

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OO. SS**



**ANÁLISIS DE INUNDACIÓN CON FINES DE PROTECCIÓN ANTE  
RIESGO DE DESBORDE DEL RÍO SALINAS EN EL SECTOR  
NARANJOS 1 - ENTRE RÍOS**

**Por:**

**Ríos Paz Norma**

**Agosto / 2023**

**Tarija – Bolivia**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OO. SS**

**ANÁLISIS DE INUNDACIÓN CON FINES DE PROTECCIÓN ANTE  
RIESGO DE DESBORDE DEL RÍO SALINAS EN EL SECTOR  
NARANJOS 1 - ENTRE RÍOS**

**Propuesta elaborada en la asignatura CIV 502**

**Por:**

**Ríos Paz Norma**

**Agosto / 2023**

**Tarija – Bolivia**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo, como símbolo de amor y gratitud a mis padres Raúl Ríos y Mirtha Paz por darme su apoyo incondicional en estos años de estudio.

# ÍNDICE

## CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. Antecedentes.....	1
1.2. El problema.....	2
1.2.1. Planteamiento del problema .....	2
1.2.2. Formulación del problema.....	2
1.2.3. Sistematización del problema.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general .....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación.....	4
1.4.1. Justificación teórica .....	4
1.4.2. Justificación metodológica .....	4
1.4.3. Justificación practica .....	5
1.5. Hipótesis .....	5
1.5.1. Hipótesis 1 .....	5
1.5.2. Hipótesis 2 .....	5

## CAPÍTULO II: MARCO DE REFERENCIA

2.1. Marco teórico.....	6
2.1.1. El fenómeno de las inundaciones .....	6
2.1.2. Modelos matemáticos .....	7
2.1.2.1. Modelo de simulación HEC-HMS.....	7
2.1.1.1. Modelación hidráulica en IBER.....	8
2.1.1.2. Modelación hidráulica en HEC-RAC.....	9

2.1.3. Medidas estructurales .....	9
2.1.3.1. Clasificación del tipo de obra .....	10
2.2. Marco conceptual .....	10
2.3. Marco espacial.....	13
2.4. Marco temporal.....	14

### **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

3.1. Tipo y enfoque de investigación.....	15
3.2. Materiales .....	15
3.3. Métodos y técnicas de investigación .....	15
3.4. Operación de variables .....	16
3.5. Recolección de información .....	16
3.6. Análisis e interpretación .....	16

### **CAPÍTULO IV: ESTIMACIÓN DE PARAMETROS**

4.1. Recolección de información básica y preliminar. ....	17
4.1.1. Información cartográfica .....	17
4.1.2. Información climatológica y pluviométrica. ....	18
4.2. Características de la cuenca. ....	18
4.2.1. Delimitación de la cuenca.....	18
4.3. Características físicas y morfométricas de la cuenca .....	19
4.3.1. Características físicas .....	19
4.3.2. Características Morfométricas .....	21
4.3.3. Sistema de drenaje .....	23
4.3.4. Características de relieve de una cuenca .....	26

4.4. Tiempo de concentración de la cuenca.....	27
4.5. Número de curva .....	28
4.5.1. Grupos Hidrológicos de suelos.....	29
4.6. Datos climatológicos y pluviométricos .....	35
4.7. Análisis de consistencia.....	36
4.7.1. Análisis doble masa .....	37
4.8. Análisis de homogeneidad.....	40
4.8.1. Test de Mann-Kendall .....	40
4.9. Polígono de Thiessen.....	42
4.10. Determinación de curvas precipitación, duración y frecuencia .....	43
4.11. Tormenta de proyecto.....	46
4.11.1. Método del bloque alterno.....	46
4.11.2. Generación de caudales máximos.....	49

## **CAPÍTULO V: CARACTERIZACIÓN DE LOS MODELOS HIDRÁULICOS**

5.1. Información topográfica.....	54
5.2. Modelación hidráulica con HEC-RAS.....	55
5.2.1. Importación de DEM.....	55
5.2.2. Creación de área 2D malla y tamaño celdas .....	56
5.2.3. Asignación de condiciones de frontera o contorno .....	57
5.2.4. Asignación de rugosidad de Manning .....	58
5.2.5. Datos de flujo inestable .....	60
5.2.6. Visualización de resultados .....	60
5.3. Modelo bidimensional IBER .....	63

5.3.1. Importación de DEM.....	63
5.3.2. Condiciones de contorno.....	64
5.3.3. Cálculo del modelo bidimensional.....	64
5.3.4. Visualización de resultados.....	65
5.4. Análisis comparativo .....	66
<b>CAPÍTULO VI: DISEÑO DEL DEFENSIVO</b>	
6.1. Cálculo de la estructura de Gaviones.....	67
6.1.1. Dimensionamiento de la plataforma de deformación (Colchoneta).....	68
6.1.2. Cálculo de la estructura del gavión .....	70
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
7.1. Conclusiones.....	77
7.2. Recomendaciones .....	78
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS</b>	
ANEXO I: REPORTES AÉREOS DEL DRON	
ANEXO II: MANUALES DE HEC-RAS E IBER	
ANEXO III: MEMORIA FOTOGRÁFICA	
ANEXO IV: PLANOS	

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Datos de las estaciones pluviométricas.....	18
Cuadro 2 Ubicación de las estaciones más cercanas .....	18
Cuadro 3 Clasificación de las cuencas en función de su tamaño .....	20
Cuadro 4 Valores interpretativos del factor de forma .....	21
Cuadro 5 Valores interpretativos del índice de forma.....	22
Cuadro 6 Clasificación de la red de drenaje .....	25
Cuadro 7 Categoría de clasificación del índice de sinuosidad .....	25
Cuadro 8 Clasificación del terreno en función de la pendiente del cauce principal.....	26
Cuadro 9 Características de la cuenca .....	27
Cuadro 10 Tabla de resultados del tiempo de concentración .....	28
Cuadro 11 Clasificación de clases antecedentes de humedad para el método de abstracción de lluvia del SCS .....	29
Cuadro 12 Asignación del NC de acuerdo al tipo de cobertura .....	31
Cuadro 13 Número de curva ponderado.....	34
Cuadro 14 Abstracción potencial de la cuenca.....	35
Cuadro 15 Registro de precipitaciones anuales de las estaciones más cercanas .....	36
Cuadro 16 Análisis de consistencia estación Entre Ríos .....	37
Cuadro 17 Resumen de análisis de consistencia .....	39
Cuadro 18 Análisis de homogeneidad estación Entre Ríos .....	40
Cuadro 19 Resumen de análisis de homogeneidad .....	42
Cuadro 20 Resumen de polígonos de Thiessen .....	42
Cuadro 21 Precipitaciones máximas.....	44
Cuadro 22 Valores del factor (Kd) .....	44
Cuadro 23 Precipitación y duración de lluvias estación Narvárez .....	45
Cuadro 24 Precipitación y duración de lluvias estación Entre Ríos.....	45
Cuadro 25 Tormenta de diseño para un periodo de retorno de 25 años .....	46
Cuadro 26 Tormenta de diseño para un periodo de retorno de 50 años .....	47



Cuadro 27 Tormenta de diseño para un periodo de retorno de 100 años .....	48
Cuadro 28 Resumen de caudales .....	52
Cuadro 29 Cuadro comparativo entre HEC-RAS e IBER.....	66
Cuadro 30 Detalle de tramos de muro de gaviones .....	67
Cuadro 31 Factor (f )de Lacey.....	68
Cuadro 32 Factor de ajuste de socavación (ksa).....	69
Cuadro 33 Resumen del cálculo de la colchoneta .....	69
Cuadro 34 Datos para el diseño del gavión .....	70
Cuadro 35 Cálculo de momentos.....	71
Cuadro 36 Ensayo SPT- Entre Ríos .....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la provincia O'Connor .....	13
Figura 2 Mosaico de información ASTER-GDEM.....	17
Figura 3 Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración en regiones con pendientes.....	27
Figura 4 Curva doble masa estación patrón vs estación Entre Ríos.....	39
Figura 5 Curvas PDF .....	45
Figura 6 Hietograma de diseño T=25 años.....	47
Figura 7 Hietograma de diseño T= 50 años.....	48
Figura 8 Hietograma de diseño T=100 años.....	49
Figura 9 Cuenca del río Salinas en el HEC HMS.....	50
Figura 10 Hidrograma para T=25 años.....	50
Figura 11 Hidrograma T=50años .....	51
Figura 12 Hidrograma T= 100 años .....	51
Figura 13 Uso de Ras Mapper (Terrain).....	55
Figura 14 Uso de Ras Mapper (Mallas).....	56
Figura 15 Uso de Ras Mapper (Contornos).....	57
Figura 16 Río Salinas- Sector Naranjos 1 .....	58
Figura 17 Uso del modelo IBER .....	63
Figura 18 Uso del modelo IBER (Datos de entrada).....	64
Figura 19 Uso del modelo IBER (Cálculo) .....	64
Figura 20 Resultados del modelo IBER .....	65
Figura 21 Tipos de gaviones.....	67
Figura 22 Periodos de retorno para diseños.....	67
Figura 23 Características del gavión .....	70
Figura 24 Secciones del gavión .....	71

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1 Delimitación de la cuenca del río Salinas.....	19
Mapa 2 Orden de corrientes de la cuenca del río Salinas.....	24
Mapa 3 Grupo hidrológico de suelo de la cuenca del río Salinas.....	30
Mapa 4 Tipo de cubierta vegetal de la cuenca del río Salinas.....	33
Mapa 5 Ubicación de las estaciones más cercanas a la cuenca .....	35
Mapa 6 Poligono de Thiessen.....	43
Mapa 7 Detalles de la topografía del área de estudio .....	54
Mapa 8 Áreas de distribución del coeficiente de rugosidad (n) .....	59
Mapa 9 Tirantes para T=25 años .....	60
Mapa 10 Tirantes para T 50 años .....	61
Mapa 11 Tirantes para T= 100 años .....	62
Mapa 12 Propuesta de gaviones en los predios de la empresa Agronayade.....	75
Mapa 13 Propuesta de gaviones en los predios de la empresa Agronayade.....	76