

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



**“COMPARACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA ENTRE
COLCHONETAS Y GEOCELDAS CON RELLENO DE CONCRETO,
APLICADO COMO REVESTIMIENTO DE UN TRAMO DE LA
QUEBRADA EL MONTE DEL BARRIO SALAMANCA”.**

Por:

ALEJANDRO JAVIER SÁNCHEZ.

**SEMESTRE I - 2017
TARIJA – BOLIVIA**

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

**“COMPARACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA ENTRE
COLCHONETAS Y GEOCELDAS CON RELLENO DE CONCRETO,
APLICADO COMO REVESTIMIENTO DE UN TRAMO DE LA
QUEBRADA EL MONTE DEL BARRIO SALAMANCA”.**

Por:

ALEJANDRO JAVIER SÁNCHEZ.

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

**SEMESTRE I - 2017
TARIJA – BOLIVIA**

Msc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez.
DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA.

Msc. Ing. Silvana Paz Ramírez.
VICEDECANA FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA.

TRIBUNAL:

Ing. Ivar Fernando Colodro Mendivil.
TRIBUNAL 1

Ing. Moisés Perales Avilés.
TRIBUNAL 2

Ing. Mario Carmelo Gamarra Mendoza.
TRIBUNAL 3

HOJA DE EVALUACIÓN

EVALUACIÓN CONTINUA:

Fecha de presentación:

Calificación numeral:

Calificación literal:

Nombre y firma docente CIV 502:

EVALUACIÓN FINAL:

Fecha de presentación y defensa:

Calificación numeral:

Calificación literal:

Nombre y firma tribunal 1:

Nombre y firma tribunal 2:

Nombre y firma tribunal 3:

CALIFICACIÓN FINAL:

Evaluación continua (40%):

Evaluación final (60%):

Calificación final:

Nombre y firma docente CIV 502:

El docente y tribunal evaluador del Proyecto de Ingeniería Civil no se solidarizan con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleadas en la elaboración del presente trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidades del autor.

DEDICATORIA

A mi madre, Mirtha, a mi prima y amiga,
Pamela, a mis queridos tíos, Nena y Eduardo,
y en especial a mi abuela, Miriam, que se
encuentra en la gracia Dios.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, por haberme dado la vida y las oportunidades de llegar hasta este momento.

A mi abuela Miriam, por ser el pilar fundamental en mi educación como persona, pero más que nada, por su cariño.

A los amigos que conocí en la universidad, Esteban, Jorge, Augus, Tania, Lorem, Pajarito, Darwin, Novak, Alberto, Luis y Yhessica, gracias por su sincera amistad y por el apoyo de siempre.

A mis amigos de infancia, Carlos, Vale y Sebas, que me animaron y acompañaron en todo momento.

A la universidad y a mis maestros, en especial al Ing. Moisés Perales y Ing. Adel Cortéz, por el tiempo y comprensión compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación.

Y a los tribunales de mi proyecto por su colaboración y consejos.

PENSAMIENTO:

“La mente no se conforma; está ahí. Su calidad depende del uso que hagas de ella”

Alejandro Jodorowsky.

RESUMEN

El presente trabajo por adscripción pretende brindar una comparación técnica entre colchonetas de gavión y geoceldas, tomando en cuenta los criterios de rugosidad de superficie, durabilidad ante velocidades críticas del flujo y tiempo de ejecución. La comparación económica se basa en el análisis de precios unitarios y cotizaciones realizadas en nuestro medio; el resultado de comparación tanto técnica como económica se realiza para definir el recubrimiento para la situación más adecuada, adoptando los criterios estudiados.

Es por tal razón que la elaboración de ésta comparación surge como respuesta a la necesidad de conocer experiencia y criterios constructivos acerca de alternativas de revestimientos en ríos ante el tradicional uso de gaviones en nuestro medio.

En el desarrollo del cálculo, se realiza el modelado de la cuenca de quebrada “El Monte” en el software “ArcGIS”, donde se calcula las características morfológicas físicas y de relieve; posteriormente se estima el número de curva utilizando información del estudio Zonisig, partiendo de información de hietogramas de la estación “El Tejar”, la cual fue ajustada por SENAMHI, UMSA e IHH en 2013, se realiza la estimación de caudales máximos por el software HEC-HMS utilizando el método de pérdidas del número de curva y el hidrograma unitario de SCS, también se midió en campo un dato histórico de altura de crecida de la quebrada en el puente ubicado en el barrio “Salamanca” detrás del hospital San Juan de Dios del que se calculó el caudal máximo por continuidad para comparar con resultados obtenidos de la simulación hidráulica.

Por último, la simulación hidráulica se la realiza mediante el software HEC-RAS donde se estudia los resultados de comportamiento de flujo utilizando la topografía para el modelado de flujo sobre el terreno natural, con el revestimiento de colchonetas y de geoceldas con relleno de concreto.

Los resultados obtenidos del análisis son los siguientes:

TIPO DE REVESTIMIENTO	PRECIO (BS)	TIEMPO DE EJECUCIÓN (DÍAS)	RUGOSIDAD (ADIM)	RESISTENCIA A V_{crit} (m/s)
Gaviones	5,650,921.07	167	0.020-0.027	4.2
Colchonetas	4,051,764.30	121	0.020-0.027	4.2
Geoceldas	3,290,785.87	107	0.013	8.0

ÍNDICE DE DOCUMENTO

1.	Introducción.....	1
1.1.	Antecedentes	1
1.2.	Problema de investigación	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.	Justificaciones del proyecto	4
1.4.1.	Justificación técnica.....	4
1.4.2.	Justificación social.....	4
1.4.3.	Justificación académica	4
1.4.4.	Justificación ambiental	5
1.4.5.	Justificación institucional	5
1.5.	Marco de referencia	5
1.5.1.	Marco teórico.....	5
1.5.1.1.	Hidrología.....	5
1.5.1.2.	Hidráulica fluvial.....	5
1.5.1.3.	Revestimientos de ríos para la protección de riberas e inundaciones	5
1.5.2.	Marco conceptual	7
1.5.3.	Marco espacial	7
1.5.4.	Marco temporal.....	8
1.6.	Alcance	8

2. Hidrología	10
2.1. Generalidades	10
2.2. Ciclo hidrológico	11
2.3. Caracterización morfológica de la cuenca.....	12
2.3.1. Microlocalizacion	12
2.3.2. Elementos básicos del río	14
2.3.2.1. Suelo.....	14
2.3.2.2. Vegetación.....	17
2.3.2.3. Clima	23
2.3.3. Parámetros fisiográficos de la cuenca	23
2.3.3.1. Área	23
2.3.3.2. Perímetro	25
2.3.3.3. Longitud de la cuenca	26
2.3.3.4. Forma de la cuenca.....	27
2.3.3.4.1. Índice de Horton	27
2.3.3.5. Características de la red de drenaje	28
2.3.3.5.1. Tipo de corriente	28
2.3.3.5.2. Número de orden del cauce	28
2.3.4. Parámetros de relieve.....	31
2.3.4.1. Elevación media de la cuenca	31
2.3.4.2. Pendiente y perfil del cauce principal	32
2.4. Determinación de caudales máximos	33
2.4.1. Periodo de retorno	33
2.4.2. Tiempo de concentración.....	34
2.4.3. Número de curva (CN)	37

2.4.4.	Tormenta de proyecto o diseño	40
2.4.5.	Procesamiento y análisis de datos estación “El Tejar”	44
2.4.5.1.	Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia estación “El Tejar”	44
	Determinación coeficiente Kd – Estación “El Tejar”	49
2.4.6.	Simulación de caudales máximos.....	51
2.4.6.1.	Introducción	51
2.4.6.2.	Componentes del software HEC-HMS	52
2.5.	Resultados simulación de crecidas HEC-HMS	55
3.	Hidráulica Fluvial	57
3.1.	Generalidades	57
3.2.	Hidráulica en canales abiertos	57
3.2.1.	Introducción.....	57
3.2.2.	Tipos de flujo.....	57
3.2.3.	Velocidad de flujo en canales.....	59
3.2.4.	Rugosidad en canales.....	60
3.2.5.	Estudio de la quebrada.....	66
3.2.5.1.	Topografía	66
3.2.5.2.	Granulometría.....	66
3.2.5.3.	Marcas históricas de crecidas	67
3.2.6.	Análisis de flujo mediante HEC-RAS	68
3.3.	Resultados simulación crecidas en HEC-RAS	70
4.	Tipos de revestimiento para canalización en ríos.....	72
4.1.	Gaviones	72
4.1.1.	Introducción.....	72
4.1.2.	Tipos de gavión	72

4.1.3.	Ficha técnica.....	75
4.1.4.	Instalación.....	77
4.1.5.	Rugosidad en canales.....	79
4.2.	Geoceldas.....	81
4.2.1.	Introducción.....	81
4.2.2.	Ficha técnica.....	83
4.2.3.	Instalación y armado.....	96
5.	Análisis de precios unitarios y tiempo de ejecución.....	100
5.1.	Presupuesto.....	100
5.1.1.	Cómputos métricos.....	100
5.1.2.	Precios unitarios.....	100
5.1.3.	Presupuesto.....	101
5.1.4.	Resultados.....	102
5.2.	Planificación.....	102
6.	Análisis de resultados.....	104
6.1.	Comparación técnica.....	104
6.1.1.	Durabilidad.....	104
6.1.2.	Rugosidad de superficie.....	104
6.1.3.	Comportamiento de flujo.....	105
6.2.	Comparación económica.....	105
6.3.	Tiempo de ejecución.....	105
	Conclusiones.....	106
	Recomendaciones.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Leyenda de vegetación según Zonisig.....	19
Tabla 2.2. Categorización de vegetación en quebrada “El Monte”.....	21
Tabla 2.3. Valores de factor de forma.	27
Tabla 2.4. Periodos de retorno sugeridos en obras hidráulicas.	33
Tabla 2.5. Condiciones antecedentes de humedad básicas.....	39
Tabla 2.6. Clasificación de antecedentes de humedad (AMC) para el método de abstracciones de lluvia del SCS.	39
Tabla 2.7. Ecuación IDF de mejor ajuste para el rango de duraciones: $5 \text{ min} \leq D \leq 1440 \text{ min}$. Estación: El Tejar.	46
Tabla 2.8. Valores de la curva IDF para duraciones: $5 \text{ min} \leq D \leq 1440$	47
Tabla 2.9. Valores del factor Kd y su promedio, para $5 \text{ min} \leq D \leq 1440 \text{ min}$. Estación: El Tejar.....	50
Tabla 2.10. Valores del factor Kd independientes del periodo de retorno, para $5 \text{ min} \leq D \leq 1440 \text{ min}$. Estación: El Tejar.	50
Tabla 2.11. Descripción de los modelos hidrológicos de una cuenca en HEC-HMS	52
Tabla 2.12. Métodos para los cálculos en las subcuencas y los canales.....	53
Tabla 2.13. Métodos del modelo meteorológico	54
Tabla 2.14. Datos de entrada al software.....	55
Tabla 2.15. Resultados caudales obtenidos por la simulación AMC (II).	56
Tabla 2.16. Resultados caudales obtenidos por la simulación AMC (III).....	56
Tabla 3.1. Coeficiente de rugosidad "n".....	62
Tabla 3.2. Granulometría de la quebrada "El Monte".	66
Tabla 3.3. Clasificación de muestra de suelo - quebrada "El Monte".	67
Tabla 4. 1. Dimensiones gavión tipo caja.....	73
Tabla 4. 2. Dimensiones del gavión tipo colchón.	74
Tabla 4. 3. Efectos de corrosión y vida útil en mallas de gavión.	76
Tabla 4.4. Coeficientes de Manning para revestimiento con gaviones.	80
Tabla 4.5. Resistencia mínima a la rotura en tendones.	86
Tabla 4.6. Tamaño de agregado para relleno recomendado.	92
Tabla 5. 1. Presupuesto general de revestimientos en ríos.	102

Tabla 6. 1. Resumen de valores de velocidad y esfuerzo de arrastre crítico para revestimientos en ríos.	104
Tabla 6. 2. Resumen de valores del coeficiente de rugosidad de Manning “n”.	104
Tabla 6. 3. Resumen de presupuesto general de gaviones y geoceldas.	105
Tabla 6. 4. Resumen de tiempo de ejecución de gaviones y geoceldas.	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Esquema de gavión.	6
Figura 1.2. Protección de taludes con geoceldas.	6
Figura 2.1. Esquema del ciclo hidrológico con sus componentes	11
Figura 2.2. Localización quebrada "El Monte".	13
Figura 2. 3. Localización del emplazamiento proyecto de obras de protección.....	13
Figura 2.4. Caracterización del grupo hidrológico de suelos según SCS en la quebrada "El Monte".	16
Figura 2.5. Caracterización de vegetación según Ven Te Chow en la quebrada "El Monte".	22
Figura 2.6. Área de la cuenca quebrada "El Monte".	24
Figura 2.7. Perímetro de la cuenca quebrada "El Monte".	25
Figura 2. 8. Longitud de la cuenca L_c en Google Earth.	26
Figura 3. 1. Flujo laminar	58
Figura 3.2. Flujo turbulento en una rápida.	59
Figura 3.3. Curva de distribución granulométrica - quebrada "El Monte"	67
Figura 3. 4. Sección de marca histórica registrada en puente.....	67
Figura 4. 1. Gavión tipo caja.	74
Figura 4. 2. Gavión tipo colchón.	74
Figura 4.3. Instalación de gaviones 1er paso.....	77
Figura 4.4. Instalación de gaviones 2do paso.....	78
Figura 4.5. Instalación de gaviones 3er paso.....	78
Figura 4.6. Instalación de gaviones 4to paso.....	79
Figura 4.7. Cauce de un río revestido con gaviones.	79
Figura 4.8. Sistema de confinamiento celular.	82
Figura 4.9. Sistema de confinamiento celular con relleno de concreto	82
Figura 4.10. Componentes del sistema de confinamiento celular.	83
Figura 4.11. Dimensiones y profundidad de geoceldas.....	84
Figura 4.12. Vista microscópica de geotextil no tejido punzonado por agujas.	85
Figura 4.13. Paso del agua a través del sistema de geotextil no tejido.....	85
Figura 4.14. Geotextil no tejido punzonado por agujas.....	85

Figura 4.15. Tendones polímeros aplicados en geoceldas.....	86
Figura 4.16. Anclaje patentado marca ATRA®.	87
Figura 4.17. Anclaje de fierro corrugado.	87
Figura 4.18. Esquema de protección de pie de talud según la socavación.	88
Figura 4.19. Talud con geoceldas rellenas con cobertura vegetal.	90
Figura 4.20. Talud con geoceldas rellenas de agregado.	92
Figura 4. 21. Talud con geoceldas rellenas de concreto.	95
Figura 4.22. Altura de geoceldas según velocidades de flujo.	96
Figura 4.23. Colocación de geotextil.....	97
Figura 4.24. Colocación de geoceldas sobre el talud.	98
Figura 4.25. Distribución de hormigón sobre geoceldas.	99

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A – Hidrología.....A.1

Anexo B – Simulación hidráulica.....B.1

Anexo C – Topografía y estudio campo.....C.1

Anexo D – Precios unitarios y planificación.....D.1

