.1.	Subcuencas del río Calderas	87
5.4.	VALLE AGUAS ABAJO	88
5.4.1.	Características del río Calderas	88
5.4.2.	Descripción del valle formada por el río Calderas	90
5.5.	TOPOGRAFÍA PARA EL MODELO	92
5.6.	RUGOSIDAD	93
CAPÍTULO VI		95
APLICACIÓN DEL MODELO Y ANALISIS DE RESULTADOS		95
6.1.	SIMULACIÓN DE LA ONDA DE AVENIDA GENERADA POR ROTURA DE PRESA	95
6.1.1.	Pre-Proceso	96
6.1.2.	Cálculo hidráulico en el HEC-RAS	100
6.1.3.	Post-Proceso	107
6.2.	ESCENARIOS DE ROTURA DE PRESA	108

6.2.1. Rotura sin avenida y embalse a su nivel normal de explotación.....	108
6.2.2. Rotura en situación de avenida y el nivel del embalse en la coronación	112
6.2.3. Hidrogramas:.....	115
6.3. ALTURAS Y VELOCIDADES	118
6.4. RASTER DE ALTURAS Y VELOCIDADES.....	124
6.5. ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN.....	127
6.6. CLASIFICACIÓN DE LA PRESA	132
CONCLUSIONES	135
RECOMENDACIONES	136
BIBLIOGRAFÍA	137