



**UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES DE
CHIMBOTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DEL MURO DE GAVIONES PARA
MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA DE LA MARGEN
DERECHA DEL RÍO SUYRURUYUCC, EN LA LOCALIDAD
DE SAUCEPAMPA, DISTRITO DE AHUAYRO, PROVINCIA
DE CHINCHEROS, REGIÓN APURÍMAC – 2023**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR

**HERRERA PORRAS, EDWIN MICHAEL
ORCID: 0000-0003-1226-5113**

ASESOR

**LEÓN DE LOS RÍOS, GONZALO MIGUEL
ORCID: 0000-0002-1666-830X**

CHIMBOTE, PERÚ

2023



FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA N° 0033-110-2024 DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME DE TESIS

En la Ciudad de **Chimbote** Siendo las **20:30** horas del día **26** de **Enero** del **2024** y estando lo dispuesto en el Reglamento de Investigación (Versión Vigente) ULADECH-CATÓLICA en su Artículo 34º, los miembros del Jurado de Investigación de tesis de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, conformado por:

PISFIL REQUE HUGO NAZARENO Presidente
SOTELO URBANO JOHANNA DEL CARMEN Miembro
CAMARGO CAYSAHUANA ANDRES Miembro
Mgtr. LEON DE LOS RIOS GONZALO MIGUEL Asesor

Se reunieron para evaluar la sustentación del informe de tesis: **EVALUACIÓN DEL MURO DE GAVIONES PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO SUYRURUYUCC, EN LA LOCALIDAD DE SAUCEPAMPA, DISTRITO DE AHUAYRO, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGIÓN APURÍMAC - 2023**

Presentada Por :
(3101192031) **HERRERA PORRAS EDWIN MICHAEL**

Luego de la presentación del autor(a) y las deliberaciones, el Jurado de Investigación acordó: **APROBAR** por **MAYORIA**, la tesis, con el calificativo de **14**, quedando expedito/a el/la Bachiller para optar el TITULO PROFESIONAL de **Ingeniero Civil**.

Los miembros del Jurado de Investigación firman a continuación dando fe de las conclusiones del acta:

PISFIL REQUE HUGO NAZARENO
Presidente

SOTELO URBANO JOHANNA DEL CARMEN
Miembro

CAMARGO CAYSAHUANA ANDRES
Miembro

Mgtr. LEON DE LOS RIOS GONZALO MIGUEL
Asesor



CONSTANCIA DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

La responsable de la Unidad de Integridad Científica, ha monitorizado la evaluación de la originalidad de la tesis titulada: EVALUACIÓN DEL MURO DE GAVIONES PARA MEJORAR LA DEFENSA RIBEREÑA DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO SUYRURUYUCC, EN LA LOCALIDAD DE SAUCEPAMPA, DISTRITO DE AHUAYRO, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGIÓN APURÍMAC - 2023 Del (de la) estudiante HERRERA PORRAS EDWIN MICHAEL, asesorado por LEON DE LOS RIOS GONZALO MIGUEL se ha revisado y constató que la investigación tiene un índice de similitud de 0% según el reporte de originalidad del programa Turnitin.

Por lo tanto, dichas coincidencias detectadas no constituyen plagio y la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote.

Cabe resaltar que el turnitin brinda información referencial sobre el porcentaje de similitud, más no es objeto oficial para determinar copia o plagio, si sucediera toda la responsabilidad recaerá en el estudiante.

Chimbote, 12 de Marzo del 2024



Mgtr. Roxana Torres Guzman
RESPONSABLE DE UNIDAD DE INTEGRIDAD CIENTÍFICA

Jurado

Dedicatoria

Dedico este trabajo:

A Dios: por darme fuerza y sabiduría durante todo este proceso de investigación.

A mis padres y hermanos: quienes siempre me apoyaron en cada paso que di. A mi padre Francisco quien ya descansa en paz, a mi madre Margarita por su apoyo incondicional y a mis hermanos Damian y Eder.

A mi pareja Flor: por su paciencia, apoyo y amor incondicional.

A mis profesores: por su enseñanza y orientación durante mi formación académica.

En especial, a mi asesor de tesis, por su apoyo y confianza en mi trabajo.

A mí mismo: por haber cumplido uno de mis sueños más grandes. Por haber luchado contra las adversidades, por haber aprendido de mis errores, por haber crecido como persona y como profesional. Esta tesis es el resultado de mi esfuerzo y determinación.

Agradecimiento

Doy gracias a Dios por darme la vida y permitirme culminar mi tesis.

A la persona muy especial en mi vida quien es mi pareja, le agradezco por su amor incondicional y apoyo emocional, GRACIAS por confiar en mí.

Agradezco a mi madre, quien me brindo su amor y apoyo incondicional durante este proceso, GRACIAS por creer en mí siempre y a mis hermanos quienes vieron en mi un ejemplo a seguir.

A todas las personas que participaron en este estudio, su colaboración fue esencial para la realización de este trabajo, MUCHAS GRACIAS por su tiempo y disposición.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor de tesis, quien con su sabiduría y experiencia guío este trabajo de investigación de manera excepcional.

Y finalmente, quiero dedicar este trabajo a la memoria de mi padre, quien fue mi inspiración y mi ejemplo a seguir. Este logro es también tuyo, PADRE, TE QUIERO Y TE EXTRAÑO. Y también agradezco a quienes en vida fueron mis abuelos Sabino y Hermenegildo por motivarme a seguir adelante.

Índice General

Carátula.....	i
Jurado	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Índice General.....	vii
Lista de Tablas.....	x
Lista de Figuras	xi
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes	4
2.1.1. Antecedentes internacionales.	4
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	4
2.1.3. Antecedentes locales.....	7
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. Evaluación del muro de gaviones.....	8
2.2.1.1. Gaviones.....	8
2.2.1.1.1. Tipos de gaviones.	8
2.2.1.1.2. Composición del gavión.	8
2.2.1.2. Muro de gaviones.....	9
2.2.1.3. Evaluación del muro de gaviones.	9
2.2.1.3.1. Dimensiones de los gaviones.....	9
2.2.1.3.2. Malla galvanizada.....	9
2.2.1.3.3. Relleno de piedra.	10
2.2.1.3.4. Geotextil.	10
2.2.1.3.5. Muro de gaviones.	10
2.2.2. Mejorar la defensa ribereña.	11
2.2.2.1. Defensa ribereña.	11
2.2.2.2. Mejorar la defensa ribereña.....	11
2.3. Hipótesis.....	12
III. METODOLOGÍA	13

3.1. Nivel, Tipo y Diseño de Investigación.....	13
3.2. Población y Muestra.....	13
3.2.1. La población.	13
3.2.2. La muestra.	13
3.3. Variables, Definición y Operacionalización.....	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	16
3.5. Método de análisis de datos.....	16
3.6. Aspectos Éticos	16
3.6.1. Respeto y protección de los derechos de los intervinientes.....	16
3.6.2. Cuidado del medio ambiente.	16
3.6.3. Libre participación por propia voluntad.	16
3.6.4. Beneficencia, no maleficencia.	17
3.6.5. Integridad y honestidad.	17
3.6.6. Justicia.	17
IV. RESULTADOS.....	18
4.1. Respuesta a mi primer objetivo específico.....	18
4.1.1. Dimensiones del gavión.	18
4.1.2. Evaluación de la malla galvanizada.	18
4.1.3. Relleno de piedra.	19
4.1.4. Geotextil.	20
4.1.5. Muro de gaviones.	20
4.2. Respuesta a mi segundo objetivo específico.	21
4.2.1. Mejora de la defensa ribereña.....	21
V. DISCUSIÓN.....	23
5.1. Dimensiones del gavión.	23
5.2. Malla galvanizada.....	24
5.3. Relleno de piedra.....	24
5.4. Geotextil.	24
5.5. Muro de gaviones.	25
VI. CONCLUSIONES.....	26
VII. RECOMENDACIONES.....	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
ANEXOS	31

Anexo 01. Matriz de consistencia	31
Anexo 02. Instrumento de recolección de información	33
Anexo 03. Validez del instrumento	35
Anexo 04. Confiabilidad del instrumento	37
Anexo 05. Formato de consentimiento informado.....	39
Anexo 06. Documento de aprobación de institución para la recolección de información	40
Anexo 07. Evidencias de ejecución	41
Anexo 8. Otros	51

Lista de Tablas

Tabla 1: Variables, definición y operacionalización.	14
Tabla 2: Dimensiones del gavión.	18
Tabla 3: Evaluación de la malla galvanizada.	18
Tabla 4: Evaluación del relleno de piedra.	19
Tabla 5: Evaluación del geotextil.	20
Tabla 6: Evaluación del muro de gaviones.....	20
Tabla 7: Medidas comerciales de los gaviones.	23
Tabla 8: Matriz de consistencia.	31

Lista de Figuras

Figura 1: Es el porcentaje de los que creen que va haber mejora o no, después de la evaluación.....	21
Figura 2: Ubicación del muro de gaviones.....	42
Figura 3: Localización del lugar donde se realizó la investigación.	42
Figura 4: Vista panorámica del muro de gavión.	43
Figura 5: Llenado de fichas de evaluación en el lugar de la investigación.....	43
Figura 6: Se está realizando la medición del muro de gavión.....	44
Figura 7: Inicio del muro de gavión.....	44
Figura 8: Final del muro de gavión, termina en la progresiva 0+250.	45
Figura 9: Como se visualiza el agua está llegando al primer nivel del muro de gavión de tipo caja.....	45
Figura 10: Se visualiza vegetación creciendo en el gavión y una roca que se salió de su posición original.....	46
Figura 11: El gavión del segundo nivel se asentó debido a que se salieron las piedras pequeñas.....	46
Figura 12: La vegetación está creciendo en el muro de gavión.	47
Figura 13: Se visualiza una roca con longitud inferior a los 10 cm.	47
Figura 14: El colchón Reno se encuentra enterrado por la sedimentación del río.	48
Figura 15: Rotura de malla en el colchón Reno.	48
Figura 16: El geotextil está expuesto a la intemperie.....	49
Figura 17: Se ve que el agua está socavando el colchón reno y a su vez ha desprendido el geotextil.....	49
Figura 18: Se visualiza dos piedras fracturadas.	50
Figura 19: Se visualiza rocas con dimensiones desde 5cm hasta 60cm.....	50

Resumen

La localidad de Saucepampa, cuenta con un muro de gaviones de 250 metros lineales. El problema planteado fue: ¿La evaluación del muro de gaviones mejorará la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa del distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023? Tuvo como objetivo general: Evaluar el muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023. La metodología que posee es de nivel exploratorio, tipo aplicada y diseño no experimental con técnicas de observación directa y encuesta. Obtuvo como resultado: rotura de la malla galvanizada en el colchón de 60cm x 40cm, las rocas son variables en tamaño desde 5cm hasta 60cm, el geotextil quedó expuesto en la parte final del gavión tipo caja en forma de triángulo con longitudes de 1m x 2m, en el colchón Reno el geotextil fue arrasado debido a que el agua lo socavo en una longitud de 24 metros, hay dos asentamientos en el segundo nivel del gavión tipo caja debido a que se salieron las piedras pequeña y mala colocación de rocas, la vegetación de a poco está asociándose con el muro de gavión. La conclusión fue: el muro de gavión del río Suyruruyucc de la localidad de Saucepampa está abandonado y el 90% de los pobladores creen que después de realizado la evaluación se va hacer las mejoras respectivas.

Palabra Clave: Evaluación del muro de gavión, Mejora de la defensa ribereña, Muro de contención.

Abstract

The town of Saucepampa has a gabion wall of 250 linear meters. The problem posed was: Will the evaluation of the gabion wall improve the riverside defense of the right bank of the Suyruruyucc river, in the town of Saucepampa in the district of Ahuayro, province of Chincheros, Apurímac region - 2023? Its general objective was: Evaluate the gabion wall to improve the riverside defense of the right bank of the Suyruruyucc river, in the town of Saucepampa, Ahuayro district, Chincheros province, Apurímac region - 2023. The methodology I have is of an exploratory level, applied type and non-experimental design with direct observation and survey techniques. The result was: breakage of the galvanized mesh in the 60cm x 40cm mattress, the rocks are variable in size from 5cm to 60cm, the geotextile was exposed in the final part of the triangle-shaped box-type gabion with lengths of 1m x 2m, in the Reno mattress the geotextile was destroyed because the water undermined it in a length of 24 meters. There are two settlements on the second level of the box-type gabion due to the small stones coming out and poor placement of rocks, the vegetation little by little it is becoming associated with the gabion wall. The conclusion was: the gabion wall of the Suyruruyucc river in the town of Saucepampa is abandoned and 90% of the residents believe that after the evaluation has been carried out, the respective improvements will be made.

Key Words: Gabion wall evaluation, Improvement of river defense and Retaining wall.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema.

A nivel mundial, como señala la United Nations Environment Program¹ “En los últimos cinco años, una de cada cinco cuencas fluviales ha presentado fluctuaciones en las aguas superficiales fuera de su área de distribución natural”. Menciona World Meteorological Organization², desde 1970 a 2012 en el mundo los peligros meteorológicos, hídricos y climáticos representaron el 50% de todos los desastres, 45% de todas las muertes y 74% de todas las pérdidas económicas, traduciendo sería 2,06 millones de muertes y 3,8 billones de dólares en pérdidas económicas.

En el Perú, según Aliados Ante Inundaciones³ “Existen muchas zonas bajo el riesgo de inundación. En particular son vulnerables aquellas poblaciones de sierra y selva, que ven periodos de precipitaciones anualmente y que se han asentado cerca de los caudales de los ríos”.

La Autoridad Nacional del Agua⁴ describe, en los departamentos de Ancash, La Libertad, Lambayeque, Piura, Tumbes, Moquegua e Ica se tiene 1253 defensas ribereñas de los cuales 46.21% están en un estado bueno, 44.29% en estado regular, 3.91% en estado malo y el restante que es 5.59% colapsaron.

La cuenca del río Pampas abarca territorios de Huancavelica, Ayacucho y Apurímac; con un área de 2 323 637 hectáreas, de las cuales el 66.33% es tierra con alto riesgo, el 31.35% es tierra con moderado riesgo, el 1.39% es tierra con ligero riesgo y el resto son nevadas, lagunas y poblados⁵.

En el ámbito local narra el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico⁶, el puente Pampas une el departamento de Apurímac y Ayacucho, el cual es afectado constantemente por embalses producto de represamientos producidos por derrumbes en el margen izquierdo; en el 2011 sucedió un embalse el cual destruyó la infraestructura del puente dejando solo los estribos además en el margen derecho se generó agrietamiento de 2 a 5 cm, postes de tendido eléctrico inclinados, casa socavadas y se llevó 200 unidades de truchas de las piscigranjas. La localidad de Saucepampa se encuentra en las inmediaciones del río Suyuruyucc (desemboca en el río Pampas), en el distrito de Ahuayo, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, por cuya ribera hay chacras con cultivos de palto, cítricos, chirimoyas y otros.

El río Suyruruyucc desemboca en el río Pampas, en este desemboque tiene una defensa ribereña en la margen derecha el cual es de muro de gaviones con una longitud de 250 metros, el cual hasta el momento ha cumplido con proteger a las chacras de cultivos del desborde. Revisando el muro de gaviones se pudo notar que hay un tramo de malla rota con las dimensiones de 40cm x 60 cm, las piedras no son de tamaño uniforme, son muy grandes y pequeñas que se salen de la malla con facilidad.

1.2. **Formulación del problema.**

¿La evaluación del muro de gaviones mejorará la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023?

1.3. **Justificación.**

- **Justificación teórica.**

Como menciona Bernal⁷, “En investigación hay una justificación teórica cuando el propósito del estudio es generar reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente, confrontar una teoría, contrastar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente”.

Esto hace referencia a recolectar toda información existente respecto al tema a investigar para luego confrontar y contrastar los resultados.

- **Justificación práctica.**

“Se considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo”⁷.

Teniendo en cuenta lo mencionado, en esta investigación se va evaluar el muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña.

- **Justificación metodológica.**

Como menciona Cortes⁸, “Razones que sustentan un aporte por la utilización o creación de instrumentos y modelos de investigación”.

A lo que indica en esta investigación se utilizara instrumentos y modelos de investigación ya elaboraos por otros.

1.4. Objetivo general y específicos.

1.4.1. Objetivo general.

Evaluar el muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023.
- Determinar la mejora de la defensa ribereña en la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Como hace notar Cagua et al⁹, Ecuador, en su tesis “Diseño de 100 metros de muro de gaviones en la margen derecha del río Vinces comprendido entre las abscisas 0+683 - 0+783 de la vía Banepo, ubicado en la parroquia Balzar de Vinces, cantón Vinces, provincia de Los Ríos”. Tuvo como objetivo diseñar un muro de gaviones en la margen derecha del río Vinces comprendido entre las abscisas 0+683 - 0+783 de la vía Banepo, para protegerla de la erosión que pone en peligro las viviendas, carretera y centro educativo del sector. La metodología que se utilizó en la investigación es cuantitativa. Se obtuvo como resultado, tres tipos de estratos en las cuales los muros de gaviones van estar en contacto: arena limosa mal gradada con una altura de 3 metros, lomo de alta plasticidad con arena fina con una altura de 1.50 metros y limo de baja plasticidad con una altura de 2 metros; el dimensionamiento de los muros cumplió con la verificación de análisis estático y dinámico. Se concluyó dando como resultado el diseño del muro de gavión con las siguientes medidas: altura de 6.5m, seis filas de un metro de alto más 0.5 m de cimentación y el ancho inferior que es la cimentación mide 6m y el ancho de la corana que está en la parte superior mide 1.5m; se implementaron cajones con 3 dimensiones diferentes a fin de que exista el traslape entre los gaviones y otro para la cimentación.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

De acuerdo con Pérez¹⁰, Huancayo, en su investigación titulada “Evaluación del diseño hidráulico y estructural de las defensas ribereñas en la margen izquierda del puente Comuneros”. Su objetivo fue, determinar los parámetros hidrológicos para el diseño de defensas ribereñas para el puente Comuneros, Huancayo, margen izquierda. La metodología aplicada en esta investigación es de tipo aplicada con nivel descriptivo. El resultado obtenido para el diseño de gaviones y muros de gravedad se verificó la estabilidad de la estructura por volteo y deslizamiento, obteniendo mayor a 1.5 y la capacidad portante del suelo

mayor al esfuerzo actuante. Concluyo, eligiendo la mejor alternativa para el diseño de defensa ribereña es el muro de gravedad por cumplir con la estabilidad estructural e hidráulica.

Hace notar Nalvarte¹¹, Ayacucho, en su investigación titulada “Evaluación y mejoramiento de la defensa ribereña para la protección del campo deportivo monumental de Muyurina en el centro poblado de Muyurina, empleando el algoritmo sfm-dmv en el distrito de tambillo, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho-2022”. Su objetivo fue, evaluar y diseñar la defensa ribereña para proteger el campo deportivo Monumental de Muyurina, del distrito de Tambillo, provincia de huamanga, del departamento de Ayacucho. Su metodología utilizada fue de tipo exploratorio con un nivel cualitativo. El resultado logrado es que los gaviones tienen una altura de 2.20 metros con un ancho de 0.95 metros y el río tiene un caudal de 139.520 m³/s. Concluyo su investigación mencionando la construcción de una defensa ribereña adicional con mayor altura y así evitar que en máximas avenidas colapse el muro de gavión existente.

Como menciona Diaz¹², Junin, en su tesis “Diseño de la defensa ribereña con el uso de gaviones, en el puente Timarini 1, para la mejora de la condición hídrica, en el centro poblado de Paratushali, distrito de Satipo, provincia Satipo, región Junín – 2020”. Tuvo como objetivo, “Evaluar y Diseñar la defensa ribereña con el uso de Gaviones, en el puente Timarini 1, para la mejora de la condición hídrica en el centro poblado de Paratushali, distrito de Satipo, provincia Satipo, región Junín – 2020”. La metodología que utilizó en esta investigación es de tipo aplicada y descriptivo con un estudio exploratorio y cualitativo. El resultado que obtuvo es que su defensa ribereña natural ya está deficiente y la estructura del puente también ya está empezando a tener deficiencias. En conclusión, la defensa ribereña actual presenta serias deficiencias debido a que es relleno natural, por ello se planteó hacer los muros de gaviones para solucionar y evitar futuros problemas.

Según Rios¹³, Huánuco, en su tesis “Diseño de muro de gaviones para protección contra inundaciones en la localidad Huaracalla – Huaylla

- Chacapampa, ambos márgenes del Río Huallaga, en el distrito de Ambo, provincia de Ambo, región Huánuco – 2023”. El objetivo de esta investigación fue, diseñar el muro de gaviones para protección contra inundaciones en la localidad Huaracalla – Huaylla - Chacapampa, ambos márgenes del río Huallaga, en el distrito de Ambo, provincia de Ambo, región Huánuco – 2023. La metodología planteada en esta investigación aplicada, descriptivo transversal. El resultado que obtuvo, a través del diseño es hacer un muro de gavión con la finalidad que esta evite la erosión en las crecidas del y así ya no dañe la estructura del puente. Concluyó, diseñando un muro de gavión que va garantizar la estabilidad, además el cauce se mantendrá en los parámetros establecidos así evitando la erosión y conservando la estructura del puente.

Como lo hace notar Martínez¹⁴, Cusco, en su tesis “Diseño de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha tramo 0+000 A 1+020 del Río Kimbiri, en el centro poblado rural Kimbiri Alto, La Convención, Cuzco – 2023”. Tuvo como objetivo Diseñar los gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha tramo 0+000 a 1+020 del río Kimbiri, en el centro poblado rural Kimbiri alto, La Convención, Cuzco – 2023. Su metodología fue de nivel explicativa de tipo aplicada. Se obtuvo como resultado verificando la estabilidad y las fuerzas que provocan el deslizamiento del muro de gavión son menores a las fuerzas que resisten. Se concluyó, los muros de gaviones son eficientes en controlar la erosión en las defensas ribereñas, se diseñó el muro de gavión de tal manera cumpla con las verificaciones de análisis dinámico y estático para así determinar el comportamiento adecuado de la estructura.

Carrasco et al¹⁵, San Martín, describe en su tesis “Propuesta de diseño de defensa ribereña en la margen izquierda del río Plantanoyacu, C. P. Pacayzapa, distrito de Alonso de Alvarado – provincia de Lamas – San Martín, 2019”. Tuvo como objetivo, realizar la propuesta de diseño de defensa ribereña en la margen izquierda del río Plantanoyacu, centro poblado de Pacayzapa, distrito de Alonso de Alvarado, provincia de Lamas, región San Martín, 2019. La metodología aplicada fue descriptiva y aplicada. El resultado que obtuvo es diseñar un gavión tipo caja con una

altura de 4m con base de 4m, con sardinel de 2m para evitar socavación y a la vez proteger la estructura. Se concluyó, se hizo los estudios de topografía, suelo e hidrología para diseñar la defensa ribereña de tipo gavión en la margen izquierda del río Plantanoyacu.

2.1.3. Antecedentes locales.

Según Quispe et al¹⁶, Apurímac, en su tesis “Comparación técnica – económica entre muro de suelo reforzado y muro de gaviones para la carretera Yanakillca – Santa Rosa – Cerro Teta, Juan Espinoza Medrano – Antabamba – Apurímac”. Su objetivo fue comparar entre el muro suelo reforzado y muro de gaviones en aspecto técnico y económico para la estabilización de talud coluvial de la carretera Yanakillca –Apurímac. La metodología fue de tipo exploratoria, aplicada y descriptiva. Su resultado fue, al comparar el muro de gavión y muro de contención ambos cumplieron con los parámetros mínimos de estabilidad, el aspecto económico fue el decisivo para elegir al muro de gavión. En conclusión, los muros de gaviones son la mejor alternativa para estabilizar taludes debido a que su elaboración es económico en comparación al muro de contención.

Como menciona Alarcón et al¹⁷, Apurímac, en su tesis “Análisis fluvial y geomorfológico en la erosión del río Apurímac, para la propuesta de defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc-Curahuasi, 2019”. Tuvo como objetivo evaluar la magnitud de influencia fluvial y geomorfológica en la erosión del río Apurímac, para la propuesta del diseño de una defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc – Curahuasi. La metodología es de tipo aplicada de nivel descriptivo. Se tuvo los resultados, de los estudios topográficos, hidrológicos, hidráulicos y geotécnicos se planteó las estructuras hidráulicas de gaviones y espigones para la defensa ribereña. Se concluyó obteniendo el caudal del río que es 3057 m³/s en un periodo de 100 años.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Evaluación del muro de gaviones

Para evaluar un muro de gavión se debe conocer todos sus componentes, características y factores que puedan afectar.

2.2.1.1. Gaviones.

“Los gaviones son elementos modulares con formas variadas, confeccionadas a partir de redes metálicas en malla, que son llenados con piedras de granulometría adecuada y cosidos juntos”¹⁸.

2.2.1.1.1. Tipos de gaviones.

- Gavión tipo caja.
“Este tipo de gavión consiste en una caja de forma prismática (rectangular o cuadrada), el cual se produce a partir de un único paño de malla metálica, que forma la base, la tapa y las paredes frontal y laterales”¹⁸.
- Gavión tipo saco.
“Son estructuras metálicas con forma de cilindro, constituidas por un único paño de malla de torsión, en sus bordes libres presenta un alambre especial que pasa alternamente por las mallas para permitir el montaje del elemento en la obra”¹⁸.
- Gavión tipo colchón Reno.
“Es una estructura metálica en forma de paralelepípedo, de gran área y pequeño espesor”¹⁹

2.2.1.1.2. Composición del gavión.

“El gavión este compuesto por mallas de alambre galvanizado llena de cantos, formando cajones”¹⁸.

- Malla galvanizada.
“Para la construcción de gaviones se utilizan diferentes calibres de acero galvanizado. Para determinar el calibre correcto, debe analizarse las funciones y el propósito del proyecto”¹⁸.

- Relleno.

“El material de relleno consiste en rocas de canto o cantera, teniendo cuidado de no utilizar materiales que se desintegren al interactuar con el agua o la intemperie”¹⁸.

- Geotextil.

Como describe Prodalam²⁰, el geotextil se utiliza con la finalidad de evitar la infiltración de material fino y la erosión a traslados de muro.

2.2.1.2. Muro de gaviones.

“Son estructuras destinadas a la solución de problemas geotécnicos, hidráulicos y de control de erosión. El montaje y el llenado de estos elementos puede realizarse de forma manual o con equipos mecánicos comunes”¹⁸.

2.2.1.3. Evaluación del muro de gaviones.

2.2.1.3.1. Dimensiones de los gaviones.

- “Las dimensiones de los gaviones caja son estandarizadas: el largo es múltiplo de 1m, varia de 1m a 4m, con excepción del gavión de 1.5m, el ancho es siempre 1m; y el alto puede ser de 0.5m o 1m”¹⁹.
- “Las dimensiones de los gaviones saco son estandarizados: el largo siempre es múltiplo de 1m, varía de 1m a 6m, y el diámetro es siempre de 0.65m”¹⁹.
- “Las dimensiones de los colchones Reno son estandarizadas: su largo siempre es múltiplo de 1m, varia de 3m a 6m; su ancho siempre es de 2m; y su espesor puede variar entre 0.17m, 0.23m y 0.30m”¹⁹.

2.2.1.3.2. Malla galvanizada.

- Corrosión.

Debido a su composición del acero empleado en las mallas permite que no haya corrosión, en caso de mayor agresividad se utiliza el pvc como un recubrimiento adicional¹⁸.

- Rotura.

Los alambres de las mallas son flexibles y resistentes para aguantar las fuerzas generadas por el afluente hídrico o el terreno¹⁸.

- Perdida de recubrimiento.

La malla puede llegar a perder el recubrimiento en caso de que haya acciones externas bruscas.

2.2.1.3.3. Relleno de piedra.

- Tamaño de la piedra.

“El tamaño de los fragmentos de roca utilizados debe ser de entre 10 y 30 cm, y en ningún caso debe ser menor que 10 cm”¹⁸.

- Fracturamiento de la piedra.

La piedra que se utiliza en la elaboración de gaviones deben ser resistentes a fuerzas de aplastamiento y golpes por agentes externos.

2.2.1.3.4. Geotextil.

- Desgaste.

El geotextil a pesar de ser resistente a la intemperie puede sufrir roturas, adelgazamiento o descomposición debido a la acción del agua, viento o sol.

2.2.1.3.5. Muro de gaviones.

- Socavamiento.

Es cuando el agua desgasta su base del gavión¹⁸.

- Asentamiento.

Es cuando el suelo que lo sostiene al gavión se comprime o también se puede dar el asentamiento

en los gaviones cuando hay mala posición de rocas¹⁸.

- Giros.

Es cuando el muro de gavión en uno de sus extremos es movido de un lado a otro¹⁸.

- Drenaje.

“Dada su constitución con mallas son altamente permeables, lo que impide la generación de presión hidrostática”¹⁸.

- Vuelco.

“Ocurre cuando el momento estabilizante del peso propio del muro en relación al punto de vuelco es insuficiente para neutralizar el momento de empuje activo”¹⁹.

- Vegetación.

Como afirma Fracassi²¹, “Deben integrarse al medio ambiente alterando lo menos posible las condiciones de la flora y fauna existentes”.

Entonces cuando crezca la vegetación encima de los gaviones, está habiendo una buena integración.

2.2.2. Mejorar la defensa ribereña.

Es poder implementar la defensa ribereña natural con muros de gaviones, muros de contención u otros, para evitar inundaciones o desborde del río, el cual ocasionaría daños de caminos vecinales y terrenos agrícolas.

2.2.2.1. Defensa ribereña.

Son controladores que cumplen la función de reducir la velocidad de corriente en la orilla, desviar la corriente de la orilla, prevenir la erosión en las márgenes, mantener y establecer un ancho determinado del río y controlar el cauce fluvial³.

2.2.2.2. Mejorar la defensa ribereña.

Es poder implementar la defensa ribereña natural con muros de gaviones, muros de contención u otros, para evitar inundaciones o desborde del río.

2.3. Hipótesis

No se aplica por ser una investigación descriptiva.

III. METODOLOGÍA

3.1. Nivel, Tipo y Diseño de Investigación

- El nivel de investigación es exploratorio.
- El tipo de investigación es descriptiva.
- El diseño de investigación es no experimental de tipo transversal. Por qué se aplicó técnicas y herramienta para el estudio sin alterar las variables y por única vez.

Se muestra el siguiente esquema de diseño:



Donde:

Mi: Muro de gaviones.

Xi: Evaluación del muro de gaviones.

Oi: Resultados.

Yi: Mejorar la defensa ribereña.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. La población.

La población es la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa del distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac.

3.2.2. La muestra.

La muestra es la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa del distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac.

3.3. Variables, Definición y Operacionalización

Tabla 1: Variables, definición y operacionalización.

Variable	Definición Operativa	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Categorías o Valorización		
Evaluación del muro de gaviones.	Para evaluar un muro de gavión se debe conocer las características del muro de gavión, topografía, hidrología y el suelo ²² .	Dimensiones del gavión.	Dimensiones.	Ordinal.	Largo, ancho y alto.		
		Malla galvanizada.	Corrosión. Roturas. Recubrimiento.	Nominal. Nominal. Nominal.	Si, no. Si, no. Si, no.		
		Relleno de piedra.	Tamaño de piedra Fracturamiento	Ordinal. Nominal.	Diámetro. Si, no.		
			Geotextil	Desgaste Socavamiento. Asentamiento	Nominal Nominal. Nominal.	Si, no. Si, no. Si, no.	
			Muro de gaviones.	Giros.		Nominal.	Si, no.
				Drenaje.		Nominal.	Si, no.
				Vuelco.		Nominal.	Si, no.
				Vegetación.		Nominal.	Si, no.

Mejorar la defensa ribereña	Es poder implementar la defensa ribereña natural con muros de gaviones, muros de contención u otros, para evitar inundaciones o desborde del río.	Mejorar la defensa ribereña	Mejorar la defensa ribereña	Nominal.	Si, no.
-----------------------------	---	-----------------------------	-----------------------------	----------	---------

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información

- La técnica que se utilizó en la investigación de la evaluación del muro de gaviones es la observación directa y encuesta.
- Los instrumentos que se utilizaran en la evaluación del muro de gaviones son las fichas de recolección de datos y cuestionario.

3.5. Método de análisis de datos

El plan de análisis que se siguió es:

- En primer lugar, se buscó el lugar donde se realizó la investigación
- En segundo lugar, se presentó la carta al presidente de la comunidad campesina de Ahuayro.
- En tercer lugar, se recolectó información acerca de la evaluación de muro de gaviones y defensa ribereña de los libros, tesis, manuales y artículos científicos.
- En cuarto lugar se recolectó información del lugar a través de encuestas.
- En quinto lugar, se visitó al lugar donde se realizó la evaluación del muro de gaviones para recoger información a través de la ficha técnica.
- En sexto lugar, se procesó la información recogida para evaluar el muro de gaviones.

3.6. Aspectos Éticos

3.6.1. Respeto y protección de los derechos de los intervinientes.

Según la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote²³ “Es respetar y proteger su dignidad, confidencialidad, privacidad, identidad, religión y creencia”.

3.6.2. Cuidado del medio ambiente.

“Es respetar el entorno, protección de especies y preservación de la biodiversidad”²³.

3.6.3. Libre participación por propia voluntad.

“Estar informado de los propósitos y finalidades de la investigación en la que participan de tal manera que se exprese de forma inequívoca su voluntad libre y específica”²³.

3.6.4. Beneficencia, no maleficencia.

“Durante la investigación y con los hallazgos encontrados asegurando el bienestar de los participantes a través de la aplicación de los preceptos de no causar daño, reducir efectos adversos posibles y maximizar los beneficios”²³.

3.6.5. Integridad y honestidad.

“Que permita la objetividad, imparcialidad y transparencia en la difusión responsable de la investigación”²³.

3.6.6. Justicia.

“A través de un juicio razonable y ponderable que permita la toma e precauciones y limite los sesgos, así también, el trato equitativo con todos los participantes”²³.

IV. RESULTADOS

4.1. Respuesta a mi primer objetivo específico.

Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023.

4.1.1. Dimensiones del gavión.

Tabla 2: Dimensiones del gavión.

Tipo de gavión	Nivel del gavión	Dimensiones
Caja	Primer nivel	Ancho: 1.5 m, largo: 5 m y altura: 1 m
	Segundo nivel	Ancho: 1 m, largo: 5 m y altura: 1 m
Colchón		
Reno		Ancho: 3.5 m, largo: 5 m y altura: 0.5 m

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Evaluación de la malla galvanizada.

Tabla 3: Evaluación de la malla galvanizada.

Indicador	Tipo de gavión.	Descripción
Roturas	Colchón	<ul style="list-style-type: none">• Hay rotura de maya con largo de 60cm y el ancho de 40cm, se encuentra entre el tramo 0+244 y 0+255 (Figura 15).
	Reno	
Recubrimiento	Primer nivel del gavión tipo caja	<ul style="list-style-type: none">• Desde la progresiva 0+000 hasta 0+070 no tiene recubrimiento la malla en la cara frontal y superior.• Se encontró la malla sin recubrimiento en la cara superior, frontal y posterior, el cual está ubicado en la progresiva 0+205 hasta 0+225.
	Segundo nivel del gavión tipo caja.	<ul style="list-style-type: none">• En la progresiva 0+165 a 0 +175 la malla no tiene recubrimiento tanto en la cara frontal, superior y posterior.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Relleno de piedra.

Tabla 4: Evaluación del relleno de piedra.

Indicador	Tipo de gavión.	Descripción
Tamaño de piedra	Primer nivel del gavión tipo caja	<ul style="list-style-type: none"> • En los 50 gaviones del muro hay piedras con longitudes mayores a 30 cm (Figura 19). • También hay piedras menores o iguales a 10 cm utilizados en forma de cuñas o cubriendo espacios pequeños (Figura 13).
	Segundo nivel del gavión tipo caja	<ul style="list-style-type: none"> • En todos los gaviones del segundo nivel existen rocas con dimensiones mayores a 30 cm. • Las rocas menores a 10 cm están utilizados en forma de cuña o llenando espacios pequeños (Figura 13).
	Colchón Reno	<ul style="list-style-type: none"> • En estos gaviones las rocas no tienen mucha alteración en los tamaños (Figura 17).
Fracturamiento	Primer nivel del gavión tipo caja	<ul style="list-style-type: none"> • No se encontró piedras fracturadas
	Segundo nivel del gavión tipo caja	<ul style="list-style-type: none"> • Se encontró 23 rocas fracturadas (Figura 18).
	Colchón Reno	<ul style="list-style-type: none"> • Las rocas no se pueden visualizar por completo debido a que hay sedimentos.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Geotextil.

Tabla 5: Evaluación del geotextil.

Indicador	Tipo de gavión	Descripción
	Primer nivel del gavión tipo caja	<ul style="list-style-type: none"> El geotextil está enterrado.
Desgaste	Segundo nivel del gavión tipo caja	<ul style="list-style-type: none"> En la cota 0+248 a 0+250 se tiene el geotextil expuesto a la intemperie en forma triangular, ya está descomponiéndose.
	Colchón Reno	<ul style="list-style-type: none"> Desde la progresiva 0+203 hasta 0+227 el geotextil fue retirado de las rocas gracias a la fuerza del agua, en una altura de 40 cm (Figura 17).

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Muro de gaviones.

Tabla 6: Evaluación del muro de gaviones.

Indicador	Tipo de gavión	Descripción
Socavamiento	Colchón Reno	<ul style="list-style-type: none"> El agua está socavando la cara frontal en una altura de 40 cm, desde la progresiva 0+203 hasta 0+227 (Figura 17).
Asentamiento	Segundo nivel del gavión tipo caja	<ul style="list-style-type: none"> Una roca se salió de su posición y por lo tanto está empezando a asentarse este gavión, se encuentra en la progresiva 0+037 a 0+038 (Figura 10). En la progresiva 0+190 hasta 0+195 hay asentamiento debido a que se salieron la pequeñas piedras (Figura 11).

Vegetación	Colchón Reno	<ul style="list-style-type: none"> • Hay vegetación (pasto y arbusto) desde la progresiva 0+040 hasta 0+250, porque encima del colchón Reno esta la sedimentación del río (Figura 12).
	Primer nivel del gavión tipo caja	<ul style="list-style-type: none"> • Se encontró vegetación desde la progresiva 0+000 hasta 0+060 (Figura 12).
	Segundo nivel del gavión tipo caja	<ul style="list-style-type: none"> • Se encontró carrizo en el tramo de la progresiva 0+040 hasta 0+060 (Figura 12).

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Respuesta a mi segundo objetivo específico.

Determinar la mejora de la defensa ribereña en la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023.

4.2.1. Mejora de la defensa ribereña.

¿Usted cree luego de realizar la evaluación del muro de gaviones, mejorara la defensa ribereña en la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de chincheros, región Apurímac?

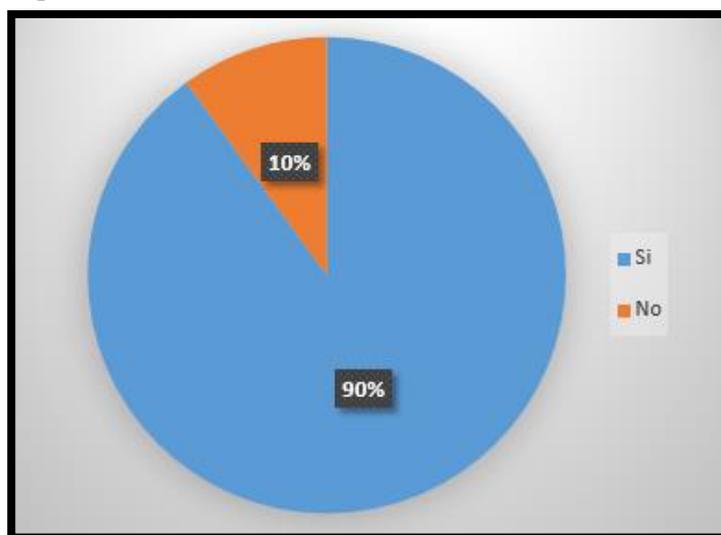


Figura 1: Es el porcentaje de los que creen que va haber mejora o no, después de la evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: El 90% de la población cree que después de realizar la evaluación del muro de gaviones, mejorará la defensa ribereña en la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucepampa; mientras el 10% de la población no cree en la realización de la mejora.

V. DISCUSIÓN

5.1. Dimensiones del gavión.

Las dimensiones de los gaviones de estudio son:

- El gavión tipo colchón Reno tiene un ancho de 3.5m, largo de 5m y altura de 0.5m.
- El gavión tipo caja del primer nivel tiene un ancho de 1.5m, largo 5m y altura de 1m.
- El gavión de tipo caja del segundo nivel tiene un ancho de 1m, largo 5m y altura 1m.

Constatando con las medidas que nos recomienda la Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación²⁴ de México, cumplen los gaviones de tipo caja del primer y segundo nivel, en la tabla lo podemos encontrar con el código N y L.

Tabla 7: Medidas comerciales de los gaviones.

Código	Dimensiones (m)			Volumen (m ³)	Núm. de diafragmas
	Largo	Ancho	Alto		
A	2.0	1.0	1.0	2.00	1
B	3.0	1.0	1.0	3.00	2
C	4.0	1.0	1.0	4.00	3
D	2.0	1.0	0.5	1.00	1
E	3.0	1.0	0.5	1.50	2
F	4.0	1.0	0.5	2.00	3
G	2.0	1.0	0.3	0.60	1
H	3.0	1.0	0.3	0.90	2
I	4.0	1.0	0.3	1.20	3
J	1.5	1.0	1.0	1.50	1
K	1.0	1.0	1.0	1.00	0
L	5.0	1.0	1.0	5.00	4
M	5.0	1.0	0.5	2.50	4
N	5.0	1.5	1.0	7.50	4
X	3.0	2.0	0.3	1.80	2
Z	4.0	2.0	0.3	2.40	3

Fuente: Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Mientras los gaviones de tipo colchón Reno están hechos con medidas no comerciales porque está hecho a pedido del cliente.

5.2. Malla galvanizada.

- Hace notar Ogando²⁵, las mallas hexagonales de triple torsión tienen las medidas de las escuadrías de 8x10 cm y otra medida; esta medida si se cumple en los muros de gaviones que se evaluó.
- Las mallas de triple torsión al romperse en algún elemento construido no se deshilará como sucede con las mallas eslabonadas simples²⁵. Esto se observa en el colchón Reno en su cara superior en la progresiva 0+244 a 0+245, en la cual hay una rotura con medidas de escuadrías de 60x40 cm; gracias a que está hecho con mallas hexagonales de triple torsión no se deshila sus alrededores.
- El recubrimiento de la malla galvanizada hexagonal de triple torsión es opcional²⁵. Al hacer la evaluación en el primer nivel del muro de gavión tipo cajón se encontró 18 gaviones sin recubrimiento y 2 gaviones en el segundo nivel de los gaviones tipo cajón; estos gaviones de acuerdo al concepto siuen cumpliendo con su función a pesar de no tener recubrimiento.

5.3. Relleno de piedra.

- De acuerdo a Bolívar¹⁸, “El tamaño de los fragmentos de roca utilizados debe ser de entre 10 y 30 cm, y en ningún caso debe ser menor a 10 cm”. Al hacer la evaluación del tamaño de rocas en los gaviones se encontró piedras dimensiones superiores a los 30 cm y menores a 10 cm que eran utilizados como cuñas o para llenar pequeños espacios, en este caso no se está cumpliendo con las medidas recomendadas.
- Los fragmentos de rocas de los gaviones deben ser resistentes a la compresión simple¹⁸. Se encontró 23 piedras fracturadas en los 250 metros lineales del muro de gavión, esto no ocasiono ninguna modificación o daño en los gaviones.

5.4. Geotextil.

- Como narra Prodalam²⁰, El geotextil se utiliza con la finalidad de evitar erosiones y el ingreso de materiales finos hacia el gavión. Desde la progresiva 0+203 hasta 0+227, en la parte frontal del colchón Reno el geotextil esta desprendido debido al socavamiento, por lo tanto, los materiales finos están ingresando a los gaviones.

5.5. Muro de gaviones.

- El agua del río Suyruruyucc está desgastando la base del colchón Reno en el tramo 0+203 hasta 0+227, esto con el tiempo va hacer que el colchón Reno se asiente.
- Los asentamientos en los gaviones pueden darse por mala ubicación de rocas, tamaños muy pequeños o muy grandes de rocas y por hundimiento del suelo¹⁸. De acuerdo a este texto en el muro de gavión tipo cajón del segundo nivel hay asentamientos: en el primer caso se salió una roca de su posición original y por lo tanto está empezando a asentarse, se encuentra en la progresiva 0+037 a 0+038. Y el segundo caso está en la progresiva 0+190 hasta 0+195, donde se salieron las piedras menores a 10 cm, por este motivo están asentándose.
- Plantea Oré²⁶ “Con el tiempo los vacíos de las piedras son llenados con tierra fértil que hace posible que crezca vegetación sobre los gaviones y colchones”. Las vegetaciones que están creciendo en los gaviones están haciendo la buena integración, de aquí se puede decir que el muro de gavión está integrándose a la naturaleza para así ser más resistente y soportar las grandes avenidas del río.

VI. CONCLUSIONES

1. En esta tesis se evaluó el muro de gaviones en la margen derecha del río Suyuruyucc de la localidad de Saucepampa, donde se concluyó que la malla galvanizada en el colchón Reno tiene rotura de 60 cm x 40 cm en el tramo 0+244 a 0+245; el relleno de piedra en tamaño es muy variable desde rocas menores a 10 cm hasta piedras mayores a 30 cm, debido a que las rocas son muy variables en tamaño el muro de gavión ha sedimentado en dos tramos porque las rocas están mal colocadas y las piedras pequeñas se salieron, el geotextil en la parte final del muro de gavión está en descomposición debido a que se encuentra expuesto a la intemperie, en la progresía 0+203 hasta 0+227 el geotextil fue retirado por el agua, ya que está socavando la parte frontal el colchón Reno.
2. Se determinó que el 90% de la población creen que después de realizar la evaluación del muro de gaviones habrá mejora en la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyuruyucc de la localidad de Saucepampa; y el otro 10% cree que no habrá mejoras.

VII. RECOMENDACIONES

1. Cando se vaya a recolectar datos al campo hay que ir con todas las herramientas necesarias, en caso contrario no podrás recolectar datos de forma eficiente, aunque en el lugar hay viviendas no te van poder facilitar todas las herramientas que necesites.
2. Para realizar las encuestas lo más preferible es ir en las mañanas antes de 8 a. m. o después de las 5 p. m., ya que los pobladores salen a trabajar a sus chacras y no se les encuentra de día.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. United Nations Environment Program. Cuatro razones para proteger los ríos [Internet]. 2022. Available from: <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/cuatro-razones-para-proteger-los-rios>
2. World Meteorological Organization. WMO atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970 - 2019) [Internet]. 2019. 90 p. Available from: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21930
3. Aliados ante Inundaciones. Controladores para defensas ribereñas. Aliados ante Inundaciones [Internet]. 2015; Available from: <http://repo.floodalliance.net/jspui/bitstream/44111/2101/1/1887642016229124337%281%29.pdf>
4. Autoridad Nacional del Agua. Adaptación al cambio climático y eventos extremos. 2019;26.
5. Autoridad Nacional del Agua. Evaluación de recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Pampas [Internet]. Lima; 2010. 134 p. Available from: http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/evaluacion_rh_superficiales_rio_pampas_0.pdf
6. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Evaluación geológica - geodinámica de movimientos en masa y represamientos en el río Pampas - Ninabamaba. 29 p.
7. Bernal C. Metodología de investigación. tercera ed. Pearson; 2008. 282 p.
8. Cortés M, Iglesias M. Generalidades sobre metodologías de la investigación [Internet]. 1era edici. Universidad Autónoma del Carmen, editor. Universidad Autónoma del Carmen. Mexico; 2004. 105 p. Available from: https://www.ucipfg.com/Repositorio/MIA/MIA-12/Doc/metodologia_investigacion.pdf
9. Cagua N, Erazo E. Diseño de 100 metros de muro de gaviones en la margen derecha del río Vinces comprendido entre las abscisas 0+683-0+783 de la vía Banepo, ubicado en la parroquia Balzar de Vinces, Cantón Vinces, provincia de Los Ríos [Tesis de pregrado] [Internet]. Ecuador: Universidad de Guayaquil; 2021. Available from: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/52963>
10. Pérez L. Evaluación del diseño hidráulico y estructural de las defensas ribereñas en la margen izquierda del puente comuneros [Internet]. Perú: Universidad Continental; 2022. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11559>

11. Nalvarte M. Evaluación y mejoramiento de la defensa ribereña para la protección del campo deportivo monumental de Muyurina en el centro poblado de Muyurina, empleando el algoritmo Sfm-Dmv en el distrito de Tambillo, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho-202 [Internet]. Perú: Universidad Católica los Ángeles de Chimbote; 2022. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.13032/29668>
12. Diaz J. Diseño de la defensa ribereña con el uso de gaviones, en el puente Timarini 1, para la mejora de la condición hídrica, en el centro poblado de Paratushali, distrito de Satipo, provincia Satipo, región Junín – 2020 [Tesis de pregrado] [Internet]. Perú: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote; 2022. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.13032/29619>
13. Rios F. Diseño de muro de gaviones para protección contra inundaciones en la localidad Huaracalla – Huaylla - Chacapampa, ambos márgenes del Río Huallaga, en el distrito de Ambo, provincia de Ambo, región Huánuco – 2023 [Internet]. Perú: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote; 2023. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.13032/34780>
14. Martínez C. Diseño de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha tramo 0+000 A 1+020 del Río Kimbiri, en el centro poblado rural Kimbiri Alto, La Convención, Cuzco – 2023 [Tesis de pregrado] [Internet]. Perú: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote; 2023. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.13032/34973>
15. Carrasco A, Vásquez C. Propuesta de diseño de defensa ribereña en la margen izquierda del río Plantanoyacu, C. P. Pacayzapa, distrito de Alonso de Alvarado – provincia de Lamas – San Martín, 2019. Universidad Científica del Perú; 2019.
16. Quispe W, Reyes M. Comparación técnica-económica entre muro de suelo reforzado y muro de gaviones para la carretera Yanakillca-Santa Rosa-Cerro Teta, Juan Espinoza Medrano-Antabamba-Apurímac [Tesis de pregrado] [Internet]. Lima: Universidad Ricardo Palma; 2021. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4935>
17. Alarcón E, Alarcón R. Análisis fluvial y geomorfológico en la erosión del río Apurímac, para la propuesta de defensa ribereña en el balneario turístico de Ccónoc-Curahuasi, 2019 [Tesis de pregrado] [Internet]. Apurímac: Universidad Tecnológica de los Andes; 2022. Available from: <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/468>
18. Bolivar R. Gaviones. Aceros Met y Mallas Ltda. 2017;4.

19. De Almeida P. Manual técnico de obras de contención [Internet]. Maccferri; 2008. 222 p. Available from: https://www.academia.edu/22118970/Calculo_de_muro_de_gaviones
20. Prodalam. Especificaciones técnicas gaviones. 2020;1–14. Available from: https://media.prodalam.cl/material-descarga/GG2103/GG2103_20210310090126.pdf?d=20210310090126
21. Fracassi G. Defensas ribereñas con gaviones y geosintéticos. 1a. ed. Bogota: Maccferri; 2019. 324 p.
22. Halanocca R. Diseño de defensas ribereñas de muro de gaviones para mitigar el desbordamiento en el río Cheqhuiña del distrito de Maranganí, provincia de Canchis y departamento de Cusco [Internet]. Perú: Universidad de San Martín de Porres; 2022. Available from: https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/10543/motallebi_sn.pdf?sequence=3&isAllowed=y
23. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote. Reglamento de integridad científica en la investigación. Univ Católica los Angeles Chimbote [Internet]. 2023;35. Available from: <https://www.uladech.edu.pe/wp-content/uploads/erpuniversity/downloads/transparencia-universitaria/estatuto-el-texto-unico-de-procedimientos-administrativos-tupa-el-plan-estrategico-institucional-reglamento-de-la-universidad-y-otras-normativas/reglamentos-de-la-universidad/reglamento-de-integridad-cientifica-en-la-investigacion-v001.pdf>
24. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural P y A. Presas de gaviones. :1–21.
25. Ogando L. Los Gaviones: análisis, evolución y comportamiento. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España; 2015.
26. Oré J. Defensas ribereñas en gaviones. Maccferri. :1–141.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia

Tabla 8: *Matriz de consistencia.*

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general.</p> <p>¿La evaluación del muro de gaviones mejorará la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucapampa del distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023?</p> <p>Problemas específicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿De qué manera se realizará la evaluación del muro de gaviones de la margen derecha del río 	<p>Objetivo general.</p> <p>Evaluar el muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucapampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023.</p> <p>Objetivos específicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucapampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023. 	<p>No aplica para esta investigación.</p>	<p>Variable 1.</p> <p>Diseño de muro de gaviones.</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medidas del gavión. • Malla galvanizada. • Relleno de piedra. • Geotextil. • Muro de gaviones. <p>Variable 2.</p> <p>Mejora de la defensa ribereña.</p> <p>Dimensiones.</p>	<p>Tipo de investigación.</p> <p>Descriptiva.</p> <p>Nivel de investigación.</p> <p>Exploratorio.</p> <p>Diseño de investigación.</p> <p>No experimental de tipo transversal.</p> <p>Población y muestra.</p> <p>Margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucapampa del distrito</p>

<p>Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023?</p> <p>• ¿Cómo se determinará la mejora de la defensa ribereña en la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023?</p>	<p>• Determinar la mejora de la defensa ribereña en la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023.</p>	<p>Mejorar la defensa ribereña. de Chincheros, región Apurímac.</p>
--	---	---

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 02. Instrumento de recolección de información

- Ficha de recolección de datos.

Ficha de recolección de datos					
Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023					
Ficha N°:		Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras	Fecha:	
Progresiva	Evaluación del muro de gaviones	Descripción.			
	Evaluación de la malla				
	Corrosión				
	Roturas				
	Recubrimiento				
	Evaluación del relleno				
	Tamaño de la piedra				
	Fracturamiento				
	Evaluación del geotextil				
	Desgaste				
	Evaluación estructural				
	Socavamiento				
	Asentamiento				
	Giros				
	Drenaje				
	Vuelco				
	Vegetación				


 MAX JOVANY PIZARRO HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066


 LUIS MILLA ATAUJE
 ING. CIVIL CIP 19479
 MÁSTER EN GERENCIA PÚBLICA

- Encuesta.

Encuesta			
Determinar la mejora de la defensa ribereña en la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023.			
Ficha N°:		Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras
Fecha:			
¿Usted cree luego de realizar la evaluación del muro de gaviones, mejorará la defensa ribereña en la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac?			
N°	Nombres y apellidos	Si	No
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
11			
12			
13			
14			
15			


 MAX JOSÉ PALACIOS HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066


 LUIS MILLA ATAUJE
 ING. CIVIL CIP 19479
 MÁSTER EN GERENCIA PÚBLICA

Anexo 03. Validez del instrumento

Ficha de Identificación del Experto para proceso de validación

Nombres y Apellidos: Max Jordy Paucar Huacho

N° DNI: 74479315

Edad: 28

Celular: 929228414

Email: maxjordy.paucar@gmail.com

Título profesional: Ingeniero Civil

Grado académico: Maestría: X

Doctorado: _____

Especialidad: Gestión pública.

Institución que labora: Municipalidad distrital d Ricardo Palma.

Identificación del Proyecto de Tesis

Título:

“Evaluación del muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023”

Autor: Edwin Michael Herrera Porras

Programa académico: Ingeniería Civil



MAX JORDY PAUCAR HUACHO
Ingeniero Civil
CIP N° 255066

Firma del experto



Huella digital

Ficha de Identificación del Experto para proceso de validación

Nombres y Apellidos: Luis Milla Atauje

N° DNI: 07267609

Edad: 75

Celular: 952695805

Email: lmilla19m@gmail.com

Título profesional: Ingeniero Civil

Grado académico: Maestría:

Doctorado:

Especialidad: Gerencia pública.

Institución que labora: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Identificación del Proyecto de Tesis

Título:

“Evaluación del muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023”

Autor: Edwin Michael Herrera Porras

Programa académico: Ingeniería Civil



Firma del experto

LUIS MILLA ATAUJE
ING. CIVIL CIP 19479
MÁSTER EN GERENCIA PÚBLICA



Huella digital

Anexo 04. Confiabilidad del instrumento

FICHA DE VALIDACIÓN									
TÍTULO: Evaluación del muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyuruyuce, en la localidad de Saucapampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chircheros, región Apurímac – 2023									
	Variable 1: Evaluación del muro de gaviones	Relevancia		Pertinencia		Claridad		Observaciones	
		Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple		
1	Dimensión 1: Dimensiones del gavión	x		x		x			
	Dimensión 2: Malla galvanizada.								
1	Corrosión	x		x		x			
2	Roturas	x		x		x			
3	Recubrimiento	x		x		x			
	Dimensión 3: Relleno de piedra.								
1	Tamaño de piedra	x		x		x			
2	Fracturamiento	x		x		x			
	Dimensión 4: Geotextil								
1	Desgaste	x		x		x			
	Dimensión 5: Muro de gaviones								
1	Socavamiento	x		x		x			
2	Asentamiento	x		x		x			
3	Giros	x		x		x			
4	Drenaje	x		x		x			
5	Vuelco	x		x		x			
6	Vegetación	x		x		x			
	Variable 2: Mejorar la defensa ribereña.								
	Dimensión 1: Mejorar la defensa ribereña.								
1	Mejorar la defensa ribereña.	x		x		x			

Recomendaciones:

Opinión de experto: Aplicable (x) No aplicable () No aplicable ()
 Nombres y Apellidos de experto: Mg. Max Jordy Rucay Huacho DNI: 74479315



Huella digital del experto

Max Jordy Rucay Huacho
 MAX JORDY RUCAY HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066

Firma del experto

FICHA DE VALIDACIÓN

TÍTULO: Evaluación del muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023

Variable 1: Evaluación del muro de gaviones	Relevancia		Pertinencia		Claridad		Observaciones
	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	
Dimensión 1: Dimensiones del gavión							
1 Dimensiones	X		X		X		
Dimensión 2: Malla galvanizada.							
1 Corrosión	X		X		X		
2 Roturas	X		X		X		
3 Recubrimiento	X		X		X		
Dimensión 3: Relleno de piedra.							
1 Tamaño de piedra	X		X		X		
2 Fracturamiento	X		X		X		
Dimensión 4: Muro de gaviones							
1 Socavamiento	X		X		X		
2 Asentamiento	X		X		X		
3 Giros	X		X		X		
4 Drenaje	X		X		X		
5 Vuelco	X		X		X		
6 Vegetación	X		X		X		
Variable 2: Mejorar la defensa ribereña.							
Dimensión 1: Mejorar la defensa ribereña.							
1 Mejorar la defensa ribereña.	X		X		X		

Recomendaciones:

Opinión de experto: Aplicable (X) / No aplicable () No aplicable ()
 Nombres y Apellidos de experto: Mg. Luis Milla Atauje DNI 07267609



Firma del experto
LUIS MILLA ATAUJE
 ING. CIVIL CIP 19479
 MÁSTER EN GERENCIA PÚBLICA



Huella digital del experto

Anexo 05. Formato de consentimiento informado



PROTOCOLO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ENCUESTAS
(Ingeniería y Tecnología)

La finalidad de este protocolo en Ingeniería y tecnología es informarle sobre el proyecto de investigación y solicitarle su consentimiento. De aceptar, el investigador y usted se quedarán con una copia.

La presente investigación se titula **“Evaluación del muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023”** y es dirigido por **Edwin Michael Herrera Porras**, investigador de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote.

El propósito de la investigación es: **Evaluar el muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023.**

Para ello, se le invita a participar en una encuesta que le tomará 10 minutos de su tiempo. Su participación en la investigación es completamente voluntaria y anónima. Usted puede decidir interrumpirla en cualquier momento, sin que ello le genere ningún perjuicio. Si tuviera alguna inquietud y/o duda sobre la investigación, puede formularla cuando crea conveniente.

Al concluir la investigación, usted será informado de los resultados a través del número de celular 900155329. Si desea, también podrá escribir al correo edwinherreraPorras@gmail.com para recibir mayor información. Asimismo, para consultas sobre aspectos éticos, puede comunicarse con el Comité de Ética de la Investigación de la universidad Católica los Ángeles de Chimbote.

Si está de acuerdo con los puntos anteriores, complete sus datos a continuación:

Nombre: Tony Pilloca Cabrera

Fecha: 30-12-23

Correo electrónico: pilloca.lopez@gmail.com

Firma del participante: 

Firma del investigador (o encargado de recoger información): 

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN – ULADECH CATÓLICA

Anexo 06. Documento de aprobación de institución para la recolección de información

Para realizar esta tesis no se necesita documento de aprobación de institución, porque la recolección de datos se hace en un río.

Anexo 07. Evidencias de ejecución

DECLARACIÓN JURADA

Yo, **Edwin Michael Herrera Porras**, identificado con DNI: **70209103**, con domicilio real en Av. Primavera S/N del Centro Poblado de Río Blanco, Distrito Los Chankas, Provincia Chincheros, Departamento Apurímac.

DECLARO BAJO JURAMENTO,

En mi condición de bachiller con código de estudiante 3101192031 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, semestre académico 2023-2:

1. Que los datos consignados en la tesis titulada "**Evaluación del muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023**".

Doy fe que esta declaración corresponde a la verdad

Los Chankas, 15 de diciembre del 2023



Firma del bachiller

DNI: 70209103



Huella Digital

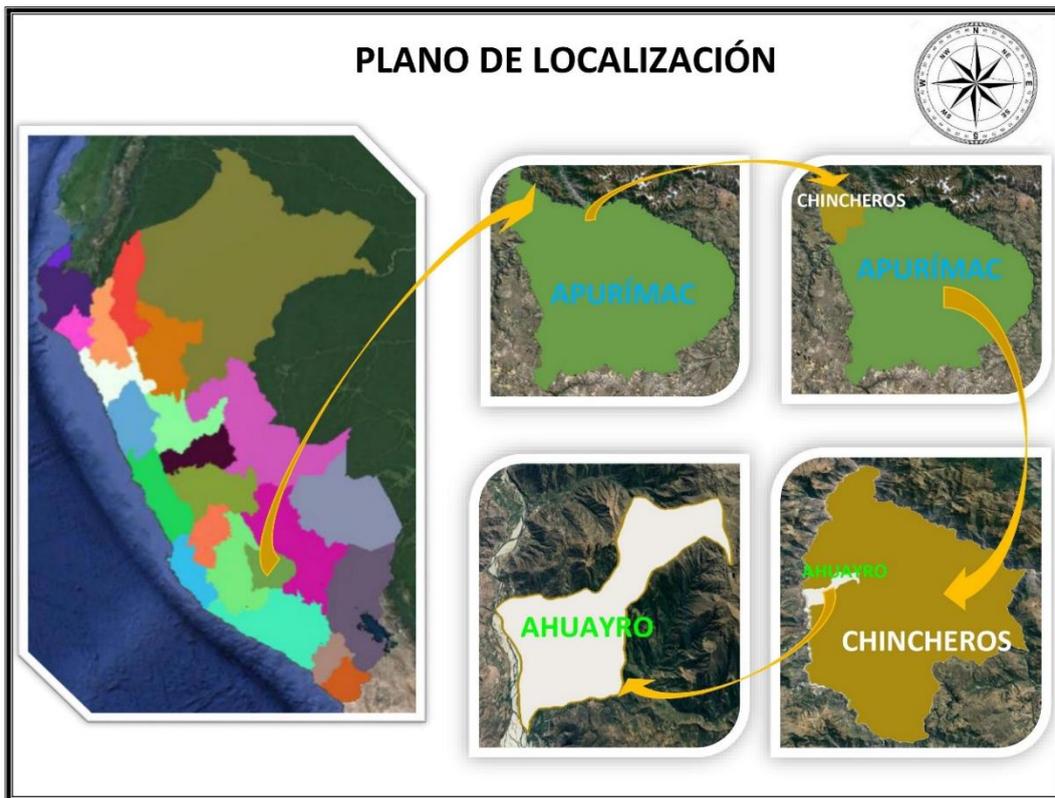


Figura 3: Localización del lugar donde se realizó la investigación.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2: Ubicación del muro de gaviones.

Fuente: Google Earth.



Figura 4: Vista panorámica del muro de gavión.

Fuente: Elaboración propia.

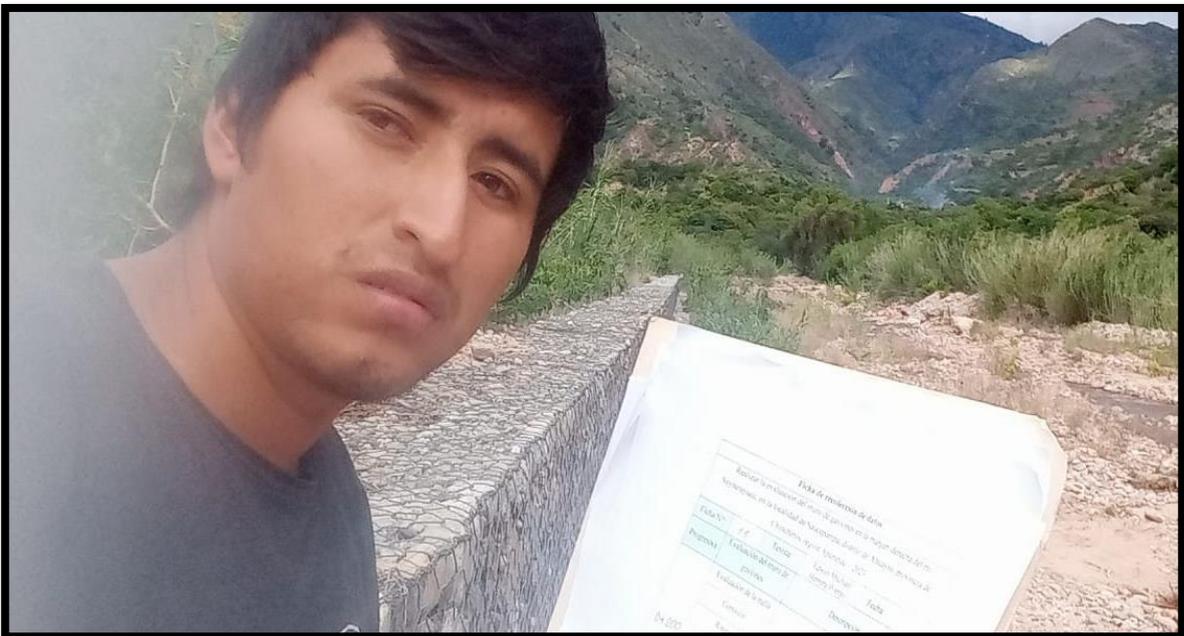


Figura 5: Llenado de fichas de evaluación en el lugar de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 6: Se está realizando la medición del muro de gavión.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 7: Inicio del muro de gavión.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8: Final del muro de gavi3n, termina en la progresiva 0+250.
Fuente: Elaboraci3n propia.



Figura 9: Como se visualiza el agua est1 llegando al primer nivel del muro de gavi3n de tipo caja.
Fuente: Elaboraci3n propia.



Figura 10: Se visualiza vegetación creciendo en el gavión y una roca que se salió de su posición original.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 11: El gavión del segundo nivel se asentó debido a que se salieron las piedras pequeñas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 12: La vegetación está creciendo en el muro de gavión.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 13: Se visualiza una roca con longitud inferior a los 10 cm.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 14: El colchón Reno se encuentra enterrado por la sedimentación del río.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 15: Rotura de malla en el colchón Reno.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 16: El geotextil está expuesto a la intemperie.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 17: Se ve que el agua está socavando el colchón reno y a su vez ha desprendido el geotextil.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 18: Se visualiza dos piedras fracturadas.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 19: Se visualiza rocas con dimensiones desde 5cm hasta 60cm.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8. Otros

- Instrumentos desarrollados.

Ficha de recolección de datos					
Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucépampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023					
Ficha N°:	01	Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras	Fecha:	05-01-24
Progresiva	Evaluación del muro de gaviones	Descripción.			
0+000 — 0+020	Evaluación de la malla				
	Corrosión	No se encontró			
	Roturas	No se encontró			
	Recubrimiento	En el primer nivel del muro de gavión no hay recubrimiento en todo el tramo			
	Evaluación del relleno				
	Tamaño de la piedra	Las rocas en tamaño es muy variable, desde 5cm hasta 58 cm.			
	Fracturamiento	No hay fracturamiento en este tramo.			
	Evaluación del geotextil				
	Desgaste	La geomembrana está entera.			
	Evaluación estructural				
	Socavamiento	No se encontró.			
	Asentamiento	No existe asentamiento.			
	Giros	No hay giros			
	Drenaje	Funciona correctamente.			
	Vuelco	No hay vuelco.			
Vegetación	Se encontró pastos y arbustos encima del 1er muro de gavión, en los 20m.				


 MAX JORJANY PÁUCAR HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066


 LUIS MILLA ATAUIJE
 ING CIVIL CIP 19479
 MÁSTER EN GERENCIA PÚBLICA

Ficha de recolección de datos					
Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucépampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023					
Ficha N°:	02	Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras	Fecha:	05-01-24
Progresiva	Evaluación del muro de gaviones	Descripción.			
0+020 - 0+040	Evaluación de la malla				
	Corrosión	No existe en este tramo			
	Roturas	No hay en este tramo			
	Recubrimiento	No tiene recubrimiento todo el tramo, en los gaviones del primer nivel.			
	Evaluación del relleno				
	Tamaño de la piedra	Las rocas varían de tamaño desde 6 cm hasta 58 cm.			
	Fracturamiento	En este tramo no hay piedras fracturadas			
	Evaluación del geotextil				
	Desgaste	El geotextil está enterrado.			
	Evaluación estructural				
	Socavamiento	No hay socavamiento.			
	Asentamiento	En el tramo 0+037 a 0+039, al segundo nivel de gaviones, una roca se salió de su posición.			
	Giros	No se encontró giros			
	Drenaje	El drenaje funciona bien			
Vuelco	No hay vuelco				
Vegetación	Hay pasto en todo el tramo del 1er nivel.				


 MAX JORJY INUAR HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066


 LUIS MILLA ATAUJE
 ING CIVIL CIP 19479
 MASTER EN GERENCIA PÚBLICA

Ficha de recolección de datos					
Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucépampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023					
Ficha N°:	03	Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras	Fecha:	05-01-24
Progresiva	Evaluación del muro de gaviones	Descripción.			
0+040 - 0+060	Evaluación de la malla				
	Corrosión	No hay en este freamo			
	Roturas	No se encuentra			
	Recubrimiento	La malla del gavión del primer nivel no tiene recubrimiento en todo el freamo.			
	Evaluación del relleno				
	Tamaño de la piedra	Las rocas varían de tamaño desde 7 cm hasta 60 cm.			
	Fracturamiento	En este freamo no hay piedras fracturadas.			
	Evaluación del geotextil				
	Desgaste	El geotextil está enterrado.			
	Evaluación estructural				
	Socavamiento	No hay en este freamo			
	Asentamiento	No hay en este freamo			
	Giros	No existe giros			
	Drenaje	No hay bloqueos.			
	Vuelco	No hay vuelcos			
Vegetación	Pasto y arbusto está creciendo en el colchón Pono y en los gaviones del 1er nivel, carriso está creciendo en el segundo nivel.				


 MAX JORJY INUOCAR HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066


 LUIS MILLA ATAUJE
 ING CIVIL CIP 19479
 MASTER EN GERENCIA PÚBLICA

Ficha de recolección de datos					
Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023					
Ficha N°:	04	Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras	Fecha:	05-01-24
Progresiva	Evaluación del muro de gaviones	Descripción.			
0+060 - 0+080	Evaluación de la malla				
	Corrosión	No se encontró corrosión			
	Roturas	No hay roturas			
	Recubrimiento	En el tramo 0+060 hasta 0+070 no hay recubrimiento en el primer nivel			
	Evaluación del relleno				
	Tamaño de la piedra	Las rocas en tamaño son muy variables desde 5cm hasta los 59cm			
	Fracturamiento	3 rocas del segundo nivel están fracturadas.			
	Evaluación del geotextil				
	Desgaste	el geotextil está enterrado.			
	Evaluación estructural				
	Socavamiento	No hay socavamiento			
	Asentamiento	No hay asentamiento			
	Giros	No hay giros			
	Drenaje	el drenaje no está bloqueado.			
	Vuelco	No hay vuelco			
	Vegetación	Pasto creciendo en el colchón Reno.			


 MAX JORJANY INCA HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066


 LUIS MILLA ATAUJE
 ING CIVIL CIP 19479
 MASTER EN GERENCIA PÚBLICA

Ficha de recolección de datos					
Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023					
Ficha N°:	05	Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras	Fecha:	05-01-24
Progresiva	Evaluación del muro de gaviones	Descripción.			
0+080 - 0+100	Evaluación de la malla				
	Corrosión	En este tramo no se encuentra			
	Roturas	No hay en este tramo			
	Recubrimiento	En este tramo todos los gaviones tienen recubrimiento			
	Evaluación del relleno				
	Tamaño de la piedra	El tamaño de las rocas es variable desde 7 cm hasta 60 cm.			
	Fracturamiento				
	Evaluación del geotextil				
	Desgaste	El geotextil se encuentra enterrado.			
	Evaluación estructural				
	Socavamiento	No existe socavamiento.			
	Asentamiento	No se encuentra asentamiento			
	Giros	No se encuentran giros			
	Drenaje	El drenaje funciona de forma correcta			
	Vuelco	No se encuentran vuelcos.			
Vegetación	Se encuentra pasto y arbustos encima del cañalón Reno.				


 MAX JORJY INUOCAR HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066


 LUIS MILLA ATAUJE
 ING CIVIL CIP 19479
 MASTER EN GERENCIA PÚBLICA

Ficha de recolección de datos					
Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucépampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023					
Ficha N°:	06	Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras	Fecha:	05-01-12
Progresiva	Evaluación del muro de gaviones	Descripción.			
0+100 — 0+120	Evaluación de la malla				
	Corrosión	No se encontró corrosión.			
	Roturas	No hay rotura de malla			
	Recubrimiento	En este tramo la malla tiene recubrimiento.			
	Evaluación del relleno				
	Tamaño de la piedra	Las rocas en tamaño varían desde 8cm hasta 54 cm.			
	Fracturamiento	En todo el tramo se encontró 7 piedras fracturadas.			
	Evaluación del geotextil				
	Desgaste	El geotextil se encuentra enterrado y por ello no hay desgaste.			
	Evaluación estructural				
	Socavamiento	No se encontró socavamiento.			
	Asentamiento	No se encontró asentamiento.			
	Giros	No hay giros			
	Drenaje	No hay bloques.			
	Vuelco	No hay vuelcos.			
	Vegetación	Hay pastos y arbustos en todo el tramo en específico encima del colchón Reno.			


 JUAN JOSÉ PINEDA HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066


 LUIS MILLA ATAUJE
 ING CIVIL CIP 19479
 MÁSTER EN GERENCIA PÚBLICA

Ficha de recolección de datos					
Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023					
Ficha N°:	07	Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras	Fecha:	05-04-24
Progresiva	Evaluación del muro de gaviones	Descripción.			
0+120 - 0+140	Evaluación de la malla				
	Corrosión	No se encontró corrosión			
	Roturas	No se encontró roturas.			
	Recubrimiento	En todo el tramo las mallas fueron recubrimiento.			
	Evaluación del relleno				
	Tamaño de la piedra	Las piedras difieren en tamaño desde 8cm hasta 50cm			
	Fracturamiento	En todo el tramo se encuentran 4 rocas fracturadas.			
	Evaluación del geotextil				
	Desgaste	El geotextil está enterrado.			
	Evaluación estructural				
	Socavamiento	No hay socavamiento			
	Asentamiento	No hay asentamientos			
	Giros	No hay giros			
	Drenaje	No hay bloqueos en el drenaje.			
	Vuelco	No hay vuelcos			
	Vegetación	En cima del colchon Reno está creciendo pasto y arbusto.			


 MAX JORJY PALCAR HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066


 LUIS MILLA ATAUJE
 ING CIVIL CIP 19479
 MÁSTER EN GERENCIA PÚBLICA

Ficha de recolección de datos					
Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucépampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023					
Ficha N°:	08	Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras	Fecha:	05-01-24
Progresiva	Evaluación del muro de gaviones	Descripción.			
0+140 - 0+160	Evaluación de la malla				
	Corrosión	No hay corrosión			
	Roturas	No hay roturas			
	Recubrimiento	En todo el tramo las mallas tienen recubrimiento.			
	Evaluación del relleno				
	Tamaño de la piedra	Las rocas van desde 8cm hasta 53cm			
	Fracturamiento	En este tramo no hay fracturamiento de rocas.			
	Evaluación del geotextil				
	Desgaste	el geotextil está enterrado.			
	Evaluación estructural				
	Socavamiento	No hay socavamiento			
	Asentamiento	No hay asentamiento			
	Giros	No hay giros			
	Drenaje	el drenaje no tiene bloqueos ya que el agua puede filtrar con normalidad.			
	Vuelco	No hay vuelco			
Vegetación	la vegetación está creciendo encima del colchón Reno.				


 MAX JORJY PINEDAR HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066


 LUIS MILLA ATAUJE
 ING CIVIL CIP 19479
 MASTER EN GERENCIA PÚBLICA

Ficha de recolección de datos					
Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyururuyucc, en la localidad de Saucépampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023					
Ficha N°:	09	Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras	Fecha:	05-01-24
Progresiva	Evaluación del muro de gaviones	Descripción.			
0+160 - 0+180	Evaluación de la malla				
	Corrosión	No hay corrosión			
	Roturas	No hay roturas en la malla			
	Recubrimiento	En el tramo 0+165 a 0+175 la malla del gavión del 2do nivel no tiene recubrimiento.			
	Evaluación del relleno				
	Tamaño de la piedra	Las rocas van desde 9cm hasta 59cm.			
	Fracturamiento	No hay rocas fracturadas.			
	Evaluación del geotextil				
	Desgaste	El geotextil está enterrado.			
	Evaluación estructural				
	Socavamiento	No hay socavamiento.			
	Asentamiento	No hay asentamiento.			
	Giros	No hay giros.			
	Drenaje	No hay bloqueos en los drenajes.			
	Vuelco	No hay vuelco			
Vegetación	La vegetación está creciendo encima del colchón Reno.				


 MAX JORJEY INUOCAR HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066


 LUIS MILLA ATAUJE
 ING CIVIL CIP 19479
 MASTER EN GERENCIA PÚBLICA

Ficha de recolección de datos					
Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucépampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023					
Ficha N°:	10	Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras	Fecha:	05-01-12
Progresiva	Evaluación del muro de gaviones	Descripción.			
0+100 - 0+200	Evaluación de la malla				
	Corrosión	No hay corrosión			
	Roturas	No hay roturas			
	Recubrimiento	Debido al tramo la malla tiene recubrimiento.			
	Evaluación del relleno				
	Tamaño de la piedra	Las rocas van desde 60cm hasta los 58cm			
	Fracturamiento	No se encontró rocas fracturadas.			
	Evaluación del geotextil				
	Desgaste	La tela de geotextil está enterrado			
	Evaluación estructural				
	Socavamiento	No hay socavamientos.			
	Asentamiento	En el tramo 0+190 a 0+195, debido a que las piedras menores a 10cm se salieron (2do nivel)			
	Giros	No hay giros			
	Drenaje	No hay bloqueos.			
	Vuelco	No hay vuelcos			
Vegetación	La vegetación está creciendo encima del colchón Reno.				


 MAX JORJANY TAYLOR HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066

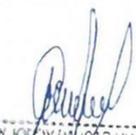

 LUIS MILLA ATAUJE
 ING CIVIL CIP 19479
 MASTER EN GERENCIA PÚBLICA

Ficha de recolección de datos					
Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyruruyucc, en la localidad de Saucepampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023					
Ficha N°:	11	Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras	Fecha:	05-01-24
Progresiva	Evaluación del muro de gaviones	Descripción.			
0+200 — 0+220	Evaluación de la malla				
	Corrosión	No hay corrosión			
	Roturas	No hay roturas			
	Recubrimiento	No tiene recubrimiento en el tramo 0+205 a 0+220 en el 2º nivel del muro de gavión			
	Evaluación del relleno				
	Tamaño de la piedra	Las rocas van desde 8cm hasta los 54cm.			
	Fracturamiento	No hay rocas fracturadas.			
	Evaluación del geotextil				
	Desgaste	En el colchón el geotextil fue arrugado por el agua, en el tramo 0+203 a 0+220			
	Evaluación estructural				
	Socavamiento	Hay en el tramo 0+203 a 0+220, se socava la cara frontal en una altura de 40cm.			
	Asentamiento	No hay asentamiento			
	Giros	No hay giros			
	Drenaje	No hay bagueo.			
Vuelco	No hay vuelcos				
Vegetación	La vegetación está creciendo en el colchón.				


 EDWIN MICHAEL HERRERA PORRAS
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066


 LUIS MILLA ATAUJE
 ING CIVIL CIP 19479
 MÁSTER EN GERENCIA PÚBLICA

Ficha de recolección de datos					
Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucépampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023					
Ficha N°:	12	Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras	Fecha:	05-01-24
Progresiva	Evaluación del muro de gaviones	Descripción.			
0+220 - 0+240	Evaluación de la malla				
	Corrosión	No hay corrosión			
	Roturas	No hay roturas			
	Recubrimiento	No tiene recubrimiento en el tramo 0+220 a 0+225, en el muro de gavión del 1er nivel.			
	Evaluación del relleno				
	Tamaño de la piedra	Las rocas tienen tamaño desde 8cm hasta 50cm.			
	Fracturamiento	En todo el tramo hay 5 piedras fracturadas.			
	Evaluación del geotextil				
	Desgaste	En el tramo 0+220 a 0+227 el geotextil está desprendido del colchón Reno.			
	Evaluación estructural				
	Socavamiento	Hay en el tramo 0+220 a 0+227, se está socavando la cara frontal del colchón			
	Asentamiento	No hay asentamiento			
	Giros	No hay giros			
	Drenaje	El muro de gavión, tiene funcionando muy bien su drenaje.			
	Vuelco	No hay vuelcos			
Vegetación	Vegetación creciendo encima del colchón Reno.				


 MAX JORJY INCAJAR HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066

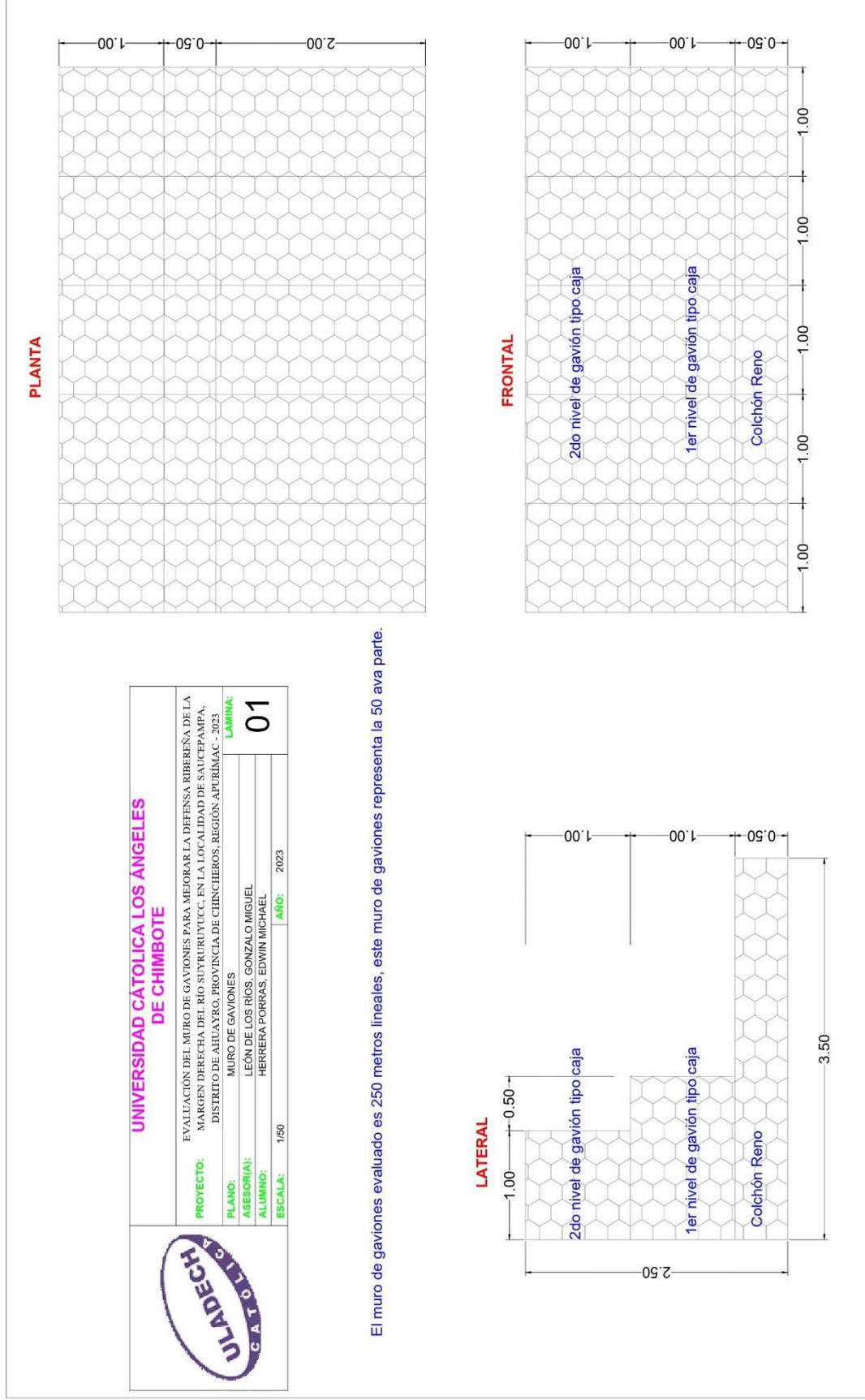

 LUIS MILLA ATAUJE
 ING CIVIL CIP 19479
 MÁSTER EN GERENCIA PÚBLICA

Ficha de recolección de datos					
Realizar la evaluación del muro de gaviones en la margen derecha del río Suyuruyucc, en la localidad de Saucépampa, distrito de Ahuayro, provincia de Chincheros, región Apurímac – 2023					
Ficha N°:	13	Tesista:	Edwin Michael Herrera Porras	Fecha:	05-01-24
Progresiva	Evaluación del muro de gaviones	Descripción.			
0+240 — 0+250	Evaluación de la malla				
	Corrosión	No hay corrosión			
	Roturas	Rotura de malla en el colchón de 60cm x 40cm en el tramo 0+244 a 0+245.			
	Recubrimiento	En todo el tramo las mallas tienen recubrimiento.			
	Evaluación del relleno				
	Tamaño de la piedra	Las rocas van desde 7cm hasta 59cm.			
	Fracturamiento	En todo el tramo hay 4 piedras fracturadas			
	Evaluación del geotextil				
	Desgaste	Presenta descomposición por estar expuesto a la intemperie en forma triangular de 2m por 2m en la parte final.			
	Evaluación estructural				
	Socavamiento	No hay socavamiento			
	Asentamiento	No hay asentamiento			
	Giros	No hay giros			
	Drenaje	Los gaviones son permeables.			
Vuelco	No hay vuelco				
Vegetación	Vegetación creciendo en el colchón Reno.				


 MAX JORJY PÁUCAR HUACHO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 255066


 LUIS MILLA ATAUJE
 ING CIVIL CIP 19479
 MÁSTER EN GERENCIA PÚBLICA

- Planos del gavión.



- Manual de gaviones.

Gaviones

Rafael Ernesto Bolívar Trujillo
Departamento de Diseño, Investigación e Innovación (DRIM)
Aceros Metales y Mallas Ltda.
drim.amym@gmail.com

Resumen- Es clara la existencia de los diferentes métodos de atenuación en los taludes y proyectos lineales de ingeniería civil. El gavión es uno de los elementos más utilizados en la contención de los deslizamientos de los taludes. Este documento presenta las características y conceptos asociados a este método de estabilización de taludes.

Palabras Clave- Estabilización, talud, ladera, gavión, muro de contención, erosión de ribera, contención, malla triple torsión.

I. INTRODUCCIÓN

Es común notar los deslizamientos, desprendimientos en las montañas o taludes circundantes a estructuras como son las carreteras y otros proyectos de ingeniería civil. Los muros de contención son estructuras comunes e importantes para la protección de vías de comunicación, edificaciones y zonas de alto riesgo de deslizamiento. (Báez Lozada & Echeverri López, 2015). Estas estructuras proveen soporte a los macizos y evitan el deslizamiento causado por el propio peso, agravado por los efectos naturales del agua y el viento.

Las estructuras de contención están entre las más antiguas construcciones humanas. El análisis de una estructura de contención consiste en el análisis del equilibrio su estructura y el suelo, dicho equilibrio está afectado por las condiciones de resistencia, deformabilidad, permeabilidad, el peso de ambos elementos (suelo y la estructura) y la interacción entre ellos.

En las características del macizo debe considerarse peso, resistencia, deformabilidad y geometría. Adicional a esto debe considerarse los datos sobre las condiciones del drenaje y cargas aplicadas sobre el suelo. Por el lado de la estructura debe considerarse el material utilizado, su estructura y el sistema constructivo empleado. (de Almeida Barros et al., 2010). En la mayoría de los modelos de cálculo existentes se supone un comportamiento activo del sistema, el equivalente a evitar que se produzcan deslizamientos. (Blanco Fernández, 2011).

Los muros de contención se consolidan como uno de los mecanismos de prevención de los deslizamientos más utilizados a nivel mundial, por su facilidad de aplicación, su resistencia y su buena relación con el medio ambiente.

II. LOS GAVIONES

En las obras de protección contra las acciones de la naturaleza, muchas veces son construidas con poco conocimiento de la constitución del terreno obteniendo resultados poco satisfactorios. Uno de los principales métodos de solución son los gaviones. (Báez Lozada & Echeverri López, 2015).



Figura 1. Estructura con gaviones. Fuente: <http://www.solucionesespeciales.net/MedioAmbiente/Gaviones/Gaviones.aspx>

Los gaviones son elementos modulares con formas variadas, confeccionadas a partir de redes metálicas en malla, que son llenados con piedras de granulometría adecuada y cosidos juntos. Estos forman estructuras destinadas a la solución de problemas geotécnicos, hidráulicos y de control de erosión. El montaje y el llenado de estos elementos puede realizarse de forma manual o con equipos mecánicos comunes. (de Almeida Barros et al., 2010)

USOS:

El gavión no debería considerarse como un conjunto de elementos aislados acomodados el uno junto al otro si no como una estructura homogénea y monolítica que puede ser dimensionada. Considerando esto, la gama de gaviones es muy diversa y solo es limitada por la imaginación del hombre.



Figura 2. Gaviones para contención fluvial. Fuente:(A Bianchini, 2017).

Como todo material el gavión puede tener ciertas limitaciones, pero con investigaciones y nuevas tecnologías,

los usos y desempeños se puede incursionar en varias áreas como:

- Geotecnia – Muros de Contención
- Hidráulica fluvial
- Irrigación de canales
- Apoyo y protección de puentes
- Drenaje
- Obras marinas
- Control de erosión
- Obras de emergencia.

- GAVIÓN TIPO CAJA:

Este tipo de gavión consiste en una caja de forma prismática (rectangular o cuadrada), el cual se produce a partir de un único paño de malla metálica, que forma la base, la tapa y las paredes frontal y laterales. (A Bianchini, 2017).

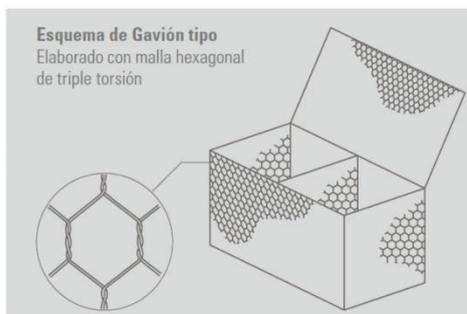


Figura 3. Esquema de Gavión tipo caja. Fuente:(A Bianchini, 2017).

Debe ser llenado con material pétrico, con diámetro medio mayor a la menor dimensión de la malla de alambre. Es usual ver como disposición para la construcción de este tipo de gaviones el uso de mallas de doble y triple torsión, malla eslabonada e incluso malla electrosoldada, la utilización de una u otra disposición de la malla es determinada por el tipo de proyecto en el que se va a utilizar el gavión. Es de uso común la malla de triple torsión, para la constitución del gavión.

La red o malla utilizada en la fabricación de los gaviones es producida con alambres de acero con contenido en carbono y revestimientos en zinc o aluminio el cual confiere un grado de protección a la corrosión. Cuando se asume que la malla o el gavión a utilizar posee alta posibilidad de entrar en contacto con el agua, es aconsejable la utilización de mallas con revestimiento plástico. (de Almeida Barros et al, 2010)

- GAVIÓN TIPO SACO:

Son estructuras metálicas con forma de cilindro, constituidas por un único paño de malla de torsión, en sus bordes libres presenta un alambre especial que pasa alternadamente por las mallas para permitir el montaje del elemento en la obra.

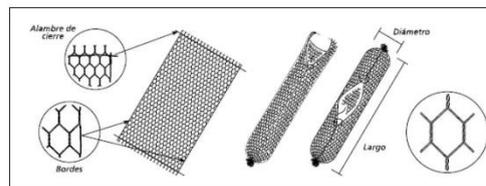


Figura 4. Gavión tipo saco. Fuente: (de Almeida Barros et al. 2010)

Este tipo de gavión es extremadamente versátil dada su forma cilíndrica. Generalmente es empleado de apoyo en estructuras de contención en presencia de agua o sobre suelos de baja capacidad de soporte, debido a su extrema facilidad de colocación. Estas características hacen del gavión fundamental uso en obras de emergencia. El llenado se realiza con rapidez por un extremo o por el costado.

III. CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURAS CON GAVIONES

Los gaviones son una alternativa eficaz para las diferentes situaciones en que son requeridos. Los materiales que lo conforman son de fácil obtención o preparación y el proceso constructivo no necesita personal especializado. (Cano Valencia, 2007)

Una de las propiedades fundamentales del gavión es la deformabilidad, que, sin perder su funcionalidad, es importante cuando en los proyectos la obra debe soportar grandes empujes del terreno y a la vez es cimentada en suelos inestables o expuestos a altos niveles de erosión. Al contrario que en el caso de estructuras rígidas el colapso no ocurre de inmediato, lo que permite realizar acciones de recuperación de una forma eficiente.

Dentro de las principales características se encuentra:

- **Estructuración armada:** Resistentes a diferentes tipos de sollicitación
- **Flexible:** capacidad de resistir sollicitaciones imprevistas.
- **Resistentes:** Los alambres de mallas tienen la resistencia y flexibilidad necesaria para soportar fuerzas generadas por el terreno o afluentes hídricos.
- **Drenaje:** dada su constitución con mallas son altamente permeables, lo que impide la generación de presión hidrostáticas.
- **Economía:** Fácil instalación en obra. No requiere mano de obra especializada.
- **Resistencia a la corrosión:** dada la composición del acero utilizado en las mallas (con recubrimiento), permite combatir la corrosión del acero y en los casos de mayor agresividad en la corrosión se utilizan con recubrimiento adicional en PVC.
- **Resistencia a la abrasión:** Esta en función del material de que está hecha la malla y la cantidad de la esta.
- **Resistencia al impacto:** Dada la composición del gavión, y el llenado con piedra, permite la resistencia al impacto generado por el movimiento del terreno.

- **Ecología:** En su mayoría son elaborados con materiales que pueden descomponerse en el medio, su duración y los vacíos en el gavión, permite la colmatación para reforestar y añadir un acabado mejor. (PAVCO & Mexichem, 2013)

IV. COMPOSICIÓN DEL GAVIÓN

El gavión este compuesto por mallas de alambre galvanizado llena de cantos, formando cajones. (Suárez Díaz, 2001).

- **ALAMBRES GALVANIZADOS:**

Para la construcción de gaviones se utilizan diferentes calibres de acero galvanizado.

Para determinar el calibre correcto, debe analizarse las funciones y el propósito del proyecto.

CALIBRE BWG	Diámetro		Sección mm ²	Longitud y peso	
	mm.	Pulg.		m/Kg	Gr/m
1	7.62	.300	45.60	2.79	358
2	7.21	.284	40.83	3.12	321
3	6.58	.259	34.00	3.74	267
3 1/2	6.35	.250	31.67	4.02	249
4	6.04	.23	28.65	4.44	225
5	5.59	.22	24.54	5.20	193
5 1/2	5.50	.217	23.75	5.56	186
6	5.16	.203	20.91	6.10	164
7	4.57	.180	16.40	7.77	129
8	4.19	.165	13.79	9.24	108
9	3.76	.148	11.10	11.47	87
9 1/2	3.60	.141	10.18	12.51	80
10	3.40	.134	9.08	14.02	71
11	3.05	.120	7.30	17.45	57
12	2.77	.109	6.02	21.16	47
12 1/2	2.50	.098	4.91	25.94	38
13	2.41	.095	4.56	27.93	36
14	2.11	.082	3.50	36.39	27
15	1.83	.072	2.65	48.43	21
16	1.65	.065	2.14	59.52	17
17	1.47	.058	1.70	74.93	13
18	1.24	.049	1.20	106.15	9
19	1.07	.042	0.90	141.54	7
20	.89	.035	0.62	205.46	5
21	.81	.032	0.51	249.78	4
22	.71	.028	0.40	318.47	3

Figura 5. Calibres de Acero utilizados. Fuente: (Suárez Díaz, 2001).

El proceso de galvanizado consiste en un tratamiento térmico de precocido que le da uniformidad al producto y luego se expone a un baño de zinc por inmersión en caliente o por métodos electrolíticos (a este proceso se le denomina galvanización). El zinc al ser un metal anfótero es capaz de reaccionar tanto a ácidos como a bases formando sales de zinc, debido a que la reacción del zinc es lenta se utiliza como protección contra la corrosión.

- **LAS MALLAS:**

En la elaboración de los gaviones se utilizan diferentes tipos de mallas, las cuales varían en su uso de acuerdo con requerimientos o planteamientos en los proyectos civiles:

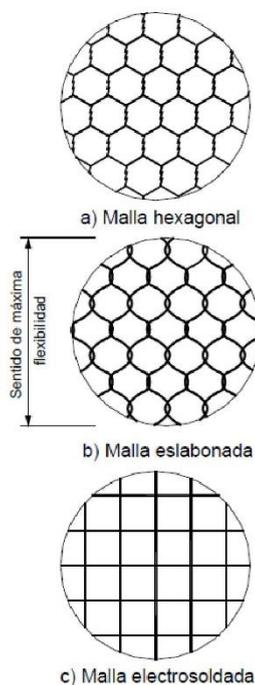


Figura 6. Tipos de mallas utilizadas en la construcción de gaviones. Fuente: (Suárez Díaz, 2001).

MALLAS HEXAGONALES:

Es usada tradicionalmente en todo el mundo. Las dimensiones de la malla se indican por su escuadría, la cual incluye el ancho entre los dos entorchados paralelos y la altura o distancia entre los entorchados colineales.

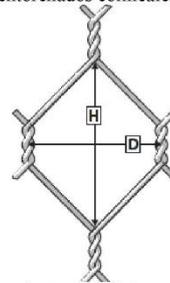


Figura 7. Dimensionamiento malla triple torsión para talud. Fuente: Fichas Técnicas Aceros Metales y Mallas Ltda.

La malla hexagonal de triple torsión permite tolerar esfuerzos en varias direcciones sin que se presente rotura, conservando flexibilidad para los movimientos en todas las direcciones. En el caso de romperse la malla en un punto determinado esta no se deshilachará como ocurre con la malla eslabonada.

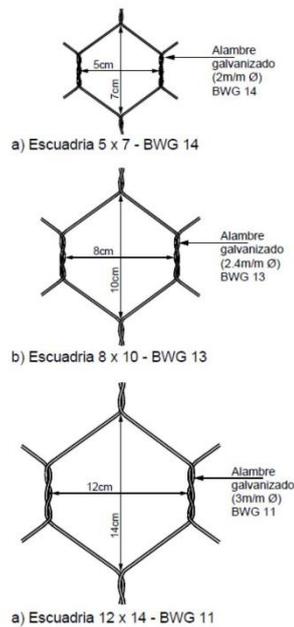


Figura 8. Escuadría típica de mallas hexagonales. Fuente: (Suárez Díaz, 2001).

MALLAS ESLABONADAS:

En las mallas eslabonadas no existe unión rígida entre los alambres, obteniéndose una mayor flexibilidad ya que permite el desplazamiento relativo de los alambres.

Su uso en Colombia se limita por lo general a alambres de calibres diez a doce. Para su construcción no se requieren equipos especiales pero su gran flexibilidad dificulta un poco su conformación en el campo. Aunque no existe pérdida de resistencia por la torsión de la malla; al romperse un alambre, se abre toda la malla.

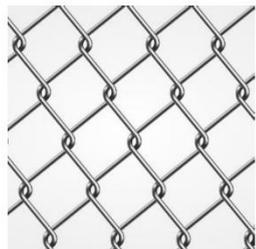


Figura 9. Escuadría típica de mallas hexagonales. Fuente: <https://sidocsa.com/producto/malla-eslabonada/>

MALLAS ELECTROSOLDADAS:

La malla electrosoldada es más rígida que las eslabonadas y las hexagonales y su conformación se hace en cuadrículas de igual espaciamiento en las dos direcciones. Su fácil conformación en el campo y su economía de construcción los

ha hecho populares y su uso se ha extendido especialmente a obras de construcción de carreteras.



Figura 10. Gavión en malla electrosoldada. Fuente: <https://images.app.goo.gl/w2y8sDjoPq1sLeoS6>

Sus cualidades dependen del proceso de soldadura y en especial del control de temperatura en este proceso. Es común encontrar alambres frágiles o quebradizos por los puntos de unión o de uniones débiles o sueltas. Para garantizar una soldadura eficiente se recomienda exigir que esta cumpla con la norma ASTM A185. La malla electrosoldada recubierta de PVC ha sido una respuesta efectiva al problema de la corrosión.

EL RELLENO:

La evolución del gavión no ha tenido cambios muy marcados a lo largo del tiempo, aunque el relleno utilizado si ha variado. Desde mimbres trenzados rellenos de tierra, hasta mallas galvanizadas rellenas con pedazos de neumáticos. (Orgando Ramírez, 2015)



Figura 11. Rocas para el llenado de gaviones. Fuente: <https://pixabay.com/es/photos/piedras-ripio-gaviones-de-piedra-1323243/>

El material de relleno consiste en rocas de canto o cantera, teniendo cuidado de no utilizar materiales que se desintegren al interactuar con el agua o la intemperie. (INVIAS, 2012).

- **Granulometría:** El tamaño de los fragmentos de roca utilizados debe ser de entre 10 y 30 cm, y en ningún caso debe ser menor que 10 cm.

- **Resistencia a la abrasión:** El desgaste de material al ser sometidos a ensayo (según la norma INV E-219), deberá ser inferior al 50%.
- **Absorción:** Su capacidad será inferior al 2%
- **Resistencia mecánica:** Los fragmentos de roca de llenado del gavión deben tener una resistencia a la compresión simple superior a 250 veces el nivel de esfuerzos al que estará sometida la estructura.

V. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS GAVIONES

Las estructuras de gaviones sin importante poseen un procedimiento particular para armar cada uno (ACEROS METALES Y MALLAS LTDA, 2016). Pueden considerarse los siguientes.

- GAVIÓN TIPO CAJA:

El proceso constructivo para el armado de los gaviones en tipo caja (PRODAC, s. f.) se realiza de la siguiente forma:

1. Desplegar la malla en una superficie plana y rígida. Hacer dobleces para armar la caja.

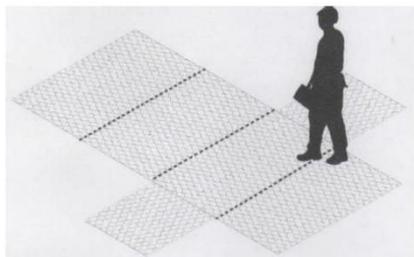


Figura 12. Extensión y dobleces de la malla. Fuente: (ACEROS METALES Y MALLAS LTDA, 2016)

2. Amarrar las aristas alternando una vuelta sencilla y una doble cada 10 cm.

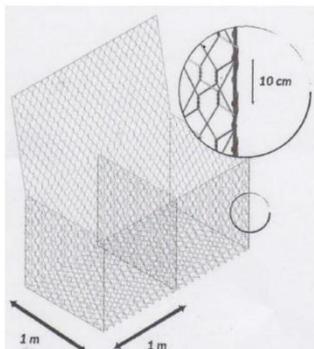


Figura 13. Amarrado de las aristas del gavión. Fuente: (ACEROS METALES Y MALLAS LTDA, 2016)

3. Amarrar los gaviones entre si antes del llenado con el mismo tipo de hilvanado a lo largo de las aristas en contacto.

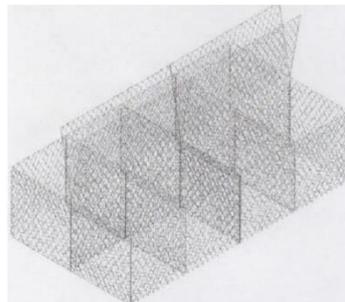


Figura 13. Amarrado entre gaviones. Fuente: (ACEROS METALES Y MALLAS LTDA, 2016)

4. Usar un encofrador de madera para posicionar bien el gavión y realizar un correcto llenado de estos.

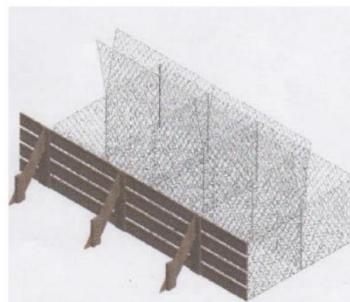


Figura 13. Encofrador posicionado junto a los gaviones. Fuente: (ACEROS METALES Y MALLAS LTDA, 2016)

5. El llenado debe realizarse en 3 etapas, en las que después de llenar 1/3 se instala un tensor entre capas de roca (a 1/3 y 2/3 de la altura del gavión).



Figura 14. Posición de los tensores. Fuente: (ACEROS METALES Y MALLAS LTDA, 2016)

La instalación de los tirantes puede realizarse de varias formas, de acuerdo con las necesidades del proyecto, se pueden instalar tirantes horizontales, verticales y diagonales, y estos pueden ser simples o dobles.

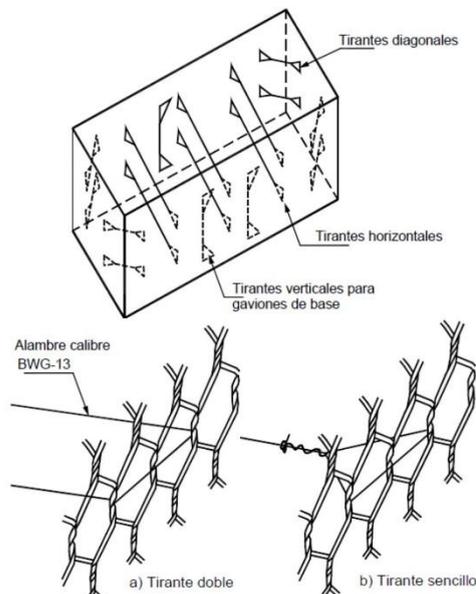


Figura 15. Tirantes. Fuente: (Suárez Díaz, 2001).

- GAVIÓN TIPO SACO:

Para la construcción del gavión de saco (Morassutti F, 2013) se tiene en cuenta el siguiente proceso:

1. Preparar la superficie de asiento del gavión.



Figura 16. Preparación de malla sobre una superficie plana. Fuente: (Morassutti F, 2013)

2. El segmento de malla debe ser enrollado en sentido longitudinal hasta formar un cilindro abierto en las extremidades y amarrar a 30 cm a partir de cada extremidad.

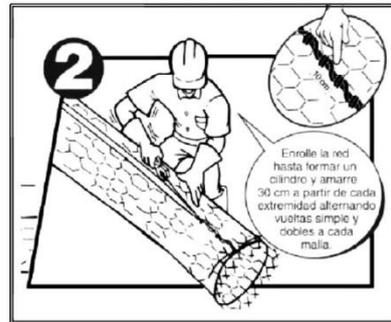


Figura 16. Enrollado de la malla. Fuente: (Morassutti F, 2013)

3. Para cerrar los extremos del cilindro se acostumbra a colocar una de las extremidades del alambre de amarre amarrado a un punto fijo. Se hace lo mismo con la otra extremidad del elemento.



Figura 16. Amarre de los extremos. Fuente: (Morassutti F, 2013)

4. El amarrado del cilindro hace lucir al gavión tipo saco con un aspecto de envoltura de caramelo. El cilindro es levantado verticalmente y lanzado contra el suelo para aplastar los extremos hasta conformar las extremidades del gavión.



Figura 17. Conformado de las extremidades del gavión. Fuente: (Morassutti F, 2013)

5. De la misma forma son colocados en sentido diametral, a cada metro, unos pedazos de alambre de amarre, cuyo largo sea de aproximadamente 3 veces el diámetro del gavión, cumpliendo también la función de tirantes, para así evitar deformaciones excesivas durante el llenado y la colocación.

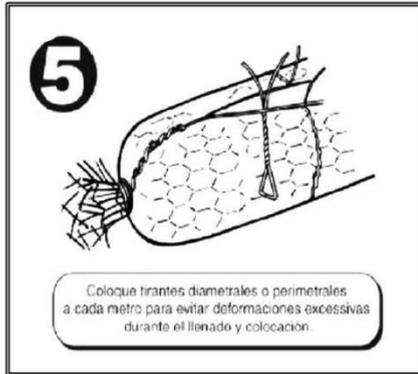


Figura 18. Instalación de tirantes. Fuente: (Morassutti F, 2013)

6. El llenado del gavión saco se debe realizar colocando las piedras desde las extremidades hasta el centro del gavión, con el cuidado de reducir al máximo el índice de vacíos.

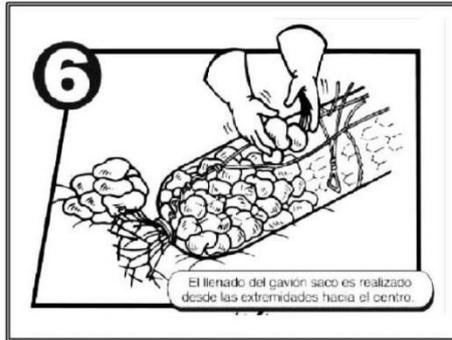


Figura 19. Llenado del gavión saco. Fuente: (Morassutti F, 2013)

7. Progresivamente que el gavión saco sea relleno se deben ir amarrando los tirantes, así como ir amarrando el gavión en toda su longitud con el mismo tipo de costura.

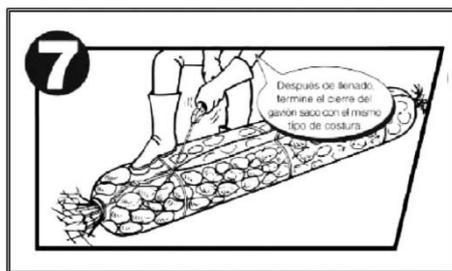


Figura 20. Llenado del gavión saco. Fuente: (Morassutti F, 2013)

VI. REFERENCIAS TÉCNICAS

En el mercado comercial ACEROS METALES Y MALLAS LTDA, ofrece mallas para gaviones y gaviones de caja con las siguientes referencias técnicas. (ACEROS METALES Y MALLAS LTDA, 2019).

MALLA DE ACERO GALVANIZADA	
Tipo de malla:	Hexagonal.
Ancho de la malla:	x
Altura de la malla:	y
ALAMBRE DE ACERO GALVANIZADO	
Diámetro:	2.0 mm hasta 3.0 mm
Resistencia a la tracción:	400-550 N/mm ² .
Material:	Acero bajo carbono

Figura 21. Datos técnicos de la malla del gavión. Fuente: (ACEROS METALES Y MALLAS LTDA, 2019).

La configuración y medidas de escuadría ofrecidas comercialmente se tienen:

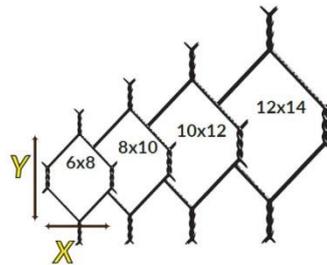


Figura 21. Escuadrías ofrecidas. Fuente: (ACEROS METALES Y MALLAS LTDA, 2019).

En cuanto a la resistencia y consideraciones del alambre se tiene:

PROTECCIÓN A LA CORROSIÓN	
Protección a la corrosión:	NTC 2403.
Tipo de recubrimiento:	Zinc 99% pureza.
Capa de Zinc:	60 g/m ² o 260 g/m ² .
MEDIDAS ESTANDAR DEL GAVION	
Ancho:	w = 1.0 m hasta 1.5 m.
Alto:	h = 0.50 m hasta 1.0 m
Largo:	h = 1.0 m hasta 6.0 m

Figura 21. Características del alambre y dimensionamiento del gavión. Fuente: (ACEROS METALES Y MALLAS LTDA, 2019).

Por requisitos de los clientes, las diferentes empresas productoras de gaviones en Colombia ofrecen dimensiones diferentes a las comerciales (2 x 1 x 1), para ajustarse a las variedades de proyectos en que son requeridos.

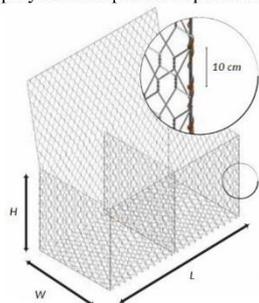


Figura 21. Dimensión del gavión. Fuente: (ACEROS METALES Y MALLAS LTDA, 2019).

VII. APLICACIONES

- MEDIOS HIDRAULICOS:

La utilización de los gaviones constituye una de las aplicaciones más utilizadas en los medios hidráulicos, esto debido a su versatilidad y resistencia son aptos para todo tipo de emplazamientos desde el nacimiento de los ríos hasta la desembocadura en lagos embalses o el mar. (A Bianchini, 2017).

Algunos ejemplos de soluciones en medios hidráulicos son:

- Albarrada
- Diques de corrección
- Defensas fluviales
- Defensas de márgenes
- Encauzamientos fluviales



Figura 22. Encauzamiento de ríos. Fuente: (A Bianchini, 2017)

En los medios hidráulicos las estructuras construidas con gaviones tienen grandes ventajas pues:

- Presentan amplia adaptabilidad, pues son fáciles de construir en zonas inundadas.
- Funcionan como presas filtrantes y permiten el flujo del agua y la retención de azolves.
- Tienen alta durabilidad.

Por sí sola su principal objetivo es reducir la erosión hídrica, retención azolves y favorecer la retención e infiltración del agua. (López Martínez & Oropeza Mota, 2009)

- MUROS DE CONTENCIÓN:

Debido a la adaptabilidad al medio ambiente y sus características estructurales, los muros de gaviones metálicos son el principal sistema utilizado para la contención de terrenos.

Principalmente los muros de contención son usados en:

- Carreteras
- Autopistas
- Vías férreas convencionales y de alta velocidad
- Edificaciones



Figura 23. Muro de contención en carretera. Fuente: (A Bianchini, 2017)

- URBANISMO Y OBRAS SINGULARES:

Por su versatilidad y uso, el sistema de construcción con gaviones es una solución ideal para diferentes proyectos arquitectónicos, pues aportan buenos acabados paisajísticos.

Algunos ejemplos de aplicación son:

- Parques
- Jardines
- Obras singulares



Figura 24. Antes (izquierda) y después (derecha) de una estructura construida con gaviones. Fuente: (A Bianchini, 2017)

VIII. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la multifuncionalidad de los gaviones, se posicionan como una solución integral a diferentes requerimientos de construcción y arquitectura.

Los gaviones permiten así, un amplio campo para la innovación y aplicaciones en construcción, ya que representa un recurso económico en el tratamiento de diferentes necesidades, como son el tratamiento hidráulico de la rivera del Río Magdalena (Colombia). (Contreras, 2017).

Cabe resaltar que la construcción de este tipo de estructuras es muy sencilla, más económica que obras o tratamientos con hormigón, y le permite adaptarse al entorno y al terreno. (Florez La-Rotta & Salazar Beltrán, 2007).

Los gaviones permiten plantearse nuevos horizontes en la construcción, se habla de que son estructuras fundamentales y típicas para el control de la erosión a diferentes niveles y e diferentes tipos de suelo. El gavión en sus diferentes presentaciones se consolida como la opción más escogida y común, gracias a las características descritas a lo largo del texto, principalmente por su facilidad de instalación y su fácil relación con el medio ambiente. En territorio geográfico como el colombiano, se utiliza de la mano con otras metodologías para generar recuperación de cobertura verde en las obras de intervención civil y ahondando en el desarrollo de decoración paisajística en jardines naturales.

REFERENCIAS

- A Bianchini, I. S. A. (2017). Gaviones-Sistemas de Corrección fluvial- Muros de Contención - Urbanismo. A. Bianchini.
- ACEROS METALES Y MALLAS LTDA. (2019). *Catálogo Comercial*.
- ACEROS METALES Y MALLAS LTDA. (2016). *INSTRUCTIVO DE ARMADO DE GAVION*. 3.
- Báez Lozada, L. C., & Echeverri López, P. (2015). *Diseño de estructuras de contención considerando interacción Suelo-Estructura*. (Proyecto de Grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C, Colombia.
- Blanco Fernández, E. (2011). *Sistemas flexibles de alta resistencia para la estabilización de taludes*. Revisión de los métodos de diseño existentes y propuesta de una nueva metodología de dimensionamiento (Tesis Doctoral). Universidad de Cantabria, Santander, España.
- Cano Valencia, A. (2007). *Resistencia de la malla de Gavión al Aplastamiento por impacto* (Proyecto de Grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Contreras, J. S. (2017). *Presupuesto para muro gavión a gravedad, para la protección de la rivera del Río Magdalena en el corregimiento de Puerto Bogotá, Municipio de Guaduas, Cundinamarca (Proyecto de Grado)*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C, Colombia.
- de Almeida Barros, P. L., Fracassi, G., da Silva Duran, J., & Teixeira, A. M. (2010). *Obras de Contención - Manual Técnico. Maccaferri do Brasil Ltda*, 222.
- Florez La-Rotta, R. I., & Salazar Beltrán, M. A. (2007). *Carreteras Destapadas: Nociones de Diseño, Construcción y Mantenimiento de Estructuras de Contención*. Material de Autoestudio presentado en Estructuras de Contención, Tunja, Colombia.
- INVIAS. *INV E-506 Artículo 681-7: Gaviones*, Pub. L. No. Norma INV E-506, 6 (2012).
- INVIAS. *INV E-506- Art 681-13: Gaviones de Malla de Alambre entrelazado.*, INV E-506 § (2012).
- López Martínez, R., & Oropeza Mota, J. L. (2009). *Presas de Gaviones*. SAGARPA- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Morassutti F, G. F. (2013). *Manual de diseño de estructuras flexibles de Gaviones*. Universidad de Carabobo, 76.
- Orgando Ramírez, L. (2015). *Los gaviones: análisis, evolución y comportamiento*. Propuesta para las envolventes de las escuelas en la República Dominicana (Máster Universitario). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- PAVCO, & Mexichem, S. I. (2013). *Gaviones | Especificaciones Técnicas*. Especificaciones Técnicas.
- PRODAC. (s. f.). *Manual de Instalación de Gaviones*. PRODAC.
- Suárez Díaz, J. (2001). *Capítulo 7. Los Gaviones*. En *Control de Erosión en Zonas tropicales* (pp. 556 (227-250)). Bucaramanga, Colombia: Librería UIS.



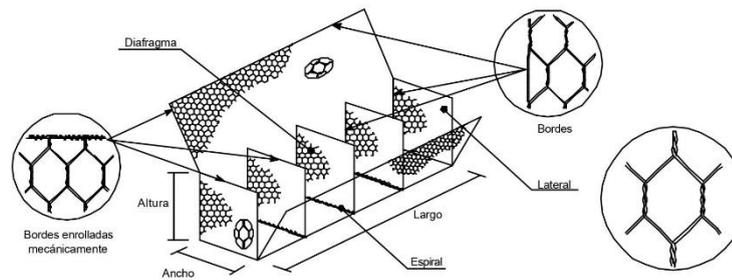
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

GAVIONES

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES

1.- GAVIONES

Los gaviones están constituidos por módulos de forma prismática y sección cuadrada, rectangular, o cilíndrica, contruidos con mallas de alambre, divididos en compartimientos por medio de diafragmas o tabiques interiores del mismo tipo de malla, y rellenos con piedras o bloques de roca.



1.1 Tipos y Dimensiones

Se consideraran gaviones caja galvanizados de acuerdo a las dimensiones y especificaciones que señala el proyecto

1.2 Alambre

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarre y atirantamiento durante su construcción, debe ser de acero dulce recocido de acuerdo con la s especificaciones de alguna de las siguientes normas:

ASTMA641M-98
NBR 8964
NB 709-00,
B.S.S. 1052
DIN 1652
BEKAERT AS-03-10

Lo anterior implica que el alambre deberá cumplir, entre otros aspectos, con las siguientes especificaciones:

- Tensión Media de Ruptura: 37 a 50 kg/mm².
- Material Base: La calidad del acero deberá ser la adecuada para obtener alambres por trefilado. Los contenidos máximos de sus componentes serán:
 - %C : máx 0.13
 - %P : máx 0.04
 - %S : máx 0.05
- Estiramiento: La elongación no deberá ser menor que 12%, hecho sobre una muestra de 30cm de largo previo a la fabricación de la red, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 8964 y de la ASTM A641M-98.

1.3 Revestimiento del Alambre

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarre y atirantamiento durante su construcción, debe ser galvanizado de acuerdo con las especificaciones siguientes:

ASTM A641 galv. Class 3
 B.S.S. 443/1982 "Zinc Coating on Steel Wire"
 DIN 1548
 BEKAERT AS-03-10
 ABNT NBR 8964

Esto implica que el alambre deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- Cantidad mínima de revestimiento: 244 gr -zinc/m²
- Adherencia: El revestimiento de zinc debe adherirse al alambre de tal forma que, después de que el alambre haya sido enrollado 15 veces por minuto alrededor de un mandril, cuyo diámetro sea igual a 3 veces el del alambre, no pueda ser escamado o quebrado o removido con el pasar del dedo, de acuerdo con la especificación de la ASTM A641M-98.
- Pureza del Zinc : El alambre se galvanizará según el procedimiento de inmersión en un baño de zinc fundido con una pureza mínima del 99,95% en peso

Posteriormente, son recubiertos por una capa de PVC con espesor nominal de aproximadamente 0,5 mm. Las características constructivas y de resistencia a los testes de envejecimiento del PVC empleado responden a normas internacionales sobre el tema:

ASTM D 1482 – 57T
 ASTM D 792 – 91
 ASTM D 2240 – 91
 ASTM D 412 – 92
 ASTM D 2287 – 92
 ASTM D 2124 – 62T
 ASTM D 1242 – 56 (75)
 ASTM B 117 – 90
 ASTM D 1499 – 92 Y ASTM G 23 – 93 Equipamiento tipo E.
 BS 2782 – 104A
 BS 2782 – 151A - 84

1.4 Características de la Malla

La red debe ser en malla hexagonal de doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres veces media vuelta, de acuerdo con las especificaciones de las normas:

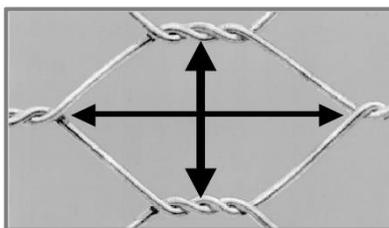
ASTM 975-97

NBR 10514

NB 710-00

NP 17 055 00.

Las dimensiones de la red se denominarán como tipo 8x10 ó tipo 8x12, señalando con estas medidas las dimensiones del hexágono, tomando primeramente la cifra que señala la distancia nominal en centímetros entre los lados donde se realizan las torsiones y seguidamente la cifra correspondiente a la distancia nominal en centímetros entre los vértices del hexágono pertenecientes a la diagonal mayor.



Las características de los alambres utilizados en la confección de la malla se indican en la siguiente tabla:

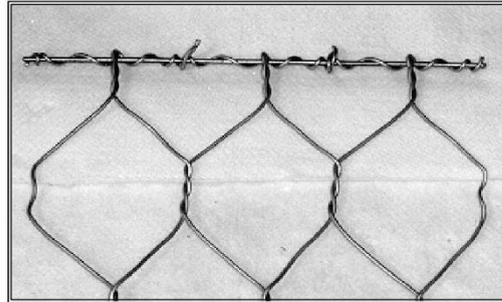
Características	Gaviones Caja Galvanizado
Tipo de Malla	8x10 – 8x12
Abertura de la malla	83x114mm
Alambre de la malla	2.4mm
Alambre de los bordes	3.0mm
Alambre de Amarra	2.4mm

(*) Los valores dados en esta tabla son valores nominales mínimos

1.5 Refuerzo de los Bordes

Todos los bordes libres del gavión, inclusive el lado superior de los diafragmas, deben ser reforzados mecánicamente de manera tal que no se deshile la red y para que adquiera mayor resistencia. El alambre utilizado en los bordes reforzados

mecánicamente debe tener un diámetro mayor que el usado en la fabricación de la malla, con un mínimo de 3.0 mm para gaviones galvanizados.



1.6 Características del Gavión Caja

Cada gavión caja con largo mayor que 2.0m inclusive, debe ser dividido en celdas por diafragmas colocados a cada metro.

El lado inferior de las laterales debe ser fijado al paño de base, durante la fabricación, a través del entrelazamiento de sus puntas libres alrededor del alambre de borde.

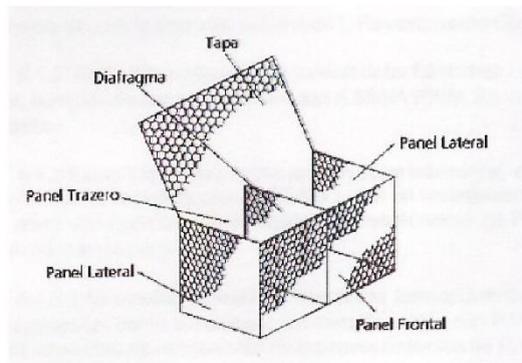
El lado inferior de los diafragmas debe ser cosido al paño de base, durante la fabricación, con una espiral de alambre de diámetro de 2,4 mm.

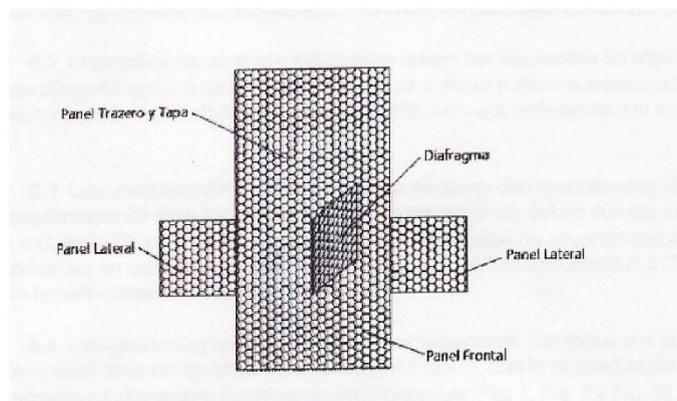
Dimensiones estándar:

Largo 2,00 m 3,00 m 4,00 m

Ancho 1,00 m

Altura 1,00m 0,50m 0,30m





1.7 Amarre y Atirantamiento

Con los gaviones caja debe ser provista una cantidad suficiente de alambre para amarre y atirantamiento.

Este alambre debe ser de las mismas características que el alambre de la malla con un diámetro de 2.4mm en galvanizado.

Su cantidad, se especifica en relación al peso de los gaviones provistos, considerando que las unidades de rollos de alambre de amarre pesan 25kg.

Para gaviones de 1.0m de altura un mínimo de 8% y para los de 0.5m de altura un mínimo de 6%.

1.8 Tolerancias

Se admite una tolerancia en el diámetro del alambre del zincado de ? 2.5%.

Se admite una tolerancia en el largo del gavión caja de ? 3%, en la altura y ancho de ? 5%.

2.- MATERIAL DE RELLENO

Las piedras deberán ser sanas, duras y no alterables frente a la acción del agua y los agentes atmosféricos.

Su peso específico deberá ser superior a 2.2 t/m³. A modo de información complementaria se señalan los siguientes valores referenciales:

Tipo de Roca	Peso Especifico	
Basalto	t/m ³	2.9
Granito	t/m ³	2.6
Caliza Compacta	t/m ³	2.6
Traquita	t/m ³	2.5
Guijarro de Río	t/m ³	2.3
Arenisca	t/m ³	2.3
Caliza Tierna	t/m ³	2.2

Las piedras podrán ser de canto rodado o canto vivo. Se recomienda que las piedras de aristas vivas sean dispuestas de manera que sus cantos no dañen el recubrimiento de la malla, especialmente en el contacto con elementos de mallas horizontales. No es recomendable la utilización de piedras porosas, trizadas o con fallas físicas.

Sus dimensiones deberán estar comprendidas entre un tamaño máximo igual a tres veces la abertura máxima del hexágono y en todo caso inferior a 0.40m, con un tamaño mínimo igual a 1.2 veces la abertura máxima del hexágono de la malla.

3.- GEOTEXTIL

Con la finalidad de evitar la erosión a trasdós del muro y la infiltración de material fino al interior de los gaviones se dispondrá de Geotextil, de acuerdo a las siguientes especificaciones técnicas:

Propiedades del Material

- Tipo: Geotextil No Tejido
- Material : Poliéster
- Gramaje : 200gr/m²

Propiedades Mecánicas (*)

- Resistencia Longitudinal a la Tracción : 700N
- Punzonamiento: 250N
- Corte Trapezoidal: 250N

(*) Valores Mínimos

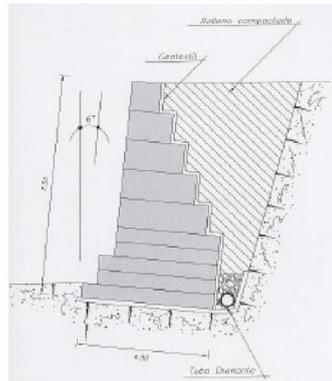
EJECUCIÓN Y CONTROL

1.- Preparación del terreno

Antes de iniciar el montaje y relleno de los gaviones, se deberán excavar las fundaciones de las estructuras de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y cotas definidas en el Proyecto. Salvo indicación contraria en el Proyecto, se recomienda la compactación del sello de toda excavación fuera de las zonas con exceso de humedad, hasta alcanzar como mínimo el 90% de La D.M.C.S., determinada según el Método LNV 95.

Dado que los gaviones son estructuras altamente flexibles, tomarán en su mayor parte las deformaciones del terreno de fundación, por lo que si este no tiene una buena capacidad de soporte se recomienda la disposición de una camada de material de mejor calidad o el apoyo sobre suelo tratado con cemento u hormigón pobre con el fin de evitar deformaciones excesivas en la obra.

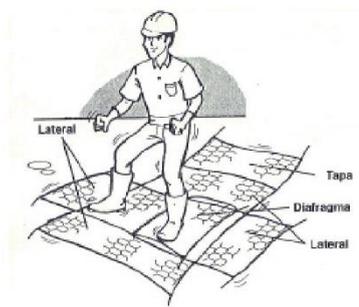
De igual forma y dado que los gaviones son altamente permeables, es recomendable considerar sistemas apropiados de evacuación de las aguas en muros inclinados y apoyados sobre superficies impermeables, con el fin de garantizar la correcta evacuación de las aguas.



1.2 Armado de los Módulos

Teniendo en cuenta que las mallas de gaviones vienen plegadas, se deberá considerar la siguiente secuencia para su armado:

- a) Se despliega y abate en el suelo el módulo correspondiente



Desdoblar el gavión caja sobre una superficie rígida y plana, eliminando eventuales irregularidades

- b) Se levantan sus paredes hasta hacer coincidir las aristas contiguas formando una caja con la tapa abierta.

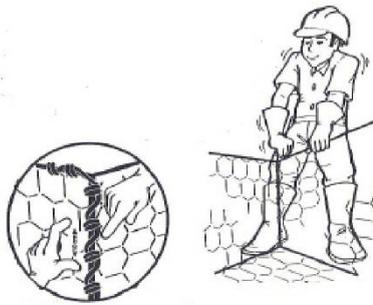


- c) Se juntan los cantos superiores de los paneles con los alambres gruesos que salen de la red.



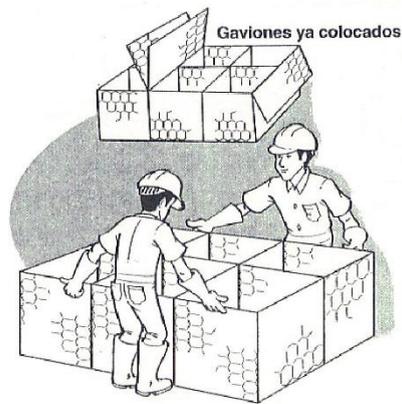
Con el alambre de amarras se atan las aristas con regular fuerza, cuidando de no dañar el recubrimiento de los alambres

- d) Se amarran las divisiones interiores de la malla a modo de diafragma o tabiques transversales dejando compartimientos independientes. Estos diafragmas deben amarrarse en todas sus aristas, dejando libre solamente la arista superior que irá en contacto con la tapa del gavión.

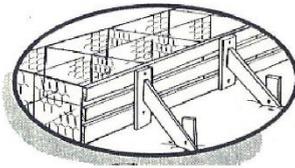


Fije el alambre de amarra en el canto inferior de las aristas y amárrelas alternando vueltas simples y dobles a cada malla, ya que de esta manera es posible obtener una estructura, capaz de resistir fuertes deformaciones sin perder su funcionalidad.

- e) Una vez armada la caja, se procederá a ubicarla en el sitio señalado en los planos, cosiéndola firmemente a las cajas inmediatamente adyacentes y a lo largo de todas las aristas de contacto, tanto en la dirección vertical como horizontal, incluyendo aquellas de los tabiques interiores. Los gaviones deben amarrarse entre sí antes de llenarlos con piedras, para facilitar de esta manera la operación de amarre. El amarre de los gaviones con sus vecinos se efectuará mediante la misma costura continua que se indicó anteriormente.



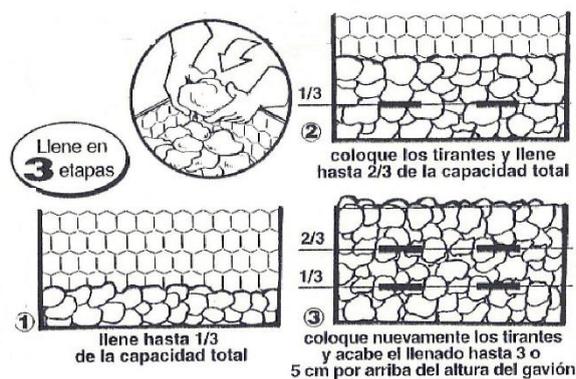
- f) Con el objeto de impedir que las paredes de la estructura se deformen durante el proceso de llenado de los gaviones, se deberá utilizar moldajes a fin de escuadrar los paramentos de la malla, según el sentido de la mayor longitud. La operación normalmente se realiza por medio de un entablado o de un bastidor metálico que se sostiene con puntales, generalmente de fierro. Estos moldajes deberán ser verticales y estar alincados siguiendo el trazado de la estructura.



- g) Efectuada la operación de ubicar el gavión en el lugar especificado, puestos los bastidores antes indicados y hechas las costuras y uniones respectivas, se procederá a su llenado con el material previamente seleccionado y acopiado. El relleno se hará en forma manual, colocando las piedras de mayor tamaño y de caras más planas en contacto con las mallas, reservándose las de menor tamaño para el relleno del interior. Se debe cuidar que las paredes laterales no se deformen ni se dañen, lo mismo que los diafragmas interiores. A medida que avance el llenado se realizará la colocación de tirantes de alambre del mismo tipo que el de la malla para que las paredes opuestas de la estructura no se deformen. La colocación de tirantes en el sentido horizontal se efectuará cada 33cm en gaviones de 1m de altura y 0.25m en gaviones de 0.5m de altura, e intercalados a 50 cm entre sí, aproximadamente. De esta manera se dispondrá de

un mínimo de 4 tirantes por metro cuadrado. También deberán colocarse tirantes de alambres verticales o diagonales según las instrucciones de la ITO o según se indique en los planos y/o en las ETE. Se considerará una amarra que abarque dos lados torsionados del hexágono de la malla.

Para evitar deformaciones de las paredes internas, es importante no llenar una caja sin que la caja del lado esté también parcialmente llena. También se recomienda fijar con maderos o fierros de construcción, los bordes libres superiores de las paredes verticales previo al llenado de los gaviones.



- h) Terminado completamente el llenado de los gaviones, se comprobará que su coronamiento está nivelado y se procederá a cerrarlos bajando su cubierta y amarrando la tapa. Esta amarra deberá comprometer todas las aristas superiores, incluyendo la de los diafragmas. En la zona de contacto entre dos gaviones contiguos, la costura de la tapa deberá considerar las aristas de ambos gaviones.



1.3 Relleno posterior

Se recomienda que el relleno posterior del muro sea ejecutado con material de buena calidad. Si fuera utilizado un material cohesivo, el mismo debería ser compactado en capas de 20cm. Dicho procedimiento mejora las características del terreno y minimiza el valor del empuje activo.

La utilización de Geotextil para control de erosión a trasdós del muro evita la fuga del material fino a través del gavión el cual tiene un alto índice de vacíos, lo que favorecerá la migración de partículas finas. El Geotextil actuará como filtro de las partículas finas estabilizando el sistema de suelo de relleno y gavión.



SOCIEDAD COLOMBIANA DE
GEOTECNIA

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE GAVIONES: MUROS Y RECUBRIMIENTOS

CON EL AUSPICIO DE:



BOGOTÁ D.C., AGOSTO DE 2000





PRESENTACIÓN

El uso de los gaviones, que data de épocas antiguas, se ha extendido en el mundo moderno de la ingeniería, cubriendo gran cantidad de necesidades en las construcciones civiles.

Por su aparente simplicidad, la teoría sobre el diseño de estructuras conformadas por gaviones, no se ha incluido como una parte obligatoria de los programas de enseñanza de la geotecnia. Para llenar este vacío y actualizar al ingeniero en las técnicas de diseño de estructuras de gaviones, la Sociedad Colombiana de Geotecnia organizó el presente curso sobre "Diseño de Estructuras de Gaviones: Muros y Recubrimientos".

El curso cuenta con las conferencias de los ingenieros José Vicente Amórtegui, coordinador de la iniciativa y del curso, Manuel García López, Alvaro Jaime González y Hugo Ernesto Acosta.

Los gaviones, aquel atado de piedras contenido por una malla, que en la actualidad es metálica pero que en otras épocas se componía de fibras naturales o juncos, se han empleado por mucho tiempo para el control de socavación en ríos, y su uso para este fin ha sido siempre exitoso. En el revestimiento de taludes, en donde la vegetación completa un recubrimiento que controla el contenido de humedad, ha logrado un uso extendido, y en la contención de taludes también, aunque presentando una eficiencia bastante desfavorable comparado con el papel que jugaría un muro de gravedad o de concreto reforzado en las mismas condiciones.

Es la intención de curso recordar los principios básicos que rigen en diseño de estructuras de gaviones, y presentar las costumbres insanas que se van arraigando acerca del uso de gaviones y el abuso que se comete sobre su utilización en algunos medios constructivos.

Es nuestro deber, sembrar la inquietud en el ingeniero para que combata el abuso que se da a veces al uso de los gaviones como estructuras de contención que no cumplen el más mínimo principio de estabilidad y durabilidad, el uso de gaviones como estructuras de cimentación en edificaciones ubicadas en laderas, y profundizar en la teoría de los alambres y calibres que ofrecen hoy en día los fabricantes especializado en el tema.

Agradecemos a Maccaferri, especialistas en la fabricación de gaviones, el patrocinio brindado al presente curso de la Sociedad Colombiana de Geotecnia y muy especialmente a los conferencistas que lo hicieron posible.

*Héctor Parra Ferro.
Presidente de la SCG.*

**CONTENIDO**

1. INTRODUCCION.....	iv
2. DESARROLLO HISTORICO DE LOS GAVIONES.....	iv
3. VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE GAVIONES.....	v
4. CARACTERISTICAS DE LOS GAVIONES.....	vii
4.1. Dimensiones.....	vii
4.2. Materiales.....	vii
4.2.1. Alambre.....	vii
4.2.2. Mallas.....	ix
4.2.3. Material de Relleno.....	x
4.3. Características de Resistencia de Gaviones.....	xi
A) Distorsión angular.....	xi
B) Volteo.....	xii
C) Deslizamiento.....	xii
D) Flexión.....	xii
5. EVALUACIÓN DE ESFUERZOS LATERALES SOBRE ESTRUCTURAS DE GAVIONES.....	xiii
6.1. Empuje Activo.....	xiii
5.1. Otras Acciones.....	xiv
5.2. Presiones de Compactación.....	xiv
5.2.1. Compactación de Rellenos Granulares.....	xv
5.2.2. Compactación de Rellenos Cohesivos.....	xvi
5.2.3. Recomendaciones Constructivas.....	xvii
5.3. Efectos Sísmicos.....	xvii
6. DISEÑO DE MUROS DE GAVIONES.....	xviii
6.1. Criterios para el Diseño.....	xviii
6.1.1. Volcamiento.....	xviii
6.1.2. Deslizamiento.....	xix
6.1.3. Capacidad portante.....	xix
6.1.4. Estabilidad general.....	xix
6.1.5. Estabilidad interna.....	xix
6.1.6. Deformaciones.....	xx
6.1.7. Sección Resistente de una Estructura de Gaviones.....	xx
6.1.8. Contrafuertes.....	xx
6.1.9. Puntales.....	xxi
6.2. Procedimiento de Diseño.....	xxii
8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.....	xxvii



9. REFERENCIAS.....XXX

**DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE GAVIONES:
MUROS Y RECUBRIMIENTOS**

1. INTRODUCCION

Este documento contiene los aspectos relevantes tratados en el curso organizado por la SCG sobre el diseño de estructuras de gaviones. Se trató de enfatizar los principios que son particulares y propios de las estructuras flexibles de gaviones, pasando rápidamente por temas clásicos de la mecánica de suelos que se encuentran en varios textos.

Este documento complementa las "Especificaciones Técnicas Básicas para la Construcción de Estructuras de Gaviones" preparadas por la SCG y entregadas durante el curso.

NOTA: el presente documento fue preparado por los Ings. José Vicente Amórtegui y Hugo Ernesto Acosta con la colaboración en la edición del Ing. Francisco Alonso Cortés.

2. DESARROLLO HISTORICO DE LOS GAVIONES

La aparición de los gaviones se remonta al año 500 A.C. cuando los egipcios usaron cestas de fibras naturales para construir diques en las orillas del río Nilo. Ya en el siglo XVI, los ingenieros utilizaban en Europa unas cestas de mimbre rellenas de tierra denominadas por sus inventores italianos *gabbioni* o "jaulas grandes", para fortificar los emplazamientos militares y reforzar las orillas de los ríos. Actualmente un armazón de tela metálica, relleno de piedras en lugar de tierra, ha sustituido la cesta de mimbre, pero la fuerza básica de los gaviones y sus ventajas respecto a otras estructuras rígidas utilizadas en las obras de ingeniería es la misma. En la Tabla N° 1 se presenta un resumen de los acontecimientos más importantes que marcaron la evolución de los gaviones en el ámbito mundial y en nuestro país.

TABLA N° 1: DESARROLLO HISTORICO DE LOS GAVIONES

FECHA	LUGAR	ACONTECIMIENTO
~5000 AC	EGIPTO	Diques en el borde del río Nilo, utilizando mimbre y betún.
~1000 AC	CHINA	Diques en el río Amarillo, con fibras vegetales tejidas.
100 AC	ROMA (GALIAS)	Uso de gaviones en fortificaciones temporales.
20 AC	ROMA	Vitruvius los recomienda como ataguías en sus libros de arquitectura y construcción.



40 a 50 DC	ROMA	Construcción del muelle de Ostia, para contención de rellenos en una zona pantanosa.
Siglo XVI	EUROPA	El diccionario Oxford establece una referencia en el año 1579, e indica que la palabra "gavión" se derivó del latín <i>cavea</i> . En 1588 aparece la primera publicación sobre el uso de gaviones "Le Diverse et Artificiose Macchine" escrita por Agostino Ramelli. Reaparecen en Italia los gaviones de mimbre (gabbioni o "jaulas grandes").

TABLA N° 1: (CONTINUACION)

FECHA	LUGAR	ACONTECIMIENTO
Siglo XVII	EUROPA	Ingenieros militares de Francia utilizaban el gavión como protección ante ataques militares.
Siglo XIX	EUROPA	Aparecen los gaviones de malla metálica.
1932	USA	El manual de ingeniería del Departamento de Guerra establece algunas especificaciones para la construcción de gaviones
1960	AMÉRICA LATINA	Se inicia el empleo de gaviones.
1963 a 1966	COLOMBIA	Se inicia el empleo de gaviones.
1965	COLOMBIA	Publicaciones y traducciones privadas o internas. Universidad Nacional y firmas consultoras.
1970 (?)	COLOMBIA	FFCC Nacionales adquieren máquina para la fabricación de mallas.
1972	COLOMBIA	Primera publicación sobre el tema a cargo del INDERENA.
1972 ó 1973	COLOMBIA	La Secretaría de OOPP de Antioquia adquiere una máquina para la fabricación de mallas.
1973	COLOMBIA	El MOPT adquiere en Alemania, una máquina para fabricación de mallas para gaviones.
1974	COLOMBIA	Publicación de la Secretaría de OOPP de Antioquia. Publicación del MOPT.
1977	COLOMBIA	Aparecen los gaviones de malla electro-soldada.
1979	COLOMBIA	Se llevó a cabo un curso especial de gaviones en la Universidad Industrial de Santander, dictado por los Ingenieros Jaime Suárez y Manuel García.
1981	COLOMBIA	Tesis Laureada de la Universidad Nacional: "Comportamiento de Gaviones". Baquero, F.; Barbosa, R. y Pabón, G.

3. VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE GAVIONES

Una de las principales ventajas de los gaviones, respecto a otro tipo de estructuras, es la flexibilidad intrínseca del

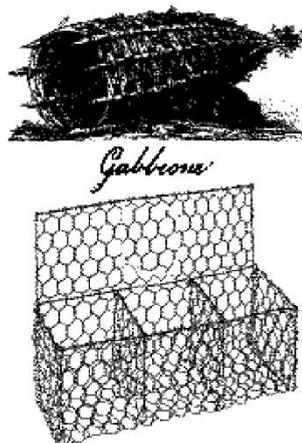
armazón, que sujeto a tensión y comprensión alternantes, le permite trabajar sin romperse, y sin perder su eficacia estructural. Como estructura deformable, todo cambio en su forma por hundimiento de su base o por presión interna es una

-v-

característica funcional y no un defecto. Así pues, se adapta a los pequeños movimientos de la tierra y, al deformarse, conserva su solidez estructural sin fracturas.

Como los gaviones se sujetan entre sí, la tela metálica resiste mucho la tensión, a diferencia del concreto. Una estructura de gaviones soporta un grado de tensión que comprometería mucho a una estructura de piedra seca y sería francamente peligrosa para el concreto y la mampostería simples. El armazón de tela metálica no es sólo un recipiente para el relleno de piedras, sino un refuerzo de toda la estructura.

La forma de los gaviones ha evolucionado y sus bordes se han reforzado con alambre de diámetro más ancho. Esto refuerza los lados del armazón durante la construcción, facilita las operaciones de sujeción y refuerza en general las estructuras de gaviones. Los diafragmas verticales sujetos a la base de los gaviones tienen como propósito limitar el movimiento interno del relleno de piedras y reforzar más el armazón. La tela metálica con forma de hexágonos es de doble torsión y está galvanizada para darle resistencia a la presión y la corrosión.



Las piedras de relleno ofrecen un mayor grado de permeabilidad en todo la estructura, lo que elimina la necesidad de un sistema de desagüe. En las obras hidráulicas también se eliminan así las presiones contrarias ejercidas en las orillas de los ríos por la variación de la profundidad del agua debida a las crecientes y los estiajes.

Otra ventaja radica en que los costos de mano de obra son mínimos ya que es posible capacitar rápidamente trabajadores no calificados, con supervisión de algunos calificados, para armar los gaviones, rellenarlos y sujetarlos entre sí con alambre de hierro galvanizado.

Las estructuras de gaviones se pueden hacer sin equipo mecánico y la obra puede iniciarse enseguida porque las primeras etapas de excavación y colocación de los cimientos son mínimas y se pueden realizar a mano. Al terminar, los gaviones pueden recibir de inmediato toda su carga sin los períodos de espera, de hasta un mes, normalmente asociados a las construcciones de concreto. Además, resulta relativamente fácil lograr una buena calidad de construcción por la simplicidad de los dos materiales utilizados, las canastas y las piedras.

Aunque es más bien fácil fabricar gaviones, siempre hay que respetar las reglas básicas de la ingeniería para asegurar la estabilidad de la estructura, y así, su sostenibilidad y durabilidad en el tiempo. En particular, los gaviones a menudo se asocian a los cortes y rellenos de los terrenos y, por ende, debe garantizarse la estabilidad y la resistencia intrínseca de la estructura en conjunto y de todas sus partes por separado.

En nuestro país, se han empleado gaviones para la construcción de estructuras de contención de hasta 12 m de altura y en la

construcción de estribos para puentes con alturas de 10 m, los cuales se han comportado de manera satisfactoria. También se han empleado como recubrimientos de hasta 35 m en taludes reforzados mediante distintos sistemas. Lo anterior nos da una idea de las capacidades de éste tipo de estructuras para soportar cargas importantes y servir como recubrimiento de grandes áreas, siendo un sistema comparativamente más económico que las estructuras en concreto reforzado y con resultados igualmente competentes.

4. CARACTERÍSTICAS DE LOS GAVIONES

4.1. DIMENSIONES

Por lo general, se emplean gaviones en forma de paralelepípedo con dimensiones que varían según su empleo o colocación dentro de la estructura. En la Tabla N° 2 se muestran las dimensiones de los gaviones más empleados en nuestro medio.

TABLA N° 2: DIMENSIONES DE LOS TIPOS DE GAVIONES MÁS EMPLEADOS EN COLOMBIA.

TIPO	LONG. (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)
Gaviones de base	2.00	1.00	0.50
Gaviones de cuerpo	2.00	1.00	1.00
Colchonetas	4.00	2.00	0.15 a 0.30

Sin embargo, es posible usar dimensiones diferentes de acuerdo con las características específicas de cada estructura.

Las dimensiones recomendadas por empresas productoras de gaviones son las siguientes (Ref. 15, 1983):

- Longitud: 2.00 m, 3.00 m ó 4.00 m
- Ancho: 1.00 m
- Altura: 0.50 m ó 1.00 m

Se admite una tolerancia de $\pm 3\%$ en la longitud del gavión y de $\pm 5\%$ en el ancho y alto.

4.2. MATERIALES

4.2.1. ALAMBRE

Todo el alambre usado en la fabricación de los gaviones y para las operaciones de amarre y atirantamiento durante la colocación en obra, debe ser de acero dulce recocido, galvanizado en caliente con zinc puro y exento de escamas, grietas, corrosión u otros defectos. Existen varias denominaciones para el calibre de los alambres galvanizados usados en la construcción de las canastas, estas denominaciones se presentan en la Tabla N° 3. Es recomendable indicar el diámetro del alambre en milímetros para evitar confusiones respecto a la denominación que se está utilizando.

TABLA N° 3: DENOMINACIONES PARA DIÁMETROS DE ALAMBRES.

DENOMINACION GALGA DE PARIS							
Calibre N°	13	14	15	16	17	18	19
Diámetro (mm)	2.00	2.20	2.40	2.70	3.00	3.40	3.90
DENOMINACION BWG							
Calibre N°	10	11	12	13	14	15	16
Diámetro (mm)	3.40	3.05	2.77	2.41	2.11	1.83	1.65

El alambre debe estar recubierto con una capa de zinc (galvanizado) cuya función principal es la de proveer la resistencia a la corrosión requerida para las condiciones en las cuales se van a emplear los alambres. El zinc tiene buena resistencia a la corrosión si el pH del agua en contacto con el gavión está entre 6 y 12.5; sin embargo, en obras que estén en contacto con aguas negras o suelos ácidos se deben contemplar revestimientos adicionales con asfalto o P.V.C.

El recubrimiento con asfalto aísla parcialmente la humedad y previene la corrosión. El recubrimiento con P.V.C. aísla totalmente la humedad y resiste en forma apreciable la corrosión, su principal ventaja es la protección contra las aguas saladas y las aguas negras.

El alambre también puede ser protegido mediante revestimientos con concreto en las partes del gavión que están en contacto con aguas negras u otro agente corrosivo. El recubrimiento con concreto también es útil cuando se requiere protección contra la abrasión producida por corrientes de agua.

La efectividad del galvanizado depende de la proporción de peso de zinc por área de alambre expuesto. El peso mínimo del revestimiento de zinc determinado según la norma NTC 3237 o la ASTM A-90, debe estar de acuerdo con los que se presentan en la Tabla N° 4.

TABLA N° 4: PESOS MÍNIMOS DEL REVESTIMIENTO DE ZINC SEGÚN EL DIÁMETRO DEL ALAMBRE.

Diámetro (mm)	2.20	2.40	2.70	3.00	3.40
Peso mínimo del revestimiento de zinc (gr/m ²)	240	260	260	275	275

Para verificar la calidad del revestimiento de zinc se deben efectuar cuatro inmersiones sucesivas de un minuto cada una, en una solución de sulfato de cobre cristalizado, sin que el acero aparezca aún parcialmente. La concentración de ésta solución debe ser de una parte por peso de cristales a cinco partes por peso de agua. La temperatura del baño debe ser de 15°C y entre cada inmersión, las muestras deben ser lavadas secadas y examinadas.

Además de lo anterior, los alambres usados en la fabricación de mallas para gaviones deben cumplir los siguientes requisitos de resistencia:

- Resistencia a la tensión: La carga media de rotura a tensión de los

alambres empleados en la construcción de gaviones debe estar entre 38 y 50 kg/mm², medida según el procedimiento establecido en la norma NTC 2.

- Alargamiento: La prueba de alargamiento debe ser efectuada antes de la fabricación de la malla sobre una muestra de alambre de 30 cm de largo. El alargamiento de la muestra no debe ser inferior al 12%.
- Resistencia a la flexión: El alambre sostenido en una prensa con bordes redondeados debe soportar sin romperse diez (10) plegados sucesivos de 90 grados. Los plegados deben efectuarse en un mismo plano y con una amplitud de 180 grados de acuerdo con el procedimiento establecido en la norma NTC 3973.
- Resistencia a la torsión: La muestra de alambre debe soportar treinta (30) vueltas completas de torsión sin romperse y sin que el zinc se agriete o se desprenda. El eje de la muestra de alambre debe permanecer recto durante toda la prueba, la cual se debe efectuar de acuerdo con el procedimiento que se establece en la norma NTC 3995.
- Enrollamiento: El alambre debe poderse enrollar en espirales ajustadas y cerradas sobre un cilindro de diámetro igual al doble del suyo, sin que el zinc se agriete o se desprenda.

Los alambres utilizados en el cosido de los gaviones, los tirantes interiores y las uniones entre unidades, deben ser del mismo diámetro y calidad que el alambre de la malla. El alambre usado en las aristas o bordes del gavión debe tener un diámetro mayor; se recomienda que éste sea de un calibre inmediatamente superior al del alambre usado para la fabricación de la malla. Se debe tener en cuenta que a mayor diámetro del alambre mayor será la rigidez del gavión.

4.2.2. MALLAS

Para la construcción de las canastas de gaviones se han empleado tres tipos de malla:

- Malla hexagonal o de doble torsión.
- Malla de eslabonado simple.
- Malla electrosoldada.

La malla de eslabonado simple es muy flexible, lo cual dificulta su conformación durante la construcción del gavión, además, presenta la desventaja de que al romperse un alambre se abre toda la malla permitiendo la salida del material de relleno.

La malla electrosoldada es más rígida que la eslabonada y la hexagonal, y su conformación se hace en cuadrículas de igual espaciado en las dos direcciones. La fragilidad y la rigidez de las uniones soldadas las hace muy poco resistentes a las deformaciones a las que están sujetas, llevándolas a la rotura. Lo anterior, sumado a la corrosión por la desaparición del recubrimiento de zinc en éstas mismas uniones, se constituye en la principal desventaja de las mallas electrosoldadas. En general, este tipo de mallas se comporta de manera satisfactoria en estructuras que no están sujetas a grandes deformaciones, tales como recubrimientos de canales o estructuras de contención de menos de 3 m de altura.

Las mallas hexagonales permiten tolerar esfuerzos en varias direcciones sin que se produzca rotura, lo cual las hace más flexibles ante movimientos en cualquier dirección. Otra ventaja de este tipo de mallas consiste en que al romperse un alambre en un punto determinado, la malla no se abrirá por completo como ocurre con la eslabonada.

Las dimensiones de las mallas hexagonales se indican por la distancia entre entorchados paralelos y colineales, tal como se muestra en la Figura N° 1. Los diámetros del alambre varían según las dimensiones

de las mallas, aumentando proporcionalmente con la escuadría de éstas, de modo que el peso por unidad de área se mantiene más o menos constante.

Los tres tamaños de malla hexagonal que se usan para la construcción de gaviones son los siguientes (Figura N° 1):

- Malla de 5.0 X 7.0 cm de escuadría. Alambre calibre N° 14 ($\phi = 2.11$ mm). Figura N° 1 (a).
- Malla de 8.0 X 10.0 cm de escuadría. Alambre calibre N° 13 ($\phi = 2.41$ mm). Figura N° 1 (b).
- Malla de 12.0 X 14.0 cm de escuadría. Alambre calibre N° 11 ($\phi = 3.05$ mm). Figura N° 1 (c).

La resistencia de las mallas hexagonales de doble torsión se puede determinar en función de la resistencia del alambre utilizado y del número de módulos por unidad de área así:

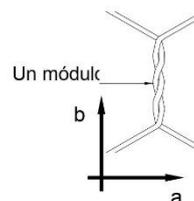


TABLA N° 5: CARACTERÍSTICAS DE LA MALLA

R_{al}	Resistencia del alambre (acero)	30 a 50 kg/mm ² ($\phi \phi^2/4$) $\phi = 2.4$ mm	
R_m	Resistencia de la malla	a - 3690 kg/m b - 1866 kg/m	a - 2300 kg/m b - 1700 kg/m
R_{un}	Resistencia de la unión	a - 2280 kg/m b - 1600 kg/m	

$$R_{mod} = 1.6 R_{al} = \text{Resistencia de un módulo}$$

$$R_m = NR_{mod} ; N: \text{Número de módulos por metro cuadrado de malla}$$

$$K_{50m}: \text{Módulo de deformación de la malla}$$

$$a - 26.300 \text{ kg/m}$$

b - 10.500 kg/m

4.2.3. MATERIAL DE RELLENO

El relleno de las canastas se debe efectuar con fragmentos de roca o cantos rodados, resistentes y durables. La dimensión de cada fragmento de roca o canto rodado debe estar entre 10 y 30 cm. No se pueden utilizar materiales descompue

fracturados o agrietados, así mismo, es recomendable evitar la utilización de fragmentos de lutita, arcillolita o pizarra, a menos que cumplan con los requerimientos de durabilidad y resistencia que se especifican a continuación.

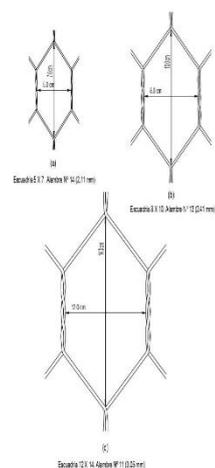


FIGURA N° 1: CARACTERÍSTICAS DE LAS MALLAS HEXAGONALES.

Los requisitos de resistencia y durabilidad que deben cumplir los materiales rocosos usados para rellenar las canastas son los siguientes:

- Índice de desleimiento – durabilidad:

El índice de desleimiento – durabilidad (Ref. 8, 2000) debe ser mayor o igual al 90%.

- Porcentaje de desgaste en la Máquina de los Angeles:

—x—

El porcentaje de desgaste, determinado de acuerdo con la norma INV E-218 debe ser menor al 60%.

- Resistencia a la carga puntual sobre fragmentos o núcleos de roca:
La resistencia a la carga puntual ($I_{s(50)}$), determinada según el procedimiento establecido por el grupo de trabajo sobre Revisión del Método de Ensayo de Carga Puntual (Ref. 8, 2000) debe ser mayor a diez (10) veces el nivel de esfuerzos al que va a estar sometida la estructura de gaviones, de acuerdo con lo establecido en el diseño de la misma.

El relleno debe ser efectuado de manera que los fragmentos de roca con tamaños más pequeños queden dispuestos en la parte central del gavión, y los fragmentos más grandes queden dispuestos en la parte exterior, en contacto con la canasta. En ningún caso los fragmentos de roca deben ser menores de 10 cm.

Cuando no se pueda disponer de material rocoso, pueden utilizarse sacos de polipropileno rellenos de suelo - cemento en proporción 3:1, los cuales se deben disponer entrelazados dentro de la malla en reemplazo de los fragmentos de roca.

4.3. CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA DE GAVIONES

La resistencia al esfuerzo cortante de un gavión de 2 X 1 X 1 m, fabricado con malla hexagonal de características similares a las presentadas en la Tabla N° 5, se puede calcular de la siguiente manera:

$$\sigma_g = 10 \text{ t/m}^2 + \sigma \tan(\phi + i)$$

- σ_g : Resistencia al esfuerzo cortante de un gavión
- σ : Esfuerzo normal
- ϕ : Angulo de fricción interna del enrocado
- i : Dilatancia del enrocado

La resistencia a la compresión (q_{ug}) de un gavión de iguales características, determinada por medio de ensayos realizados en especímenes a escala y prototipos, es de 34 t/m² (Ref. 2, 1981).

Así mismo, el módulo de deformación del gavión inconfinado (E_{rog}) es de 1050 t/m².

Para determinar el comportamiento de un gavión al ser sometido a cargas horizontales, se plantean diferentes modos de falla en forma individual, aunque en el comportamiento real, la falla se puede dar por combinación de dos o más modos. Esto permite determinar el modo más crítico, el cual gobernará el comportamiento de la estructura. Los modos de falla considerados son:

A) DISTORSIÓN ANGULAR

Se debe verificar que la malla posea la resistencia necesaria para soportar las deformaciones por distorsión angular de acuerdo con las cargas a las cuales estará sometido el gavión, analizado individualmente como se muestra en la Figura N°2.

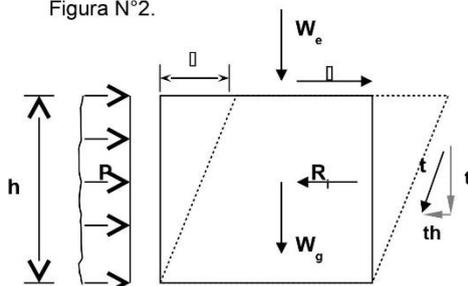


FIGURA N° 2: DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE UN GAVION SOMETIDO A DEFORMACION POR DISTORSION

- σ, W_e : Cargas externas
- P : Empuje
- Δl : Alargamiento de la malla

$$\Delta l = \sqrt{(h^2 + l^2)} - h$$

$$\Delta l = t \cdot h / K_{50m}$$

K_{50m} : Módulo de deformación de la malla
 R_i : Resistencia interna
 $R_i = (W_e + W_g/2 + t_v) + \tan(\phi + i)$
 $t \leq R_m$: Resistencia de la malla

B) VOLTEO

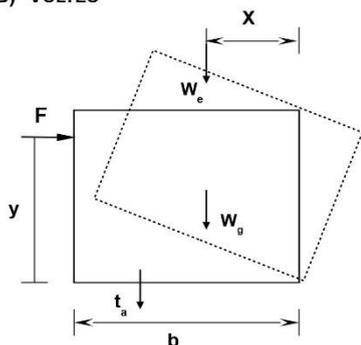


FIGURA N° 3: DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE UN GAVION. VOLTEO

Para que ocurra se requiere:

$$F \cdot y \geq W_g \frac{(b-l)}{2} + W_e X + \frac{N t_a b}{2}$$

F: Resultante de las fuerzas aplicadas
t_a: Resistencia de un amarre
N: Número de amarres
W_e: Carga externa
W_g: Peso del gavión

La Resistencia del amarre t_a corresponde a la resistencia del alambre utilizado en las uniones.

C) DESLIZAMIENTO

Se debe verificar que la resistencia en la base del gavión, sea mayor que la sumatoria de las cargas horizontales (F):

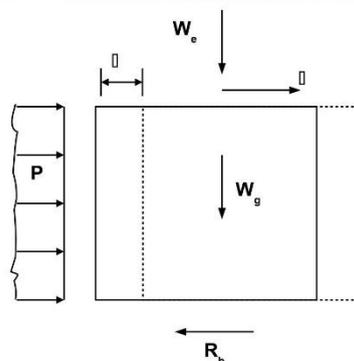


FIGURA N° 4: DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE UN GAVION. DESLIZAMIENTO.

W_e, P: Cargas externas
P: Empuje
W_g: Peso del gavión
R_p: Resultante del empuje
F = T + R_p
R_b: Resistencia en la base

$$R_b = (W_e + W_g) \tan \phi + N t_a$$

ϕ : Angulo de fricción en la base
N: Número de amarres
t_a: Resistencia de un amarre

D) FLEXIÓN

El diseñador debe verificar que la deflexión máxima del gavión no sobrepase los valores admisibles para la estructura. La deflexión máxima se puede calcular así:

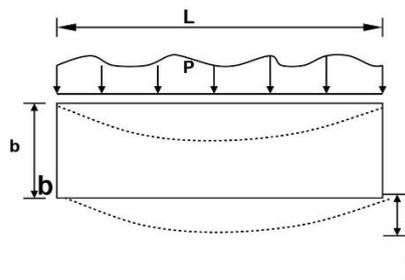


FIGURA N° 5: DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE UN GAVION. FLEXION.

P: Empuje

σ : Esfuerzo máximo (flexión):

$$\sigma = \frac{M \cdot b}{2I}$$

M: Momento aplicado:

$$M \sim \frac{PL^2}{8}$$

I: Momento de inercia:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{8}$$

Entonces:

$$\sigma \sim \frac{ML}{8EI}$$

E: Módulo de deformación del gavión

h: Altura del gavión

Con base en ensayos efectuados sobre mallas hexagonales de características similares a las presentadas en la Tabla 5 y comparando las cargas aplicadas para llevar a la rotura dichas mallas, se encontró para los modos considerados lo siguiente (Ref. 2, 1981):

R distorsión << R flexión <<< R volteo << Rdeslizamiento

La deformación de rotura en el modo de distorsión es igual a la deformación en el modo de flexión cuando la luz está entre 4.2 y 5.8 m, para la misma sección de gaviones.

En conclusión, el modo de falla de distorsión angular es el más crítico y gobierna el comportamiento de las estructuras de gaviones. El modo de flexión impone grandes deformaciones, del orden de 30% de la luz que pueden no ser admisibles.

En los gaviones de base se puede dar el deslizamiento como el modo más crítico, por lo cual se debe hacer esta verificación para el conjunto de la estructura.

También se debe verificar el volcamiento de toda la estructura, teniendo en cuenta las deformaciones internas, que desplazan el centro de gravedad de la estructura.

5. EVALUACIÓN DE ESFUERZOS LATERALES SOBRE ESTRUCTURAS DE GAVIONES

El empuje resultante sobre el trasdós de una estructura de contención proviene del desequilibrio de esfuerzos creado al realizar una obra que separa dos niveles de diferente cota que definen la altura del muro.

Las estructuras de gaviones pueden tratarse como flexibles, considerando que por sus dimensiones y morfología cumplen su función experimentando deformaciones apreciables de flexión y/o extensión.

Debido a su flexibilidad, se presenta una tendencia de disminución de los esfuerzos horizontales por el movimiento de la estructura hacia afuera, hasta alcanzar los valores límite de un estado activo. Desde el punto de vista económico, esta suposición resulta más favorable que una suposición de un estado de reposo, el cual no corresponde con el comportamiento real de este tipo de estructuras.

6.1. EMPUJE ACTIVO

En general, la situación relativa de fuerzas que actúan sobre una estructura de gaviones (empuje en trasdós y peso propio, principalmente), y la deformabilidad del terreno por debajo de la estructura son tales que el muro tiende a girar alrededor del punto mas bajo de su trasdós. Con esto, el material de detrás del muro experimenta una descarga lateral y se llega a un estado límite activo. La descarga lateral va

acompañada de un pequeño movimiento vertical (asentamiento) del terreno situado inmediatamente junto al trasdós del muro. A este descenso del terreno se opone el propio trasdós del muro, por ser un material de diferente naturaleza y deformabilidad, con lo que se induce por rozamiento una fuerza vertical en el trasdós. Este rozamiento hace que la línea de acción se incline un ángulo α . En estructuras de contención de gaviones suele adoptarse $\alpha = 0$.

El empuje activo puede calcularse con las formulaciones clásicas de Coulomb o Rankine. La Tabla H.4.3 de la Norma NSR-98 presenta un completo resumen con las fórmulas de cálculo para estos casos y para otros más generales. Para un muro con paramento vertical interno el empuje se calcula sobre dicha superficie; si el muro tiene escalones internos para el cálculo se supone una superficie imaginaria que une los extremos superior e inferior del muro. El trasdós del muro suele inclinarse entre 6° y 10° para disminuir la magnitud del coeficiente activo.

Siempre debe tenerse en mente que en el caso de estructuras flexibles los cambios de forma del conjunto pueden influir claramente en la distribución y resultante (magnitud y dirección) de dichos empujes, a diferencia del caso de estructuras rígidas en que los efectos son despreciables.

5.1. OTRAS ACCIONES

Para el cálculo de los empujes totales sobre la estructura de contención con gaviones, debe calcularse además de los empujes debidos al terreno natural o al material de relleno los causados por el agua subterránea y por cargas externas (sobrecargas en la corona del muro, cargas vivas temporales, etc). Para este efecto pueden emplearse las formulaciones clásicas de la mecánica de suelos y de la teoría de la elasticidad para el caso de cargas externas.

El empuje del agua suele despreciarse considerando que el gavión es un material de alta permeabilidad. Sin embargo, este tipo de simplificaciones debe basarse en consideraciones sobre el material de relleno, las condiciones hidrogeológicas del sitio y el sistema de drenaje de la estructura, entre otros.

Considerando las prácticas normales de construcción de estas estructuras en el medio colombiano y la alta actividad sísmica de nuestro país, merece atención especial referirse al cálculo de las presiones laterales debidas a compactación y a los efectos sísmicos. Estos puntos se tratan en los siguientes numerales.

5.2. PRESIONES DE COMPACTACIÓN

Como se conoce ampliamente, la aplicación de cargas en la superficie de un suelo detrás de una estructura de contención genera un incremento en los esfuerzos horizontales en el suelo y por lo tanto incrementos de carga en la estructura.

En muchos casos las estructuras de gaviones se construyen antes de que se coloque el suelo a contener. El material de relleno debe compactarse adecuadamente para prevenir asentamientos del mismo relleno o deformaciones por detrás del muro. La consecuencia principal del proceso de compactación es un incremento en las presiones laterales.

A pesar de que no se cuenta con una base de mediciones extensas de presiones de compactación, se cuenta con métodos aproximados, también aplicables a las estructuras de gaviones.

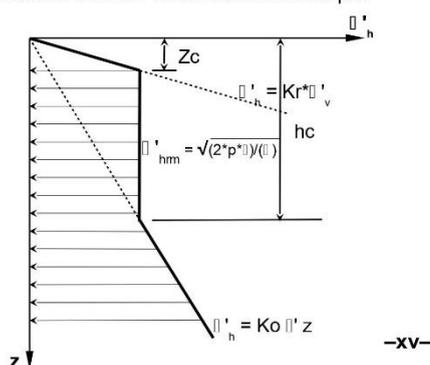
NOTA: el contenido de este numeral se basa en el Capítulo 6 de Clayton et al. (Ref. 6, 1993).

5.2.1. COMPACTACIÓN DE RELLENOS GRANULARES

El caso extremo para la compactación de un relleno es el uso de un compactador convencional, el cual produce incrementos en los esfuerzos verticales dentro del relleno. Si el compactador fuera de longitud y ancho infinitos, es razonable suponer que adyacente a un muro indeformable, el incremento en la presión horizontal se relaciona con el incremento en la presión vertical por el coeficiente de presión de tierras en reposo K_0 , suponiendo que el proceso de carga es normalmente consolidado.

Cuando el esfuerzo vertical se reduce (al retirar el compactador), se requiere una disminución en la presión horizontal para mantener la condición de deformación lateral nula del muro. A medida que continua el proceso de reducción del esfuerzo vertical, se aproxima un estado de falla pasivo, y la curva de descarga se mueve hacia la línea $\sigma'_h = K_r \sigma'_v$. El valor de K_r (coeficiente de presión de tierras en reposo para descarga) depende del ángulo de fricción de un suelo granular. Se ha sugerido emplear $K_r = 1/K_0$. Esta formulación se debe a Broms.

Puesto que el incremento de esfuerzo por compactación se reduce con la profundidad, existe una profundidad crítica (Z_c) a la cual el estado de esfuerzos regresa a la condición inicial. Puede demostrarse que:



BROMS	$Z_c = [(2 \cdot K_a \cdot K_0 \cdot p) / (\sigma'_{vm})^{0.5}]$	$h_c = [(2 \cdot p) / (K_a \cdot K_0 \cdot \sigma'_{vm})]^{0.5}$
INGOLD ($K_0 = K_a$)	$Z_c = K_a \cdot [(2 \cdot p) / (\sigma'_{vm})]^{0.5}$	$h_c = [1 / K_a] \cdot [(2 \cdot p) / (\sigma'_{vm})]^{0.5}$

FIGURA N° 6: DIAGRAMA DE PRESIONES DE DISEÑO CON EFECTOS DE COMPACTACION

$$Z_c = [K_0 / \sigma'_{vm}] * [\sigma'_{vm} / K_r]$$

Se tiene que el esfuerzo vertical es $\sigma'_{vm} = \sigma'_v + \Delta \sigma'_v$, donde σ'_{vm} es el esfuerzo vertical inicial y $\Delta \sigma'_v$ el incremento temporal en el esfuerzo vertical debido al compactador, el cual puede calcularse con distribuciones de esfuerzos de la teoría elástica.

Ingold sugirió un análisis simplificado que en esencia corresponde al mismo de Broms pero en el cual substituyó K_a por K_0 y K_p por K_r , al considerar una trayectoria de esfuerzo simplificada durante la compactación. Esta consideración parece modelar mejor la condición real de un muro durante la colocación del relleno, en la cual si existe un movimiento del mismo. En este caso, los esfuerzos iniciales se calculan para una condición activa y la profundidad crítica resulta:

$$Z_c = [K_a^2 * \Delta \sigma'_v] / [\sigma'_{vm}]$$

Ingold también sugirió la siguiente expresión aproximada para calcular el incremento de esfuerzo vertical por un compactador, suponiendo una carga lineal infinita en un semi espacio elástico:

$$\Delta \sigma'_v = [2 * p] / [1 + K_0 * z]$$

donde p es la carga por unidad de longitud, z la profundidad desde la superficie y $\Delta \sigma'_v$ el incremento de esfuerzo vertical inmediatamente debajo de la línea de carga.

Para compactadores vibratorios se recomienda que la carga lineal sea la suma de la carga estática y la fuerza vibratoria centrifuga, ambas por unidad de longitud. Si esta última no se conoce, puede suponerse que la carga es el doble de la estática por unidad de longitud.

Con estas suposiciones se puede calcular:

Profundidad critica:

$$Z_c = K_a * [(2 * p) / (\gamma * Z_c)]^{0.5}$$

Esfuerzo horizontal residual máximo (después de retirar el compactador):

$$\sigma'_{hm} = [(2 * p * i) / (\gamma * Z_c)]^{0.5}$$

Profundidad a partir de la cual las presiones de compactación son insignificantes:

$$h_c = [1 / K_a] * [(2 * p) / (\gamma * Z_c)]^{0.5}$$

Para el caso de muros de gaviones, el método simplificado de Ingold puede resultar de mayor utilidad pues considera un nivel de deformación lateral del muro, acorde con la naturaleza flexible de este tipo de estructuras.

5.2.2. COMPACTACIÓN DE RELLENOS COHESIVOS

En general, los esfuerzos de compactación en materiales arcillosos son mayores que en suelos granulares. Existen grandes diferencias en el proceso de compactación entre estos dos tipos de materiales.

Los materiales granulares permiten el libre drenaje por su permeabilidad alta y se compactan bajo condiciones drenadas, sin incrementos en la presión de poros, por lo que no ocurren deformaciones volumétricas después de la compactación.

De otra parte, en materiales arcillosos deben considerarse por lo menos tres etapas: compactación, relajación y equilibrio

o estabilización de las presiones de poros. En general, un relleno arcillo comienza a desarrollar presiones considerables contra un muro cuando el contenido de aire en los vacíos se reduce en un 15%.

Algunos resultados de mediciones en prototipos sugieren que el incremento del esfuerzo lateral total por compactación es función de la plasticidad y de la resistencia no drenada C_u del material compactado. Se han medido los siguientes valores que dan un orden de magnitud:

TABLA N° 6: VALORES MEDIDOS DEL INCREMENTO DEL ESFUERZO LATERAL TOTAL POR COMPACTACION

TIPO DE ARCILLA	ESFUERZO LATERAL
Alta plasticidad (LL= 73%, LP= 25%)	0.8 * C_u
Plasticidad media (LL= 38%, LP= 16%)	0.25 * C_u

En arcillas colocadas en una condición relativamente seca, se ha observado una reducción (relajación) en los esfuerzos laterales después de terminar la colocación.

La etapa final involucra alcanzar la condición de equilibrio de las presiones de poros del relleno arcilloso. Si luego de la compactación existen presiones de poros positivas, la arcilla se consolidará y se presentará una reducción de los esfuerzos laterales con el tiempo. En este caso las presiones máximas que debe soportar la estructura corresponderá a las presentes al final de la compactación. De otra parte, si se tienen presiones de poros negativas, y se tiene una fuente de agua cerca, pueden ocurrir procesos de expansión e incremento de los esfuerzos laterales en el tiempo. Este comportamiento es típico en arcillas duras de alta plasticidad.

Para una condición a largo plazo, después de alcanzar el equilibrio de las presiones de poros, los esfuerzos horizontales son mayores que los verticales. Algunas

evidencias experimentales sugieren que se alcanza un estado pasivo en el cual:

$$\sigma'_h = K_p * \sigma'_v$$

5.2.3. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

A partir de observaciones en varios proyectos, la principal recomendación práctica consiste en efectuar la compactación del relleno a medida que se coloca cada fila de gaviones, de modo que se evite el proceso de acumulación de las presiones de compactación al permitir el movimiento del muro.

Si por la disponibilidad de materiales en una zona debe recurrirse a un relleno arcilloso, es importante colocarlo en condición relativamente húmeda y limitar su plasticidad ($IP < 30\%$) para prevenir procesos de expansión. Debe evitarse el uso de materiales expansivos con restos orgánicos o elementos agresivos. Se recomienda utilizar preferiblemente materiales granulares con poco contenido de finos y relativamente permeables.

A pesar de la alta permeabilidad de los gaviones, debe considerarse un sistema de drenaje del trasdós del muro que asegure que los empujes del agua no superen los valores adoptados en el cálculo.

5.3. EFECTOS SÍSMICOS

Pueden considerarse fuerzas laterales dinámicas sobre una estructura de contención debidas a sismos, explosiones o tráfico vehicular. Los efectos dinámicos de cargas vehiculares son pequeños y pueden tratarse como sobrecargas equivalentes en condición estática.

En el caso de sismos las fuerzas suelen presentarse en la dirección vertical, mientras que durante las explosiones los principales efectos ocurren en el sentido horizontal.

Para problemas prácticos el mayor interés está en la evaluación de los efectos sísmicos. En general, las presiones laterales se incrementan y debe considerarse la posibilidad de que ocurran movimientos de la estructura, en especial en zonas con niveles de amenaza sísmica importantes.

Los principales procesos que se presentan durante un sismo son: licuación en materiales granulares y pérdida de resistencia en suelos arcillosos. Como consecuencia pueden ocurrir movimientos laterales y asentamientos excesivos, o el colapso total de una estructura.

El método de Mononobe y Okabe constituye una de las primeras formulaciones para este análisis y continua aplicándose en la actualidad. Se desarrolló para materiales no cohesivos secos, con las siguientes suposiciones:

- El muro se mueve lo suficiente para alcanzar un estado activo. Las presiones se calculan con la formulación de Coulomb.
- Al alcanzar la presión activa (mínima), una cuña de suelo por detrás del muro está en estado incipiente de falla y se moviliza la resistencia al corte máxima a lo largo de la superficie potencial de deslizamiento.
- El suelo se comporta como un cuerpo rígido de modo que las aceleraciones son uniformes en toda la masa y el efecto del sismo puede representarse mediante fuerzas de inercia $K_h * W$ y $K_v * W$ donde W es el peso de la cuña deslizante y K_h y K_v son las componentes de aceleraciones sísmicas horizontal y vertical en la base del muro.

-xvii-

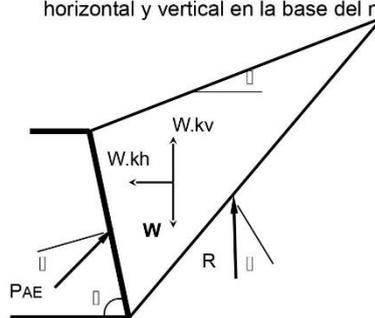


FIGURA N° 7: FUERZAS CONSIDERADAS EN EL ANALISIS DE MONONOBE – OKABE (1929-1926)

La presión activa es:

$$P_{AE} = (1/2) * (\rho H^2) * (1 - K_v) * K_{AE}$$

El coeficiente de presión de tierras activa es:

$$K_{AE} = [\cos^2(\rho - i - \delta)] / [\cos \rho * \cos^2 \delta * \cos(\rho + \delta)] * F$$

donde

$$F = \{1 + [(\sin(\rho + \delta) \sin(\rho - i)) / (\cos(\rho + \delta) \cos(\rho - i))] * 0.5\}^2$$

$$\rho = \tan^{-1} [Kh / (1 - K_v)]$$

ρ = ángulo de fricción del suelo.

δ = ángulo de fricción del muro.

i = pendiente de la superficie del terreno por detrás de muro.

ρ = inclinación del trasdós del muro con la vertical.

Aparentemente Mononobe y Okabe supusieron que la presión total calculada con esta formulación actuaba en la misma posición que la presión estática inicial, esto es, a una altura de H/3 por encima de la base. En realidad la resultante suele quedar ligeramente por encima de esta altura pero la aproximación es válida para cálculos prácticos.

Para el caso pasivo la formulación de Mononobe y Okabe arroja valores extremadamente altos del coeficiente de presión de tierras por lo cual se recomienda emplear en esta condición los valores de K_p

dados según Muller-Breslau. (Ver Norma NSR-98).

6. DISEÑO DE MUROS DE GAVIONES

6.1. CRITERIOS PARA EL DISEÑO

Además de las condiciones propias del lugar (topografía, geología, etc.), deben conocerse las características geotécnicas de los materiales en la zona para determinar los empujes y reacciones. Las principales características que deben evaluarse son: peso unitario, cohesión y ángulo de fricción.

Con estos datos y las condiciones de estructuras próximas se determinan los empujes debidos a:

- El suelo (relleno) del trasdós.
- El material en la base del muro.
- El agua.
- Sobrecargas próximas.
- Presiones de compactación.
- Esfuerzos por cargas sísmicas.

Con este conjunto de acciones, las cuales deben fijarse en magnitud y posición para un predimensionamiento dado del muro, se debe comprobar la seguridad de la estructura para las siguientes causas de falla, entendida como un problema de comportamiento relacionado con resistencia o deformación que debe verificarse para condiciones a corto y largo plazo.

6.1.1. VOLCAMIENTO

El factor de seguridad ante vuelco corresponde a la relación entre los momentos estabilizadores y los inestabilizantes. Usualmente se calcula tomando momentos con respecto al pie del muro. Se recomienda que sea como mínimo de 1.5 y resulta conveniente que sea del orden de 2.0. Sin embargo, la norma NSR-98 establece factores mínimos de 2.0 y 3.0 para suelos cohesivos y granulares,



respectivamente. Como se mencionó anteriormente, se debe verificar el volcamiento de toda la estructura, teniendo en cuenta las deformaciones internas, que desplazan el centro de gravedad de la misma.

6.1.2. DESLIZAMIENTO

Se evalúa en el plano de la base del muro, aplicando ecuaciones para el equilibrio de fuerzas horizontales. Se recomienda que el factor de seguridad sea superior a 1.5 en suelos granulares y a 2.0 en materiales cohesivos. En algunos casos se inclina la base del muro para mejorar este nivel de seguridad.

Puesto que normalmente se presenta alteración del material superficial sobre el que se construye el muro, suele despreciarse la componente de cohesión en la resistencia para esta evaluación.

Aunque resulta conveniente que la cota de apoyo del muro este entre 1.0 a 1.5 m por debajo del nivel de excavación, no suele contarse con la resistencia pasiva en el pie, salvo casos especiales en que puede garantizarse la continuidad del terreno en esa zona, su inalterabilidad ambiental, etc. En este último caso se considera solo una fracción de dicha resistencia para que exista compatibilidad de deformaciones en las diferentes zonas del muro.

Es importante resaltar que si el factor de seguridad contra deslizamiento es muy alto, las presiones de compactación suelen ser de gran magnitud.

6.1.3. CAPACIDAD PORTANTE

Entre los análisis que deben realizarse para estructuras de gaviones se tiene el de verificar las condiciones de cimentación del mismo. Deben satisfacerse los requisitos de estabilidad (capacidad portante), deformaciones (asentamientos) y funcionalidad dentro de unas condiciones económicas adecuadas.

Deben considerarse todos los factores que normalmente se evalúan en cualquier estructura de cimentación. En particular deben considerarse todas las acciones permanentes y temporales, tanto estáticas como dinámicas, que puedan afectar la estructura.

Puesto que en general las estructuras de gaviones tienen una relación B/L grande, para la evaluación de la capacidad portante del terreno pueden considerarse las formulaciones clásicas existentes para cimientos superficiales continuos.

La base del muro se considera equivalente a una zapata continua con carga excéntrica. El factor de seguridad debe ser superior a 2.5. En algunos casos es suficiente que la excentricidad de la resultante sea inferior a 1/6 del ancho de la base del muro. Sin embargo, dependiendo de las condiciones y considerando la flexibilidad de los gaviones pueden admitirse valores bajos de esfuerzos de tracción en secciones reducidas de la base, sin sobrepasar en ninguna zona la capacidad del terreno.

6.1.4. ESTABILIDAD GENERAL

Se deben efectuar análisis de estabilidad de taludes para diferentes superficies de rotura para verificar factores de seguridad apropiados ante fallas del conjunto muro-suelo. Se aplican los métodos de análisis de equilibrio límite comunes en la estabilidad de taludes, en los cuales se comparan los esfuerzos desviadores con la resistencia disponible a lo largo de una superficie potencial de falla. Se asume que la masa falla como un cuerpo rígido y no se hacen consideraciones acerca de la deformabilidad del suelo. Debe garantizarse un factor de seguridad mínimo de 1.5.

6.1.5. ESTABILIDAD INTERNA

En muros de gaviones se refiere al cálculo de los esfuerzos en secciones intermedias para verificar la capacidad estructural de la

malla, garantizando que los esfuerzos sean admisibles. Para esta evaluación la estructura se considera multielemental y en rigor debe efectuarse el cálculo para todas las secciones. En el Numeral 4.3 se presentan los factores que se deben tener en cuenta para la verificación de la estabilidad interna.

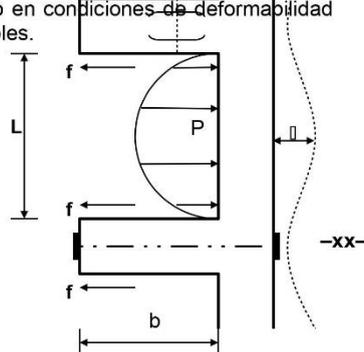
6.1.6. DEFORMACIONES

Se deben calcular las deformaciones propias de la estructura de gaviones, así como las generadas en las vecindades en caso de que se considere importante. Para el control de los movimientos del muro cuando las deformaciones del relleno por detrás de la corona son importantes, pueden construirse contrafuertes de refuerzo. El diseñador debe determinar la cantidad y la longitud de los contrafuertes de refuerzo necesarias para hacer una estructura más o menos deformable, de acuerdo con las deformaciones admisibles para la estructura que se está diseñando.

6.1.7. SECCIÓN RESISTENTE DE UNA ESTRUCTURA DE GAVIONES

Con base en los empujes a que vaya a estar sometida la estructura y las características físicas y de resistencia y deformabilidad de los gaviones se determina la disposición de los gaviones que conformen la estructura.

Para controlar la resistencia interna de la estructura, se busca que su comportamiento sea gobernado por el modo de falla de distorsión angular, en el cual se exige la resistencia de la malla y del enrocado en condiciones de deformabilidad compatibles.



6.1.8. CONTRAFUERTE

Cómo se encontró que para luces alrededor de 5 m el comportamiento en los modos de flexión y distorsión angular es similar (Ref. 2, 1981), se propone el empleo de contrafuertes a esta distancia, los cuales servirán para rigidizar la estructura en éstos puntos y mantener el modo de falla por distorsión.

Los contrafuertes, dispuestos de manera perpendicular a la estructura (Figura N° 8), tienden a estar empotrados en el terreno de manera que funcionen como refuerzos adicionales a partir de la fricción que se genera entre el suelo y las paredes del contrafuerte. Esta fricción puede ser determinada mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{\rho_s(Z_i+Z_s)b}{2} K_o \tan \delta_s + c_s(Z_i-Z_s) \frac{b}{2} < R_{m(b)}$$

Donde:

Z_i, Z_s: Profundidad hasta la base y el tope del gavión, respectivamente.

K_o: Coeficiente de presión de tierras en reposo.

ρ_s: Densidad del suelo.

R_{m(b)}: Resistencia de la malla en la dirección b, o de la junta si la hay. Puede complementarse con varillas o cables.

K_m: Módulo de deformación de la malla.

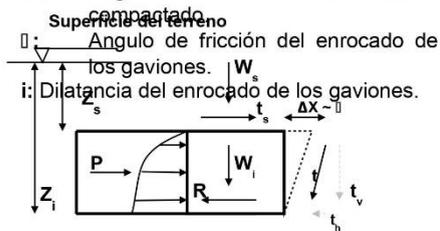
t < R_{m(a)}: Resistencia de la malla en la dirección a.

c_s: Cohesión del relleno compactado detrás de los gaviones.

δ_s: Angulo de fricción del relleno compactado.

δ: Angulo de fricción del enrocado de los gaviones.

i: Dilatación del enrocado de los gaviones.



$$R_d = (W_s + t_v + W/2) \operatorname{tg}(\phi + i)$$

$$R_s = t_s + P - t_n - 2f/L$$

$$t = K_m \frac{\Delta X}{Z_i - Z_s}$$

FIGURA N° 8: DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE UN MURO DE GAVIONES CON CONTRAFUERTE

Para determinar el tipo amarre de los contrafuertes a la estructura de gaviones se deben seguir los siguientes criterios:

- Si la fricción generada en las paredes del contrafuerte es menor que la resistencia a la tracción de la unión, no es necesario ningún tipo de amarre, distinto al amarre convencional entre módulos de gaviones.
- Si la fricción generada en las paredes del contrafuerte es mayor que la resistencia de la unión, determinada con base en la resistencia del alambre de amarre, se deben unir los contrafuertes mediante ganchos de acero dispuestos entre el contrafuerte y el modulo adyacente, tal como se muestra en la Figura 8.
- Si la fricción generada en las paredes del contrafuerte es mayor que la resistencia a la tracción de la malla, se deben amarrar los contrafuertes mediante un anclaje que los atraviese longitudinalmente, dispuesto entre las caras opuestas de la estructura tal como se muestra en la Figura 8.

6.1.9. PUNTALES

En ocasiones es posible utilizar los gaviones como estructuras que soporten fuerzas de compresión, que pueden ser usadas como refuerzo de una estructura ante deslizamiento (gaviones de punta), o dispuestos a manera de puntal entre las paredes de un cauce. En este caso, se debe verificar que las cargas de compresión a las que van a estar sujetos los gaviones, no superen la resistencia de estos a la compresión, de acuerdo con lo establecido en el Numeral 4.3.

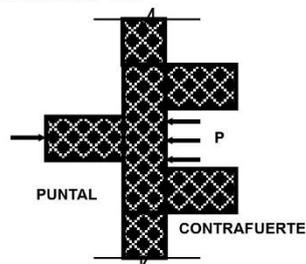
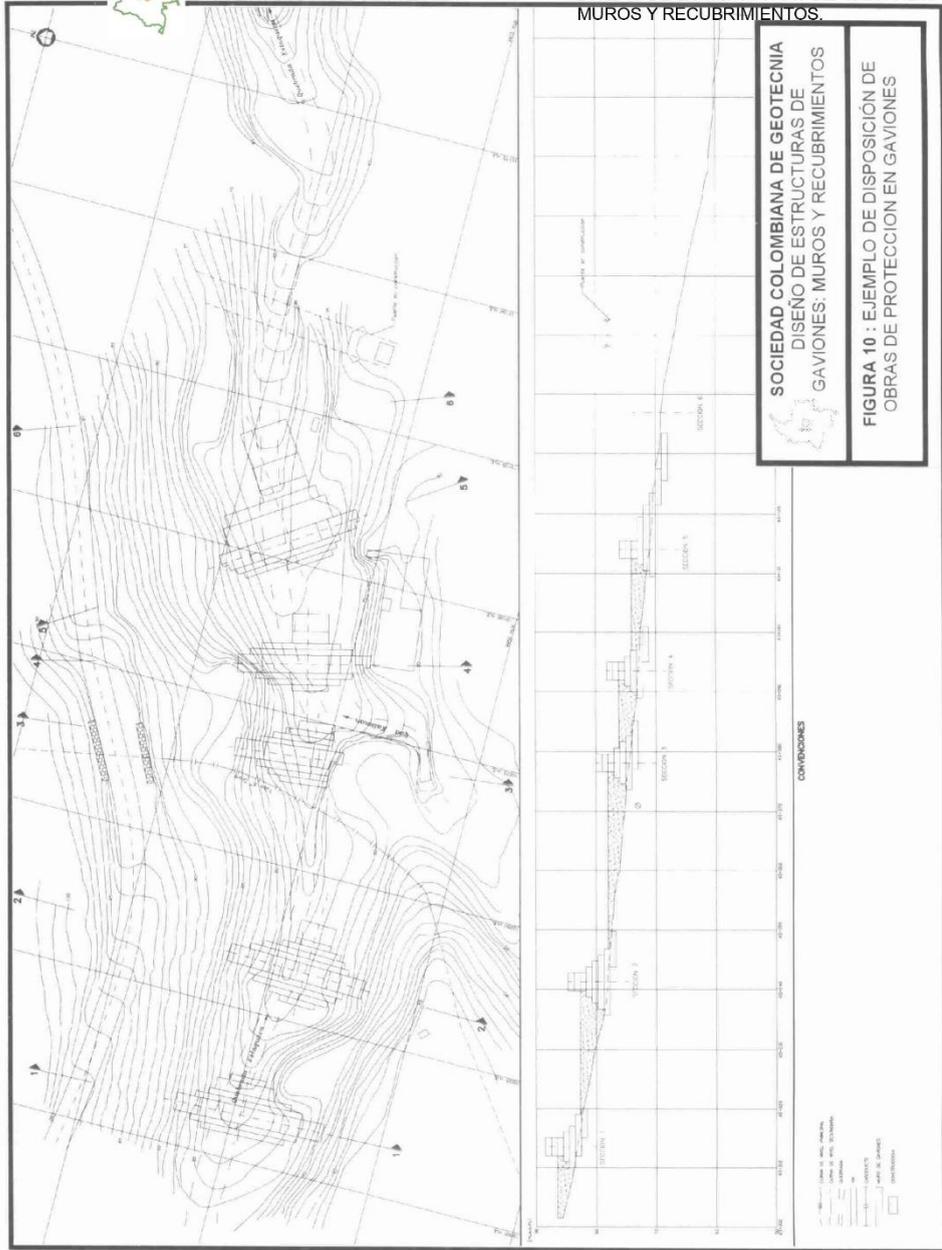


FIGURA N° 9: DISPOSICION DE UN PUNTALE



6.2. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

- A) Con base en la geometría del problema, predimensionar la estructura.
- B) Caracterizar los materiales disponibles y verificar que cumplan con las propiedades mínimas requeridas, de acuerdo con lo presentado en el Numeral 4.
- C) Calcular las cargas a las que estará sometida la estructura, de acuerdo con lo presentado en el Numeral 5.
- D) Evaluar la estabilidad general, teniendo en cuenta las deformaciones, como se explicó en el Numeral 6.
- E) Determinar la disposición general de los gaviones (sección y contrafuertes).
- F) Verificar la estabilidad externa: volcamiento, deslizamiento y deformación admisible, como se explicó en el Numeral 6.
- G) Verificar la estabilidad interna: resistencia de la malla y del enrocado, como se explicó en el Numeral 4.
- H) Adelantar la distribución (despiece) de los gaviones, nivel por nivel. En las figuras 11, 12 y 13 se presentan algunos ejemplos de los despieces de estructuras de gaviones.



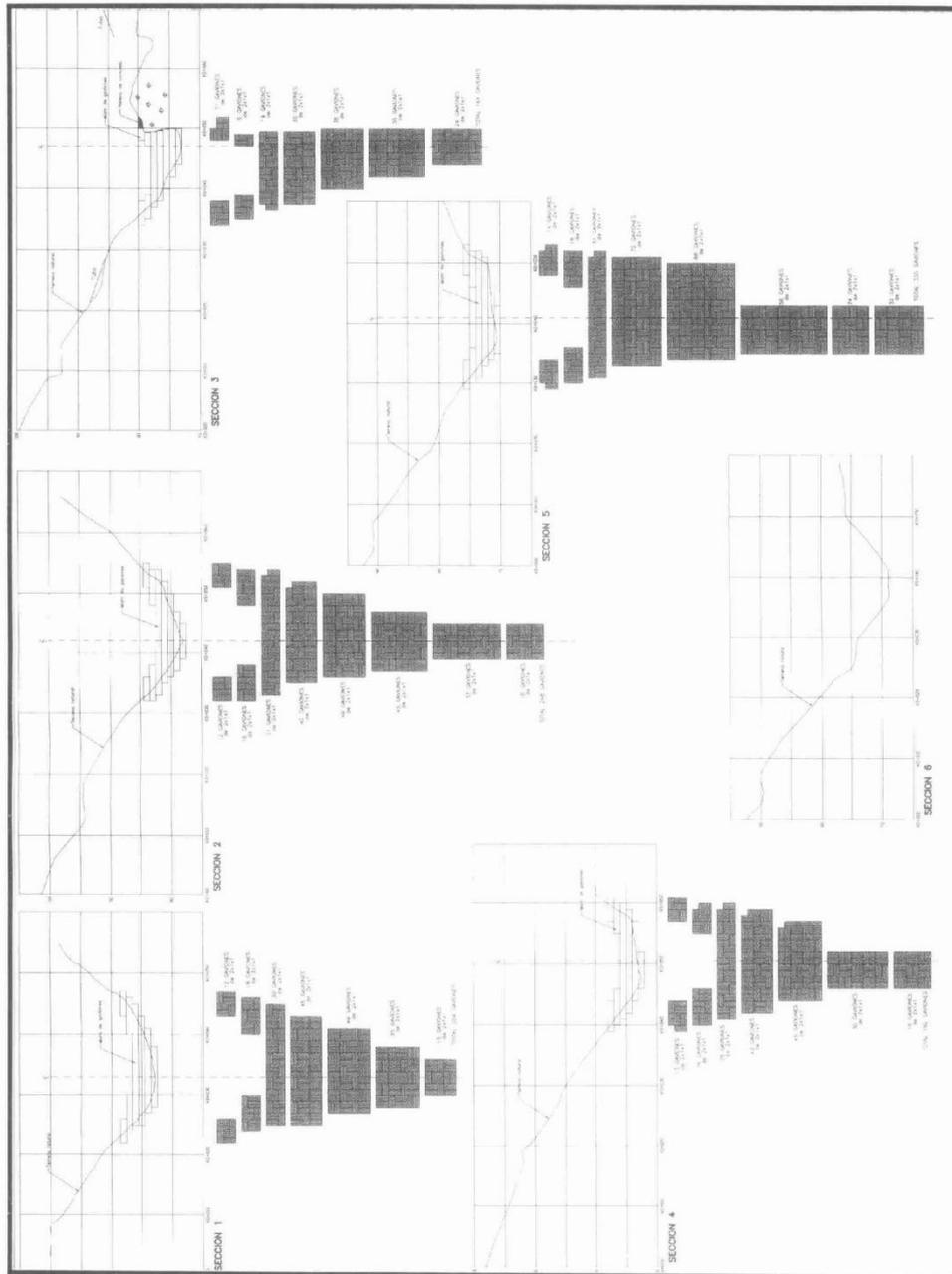


FIGURA 11: EJEMPLO DE DESPIECE DE GAVIONES

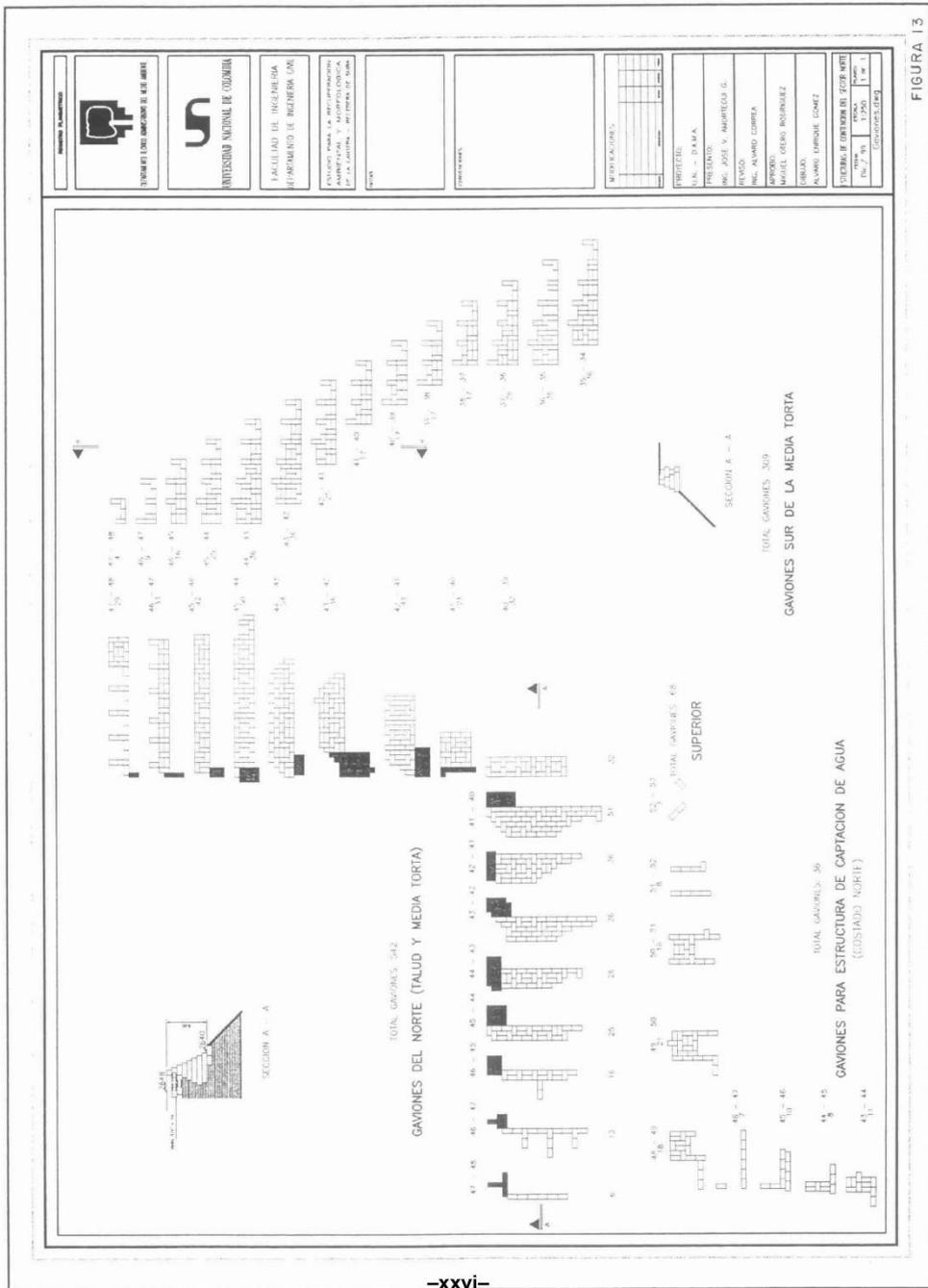


FIGURA 13

7.
8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

A continuación, se describen las actividades a realizar durante la construcción de una estructura de gaviones (Fotografías tomadas de FAO, Revista Enfoques: Gaviones, Ref. 11, 1998):

- ✂ Primero, extienda la canasta sobre una superficie plana:



- ✂ Enseguida, una las cuatro aristas con alambre galvanizado de la misma calidad que el empleado en la malla:



- ✂ Después una los diafragmas al cuerpo del gavión:



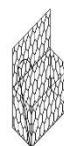
- ✂ La unión de las aristas debe de estar bien reforzada, por ello se alternan torsiones sencillas y dobles para asegurarla:



- ✂ Las canastas armadas se colocan en el sitio, se alinean y se unen unas con otras, para luego ser rellenas:



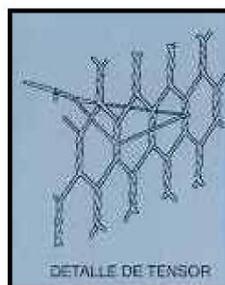
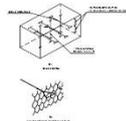
- ✂ Por razones técnicas y estéticas es muy importante tensar las canastas antes de rellenarlas, ya que así se comprueba si no existen deficiencias en la unión, se logra optimizar el relleno y se obtiene un mejor rendimiento en la aplicación:



- ✂ La piedra de relleno puede ser de canto rodado ó de explotación y debe cumplir los requerimientos dados en el numeral 4.2.3:



- ✂ Conforme se va relleno con la piedra, se colocan los tensores a 1/3 y a 2/3 de la altura del gavión, abarcando 2 escudarias de la malla en la unión:



- ✂ El relleno debe ser compacto y con el mínimo de vacíos posibles:



- ✂ Al finalizar el relleno, una la tapa al cuerpo del gavión, colocando grapas cada 30 cms e hilvanando con la ayuda de unas tenazas y un gancho:



- ✂ Terminado el primer nivel de gaviones repita el proceso, coloque el siguiente nivel y únalo firmemente con el de abajo para después grapar e hilvanar:





**9. REFERENCIAS**

1. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, Ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998.
2. BAQUERO, Fernando; BARBOSA, Ricardo y PABON, Guillermo. Comportamiento de Gaviones. Proyecto de grado, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil. Bogotá, 1981.
3. BIANCHINI Ingeniero S.A. Empleo de los gaviones metálicos en las obras de protección de torrentes. Barcelona, 1971.
4. BIANCHINI Ingeniero S.A. Instrucciones prácticas para el montaje y ejecución de obras con gaviones metálicos, corazas y enrejados metálicos. Barcelona, 1975.
5. CIARLA, Massimo. Gabion weirs in water erosion control projects. Design & Construction criteria. International Erosion Control Association. Conference XVI: Erosion control, a challenge in our time. San Francisco, California. February 1985.
6. CLAYTON, C.R.I.; Milititsky, J.; Woods, R.I. Earth Pressure and Earth-retaining structures, 2 ed, Blackie Academic & Professional, London, 1993.
7. CONCREMALLA S.A. Gaviones. Catálogo N° 7. Bogotá, 1975.
8. CORREA, Alvaro. Caracterización de rocas, Ensayos de Laboratorio. Sociedad Colombiana de Geotecnia, Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, Julio de 2000.
9. DEROY, J.M.; & QUEYROI, D. Experimento a tamaño natural de un gavión de tablestacas. Bulletin de Liaison des Laboratoires Routiers. Ponts et Chaussées, N° 110. Paris, 1980.
10. ECOPETROL. Normas de Ingeniería de Oleoductos. Distrito de Oleoductos. Bogotá, 1995.
11. FAO. Gaviones para proyectos hidráulicos. Revista Enfoques: Gaviones. Artículo publicado en <http://www.fao.org>. Diciembre de 1998.
12. Instituto Nacional de Vías. Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras. Tomos I y II. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, 1998.
13. Instituto Nacional de Vías. Especificaciones generales de construcción de carreteras. Artículo 681: Gaviones. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, 1998.
14. MACCAFERRI Gabions International. An introduction to Maccaferri Gabions and Reno Mattress. Bologna, Italy. June, 1979.
15. MACCAFERRI Gabiões do Brasil Ltda. Especificaciones de los gaviones caja en malla hexagonal. Enero de 1983.
16. MARSAL, R.J. Resistencia y compresibilidad de enrocamientos y gravas. Publicación N° 306 del Instituto de Ingeniería. UNAM, México D.F., 1972. Compilado en: Contribuciones a la mecánica de los medios granulares, Comisión Federal de Electricidad. México D.F., 1980.
17. Ministerio de Agricultura - INDERENA. Obras en Gaviones. Dirección general de cuencas hidrográficas. Bogotá, 1974.

-xxx-



18. Ministerio de Obras Públicas. Construcción y uso de gaviones en obras de defensa. Bogotá, 1974.
 19. SCHUSTER, Robert. Gabions in Highway Construction. Washington Department of Highways. Transportation Research Board, Report 148.
 20. Secretaría de Obras Públicas de Antioquia. Gaviones Metálicos. Tercera Edición. Medellín, Diciembre de 1974.
 21. SOGHETA. Les Ouvrages en gabions. Traducción del Francés hecha por el INDERENA. Bogotá.
 22. SUAREZ, Jaime. Diseño de Obras en Gaviones. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Febrero de 1983.
 23. SUAREZ, Jaime. Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, Cimientos y Diseño de Obras en Gaviones. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Abril de 1992.
 24. SUAREZ, Jaime. Manual de Ingeniería para el Control de Erosión. Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Diciembre de 1992.
 25. SUAREZ, Jaime. Deslizamientos, Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Instituto de investigación sobre erosión y deslizamientos. Bucaramanga, 1998.
 26. Terra Aqua Conservation. Bekaert Gabions. Division of Bekaert Steel Wire Corporation. Energy Way. Reno, Nevada, USA, 1972.
 27. VILLEGAS B., Climaco. Traducción del Italiano del catálogo: Gabbioni Maccaferri. Bogotá, Marzo de 1971.
- También se pueden consultar en Internet más de 250 sitios web en español que contienen información sobre usos y especificaciones técnicas de gaviones y productos relacionados. La información es publicada por empresas fabricantes y distribuidoras de países como España, México y Chile, entre otros.