

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

PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN HIDRÁULICA



**“OBTENCIÓN DEL NÚMERO DE CURVA DE LA CUENCA DEL RÍO
PAJONAL A PARTIR DEL REGISTRO DE IMÁGENES OBTENIDAS
MEDIANTE TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA (SIG)”**

Por:

LÓPEZ CALDERÓN DARÍO LUCIANO

Proyecto de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
“JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de
Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE- I- 2024

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

A mi querido abuelo, cuyo recuerdo sigue siendo una guía y una motivación en mi vida. Aunque ya no estás aquí para ver este logro, tu espíritu y tus lecciones han sido fundamentales para alcanzarlo. Tu sabiduría, amor y ejemplo de vida han sido la luz que ha guiado mi camino. Este trabajo es un tributo a tu legado y a todo lo que me enseñaste. Te llevo siempre en mi corazón.

Tabla de Contenido

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Planteamiento del problema	3
1.4 Formulación del problema.....	4
1.5 Sistematización del problema.....	4
1.6 Objetivos.....	4
1.6.1 Objetivo general.....	4
1.6.2 Objetivos específicos	5
1.7 Justificación.....	5
1.7.1 Justificación teórica.....	5
1.7.2 Justificación metodológica.....	6
1.7.3 Justificación práctica.....	6
1.8 Variables e indicadores	7
1.9 Metodología y plan de trabajo.....	8
1.10 Hipótesis.....	9
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	10
2.1 Marco espacial.....	10
2.1.1 Ubicación administrativa	10
2.2 Marco temporal	11
2.3 Marco conceptual	11
2.3.1 Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	11
2.3.1.1 Aplicaciones a usar.....	13
2.3.1.2 Modelos Digitales de Elevación (MDE)	15
2.3.1.3 Valores básicos que configuran el MDE	16
2.3.1.4 Representación de archivos vectoriales.....	16
2.3.1.5 Representación de archivos ráster	17
2.4 Morfometría.....	19
2.5 Método del Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS).....	20
2.5.1 Número de Curva (CN).....	20

2.5.1.1	Uso de la tierra	21
2.5.1.2	Existencia de obras o medidas de conservación.....	22
2.5.1.3	Condiciones hidrológicas para la infiltración.....	24
2.5.1.4	Grupos hidrológicos de suelo	26
2.5.1.5	Condiciones previas de humedad antecedente del suelo.....	28
2.5.1.6	Modelo digital de elevación	30
CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL TRABAJO		31
3.1	Materiales y equipos.....	31
3.2	Población y muestra	32
3.2.1	Ubicación hidrográfica.....	32
3.2.2	Cuenca de intervención	39
3.2.3	Localización geográfica	40
3.2.4	Estaciones climatológicas	40
3.3	Análisis morfométrico de la cuenca	42
3.3.1	Área o magnitud de la cuenca (A_c)	43
3.3.2	Perímetro (P).....	44
3.3.3	Longitud de la cuenca (L_c).....	44
3.3.4	Índice de Horton (R_f)	45
3.3.5	Índice Gravelius o Compacidad (IC)	46
3.3.6	Relación de elongación (R_e).....	47
3.3.7	Red de drenaje.....	48
3.3.7.1	Tipos de corrientes	48
3.3.7.2	Número de orden del cauce (u) y colector principal	48
3.3.8	Parámetros de relieve	50
3.3.8.1	Elevación media de la cuenca	50
3.3.8.2	Pendiente y perfil del cauce principal	52
3.3.8.3	Pendiente media de la cuenca.....	54
3.3.9	Tiempo de concentración	55
3.3.9.1	Fórmula de Kirpich (1940).....	55
3.3.9.2	Fórmula California Culverts Practice.....	56
3.3.9.3	Fórmula de Ventura	56

3.3.9.4	Fórmula de Témez.....	56
3.4	Insumos para la determinación del número de curva	58
3.4.1	Modelo digital de elevación corregido.....	58
3.4.2	Grupos hidrológicos del suelo.....	60
3.4.3	Uso de la tierra	61
3.4.4	Asignación de los valores del número de curva.....	62
3.4.4.1	Valores para los grupos hidrológicos de suelo	62
3.4.4.2	Valores para el uso de la tierra.....	63
3.5	Tratamiento de los datos para la determinación del número de curva	64
3.5.1	Cálculo del ráster del número de curva.....	67
	CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS	71
	CAPÍTULO 5: COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DEL NÚMERO DE CURVA	74
5.1	Comparación con cuencas próximas	74
5.2	Cálculo de tirantes y comparación con marcas altas de agua.....	79
	CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
6.1	Conclusiones.....	81
6.2	Recomendaciones.....	84
	CAPÍTULO 7: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

Índice de Tablas

Tabla 1. Variables e indicadores identificados para el trabajo de investigación	7
Tabla 2. Datos para el uso de la tierra (columna color rojo)	21
Tabla 3. Datos para las medidas de conservación (columna color rojo)	22
Tabla 4. Datos para condiciones hidrológicas para la infiltración (columna color rojo)	25
Tabla 5. Datos para la permeabilidad del suelo (columna color rojo)	27
Tabla 6. Condiciones de humedad del suelo en atención a las precipitaciones previas	28
Tabla 7. Correspondencia del valor del CN para diferentes condiciones de humedad	29
Tabla 8. Área y cierre de la cuenca	39
Tabla 9. Coordenadas de la cuenca	40
Tabla 10. Datos de las estaciones	41
Tabla 11. Clasificación de las cuencas en función de su tamaño	44
Tabla 12. Forma de la cuenca	45
Tabla 13. Clases de Compacidad	47
Tabla 14. Valores de alargamiento	47
Tabla 15. Clasificación del terreno en función de la pendiente del cauce principal	54
Tabla 16. Tabla de resultados	57
Tabla 17. Resumen de la morfometría de la cuenca en general	57
Tabla 18. Tipos de grupos hidrológicos de la cuenca	60
Tabla 19. Detalle del uso de la tierra	61
Tabla 20. Tabla de búsqueda	63
Tabla 21. Resultados del proceso	72
Tabla 22. Niveles altitudinales	74
Tabla 23. Resumen de los valores del número de curva	77
Tabla 24. Tirantes calculados con HEC-RAS	79

Índice de Mapas

Mapa 1. Mapa político de Entre Ríos.....	10
Mapa 2. Unidades hidrográficas, nivel 1, 2 ,3 y 4	33
Mapa 3. Unidad hidrográfica, nivel 5	34
Mapa 4. Unidad hidrográfica, nivel 6	35
Mapa 5. Cuenca del río Pajonal	39
Mapa 6. Estaciones climatológicas próximas a la cuenca.....	41
Mapa 7. Longitud de la cuenca	44
Mapa 8. Clasificación de los cauces	49
Mapa 9. Mapa de alturas	51
Mapa 10. Longitud del cauce principal y cotas.....	53
Mapa 11. Pendientes de la cuenca.....	54
Mapa 12. Modelo digital de elevación corregido.....	59
Mapa 13. Grupos hidrológicos de suelos	60
Mapa 14. Uso de la tierra	62
Mapa 15. Ráster del número de curva.....	69
Mapa 16. Cuencas del río Pajonal, del río Salinas y del río Serere	75

Índice de Figuras

Figura 1. Representación de un SIG mediante capas de información temática.	11
Figura 2. Operador de vecindad, cálculo de pendientes y orientaciones	15
Figura 3. Modelo digital de elevación usado	16
Figura 4. Esquema de representación ráster de la información contenida en un mapa. ..	18
Figura 5. Ráster usado.....	19
Figura 6. Modelo conceptual para obtener el número de curva	71

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Correspondencia del valor del CN para diferentes condiciones de humedad.	29
Gráfico 2. Modelo digital de elevación.....	30
Gráfico 3. Secuencia para generar las unidades hidrográficas.....	32
Gráfico 4. Tratamiento de las imágenes en Erdas Imagine.....	37
Gráfico 5. Corrección de color.....	37
Gráfico 6. Solapamiento de las imágenes.....	38
Gráfico 7. Mosaico general creado en Erdas Imagine.....	38
Gráfico 8. Modelo digital de elevación y la cuenca.....	42
Gráfico 9. Datos de entrada en Idrisi.....	42
Gráfico 10. Resultados en Idrisi.....	43
Gráfico 11. Hidrogramas según la forma de la cuenca.....	46
Gráfico 12. Curva hipsométrica.....	50
Gráfico 13. Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión.....	50
Gráfico 14. Curva hipsométrica de la cuenca.....	52
Gráfico 15. Perfil del cauce principal de la cuenca.....	52
Gráfico 16. Valores para los grupos hidrológicos de suelo.....	63
Gráfico 17. Tabla de atributos de la entidad uso de la tierra con el campo LUValue.....	64
Gráfico 18. Comando Unión.....	64
Gráfico 19. Fusionar las entidades “Uso_Tierra” y “Tipo_Suelos”.....	65
Gráfico 20. Resultado de la unión.....	65
Gráfico 21. Tabla de atributos de la entidad CN_Poligonos.....	66
Gráfico 22. Convertir el archivo Excel a una tabla.....	66
Gráfico 23. Datos de entrada para crear la tabla.....	67
Gráfico 24. Tabla creada como CNBúsqueda.dbf.....	67
Gráfico 25. Menú de acceso para calcular el CN.....	67
Gráfico 26. Datos a ingresar en la ventana Generate CN Grid.....	68
Gráfico 27. Tabla de atributos de la entidad CN_Poligonos.....	70
Gráfico 28. Datos del número de curva del río Salinas.....	76
Gráfico 29. Datos del número de curva del río Serere.....	77

Índice de Anexos

Anexo 1. Tablas del Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS)	87
Anexo 2. Mapas temáticos	93
Anexo 3. Estudio hidrológico	109
Anexo 4. Estudio hidráulico.....	133