

Empleo De Gaviones En La Construcción De Explanaciones

Employing Gabions On Earthworks Construction

Autores:

Orlando Santos Pérez¹, Yasniel Sánchez Suárez², Dayana de la Caridad Fuentes Alpízar³, Cinthya Peña Mijenes⁴, Jorge Silvio Díaz Vázquez⁵, Félix Michael Hernández López⁶

¹ Ingeniero Civil, Máster en Administración de Empresas, Máster en Ciencias de la Educación Superior, Doctor en Ciencias Técnicas; Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas (EMPAI); Calle San Vicente final, Pueblo Nuevo, Matanzas; orlando-santos@empai.cu.

² Ingeniero Industrial, Universidad de Matanzas, Carretera Vía Blanca Km 31/2, Matanzas; yasnielsanchez9707@gmail.com

³ Estudiante de Ingeniería Civil; Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” (CUJAE); Calle 114 % Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana; dayanafu@civil.cujae.edu.cu

⁴ Estudiante de Ingeniería Civil; Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” (CUJAE); Calle 114 % Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana; [cynthype@civil.cujae.edu.cu](mailto:cinthype@civil.cujae.edu.cu)

⁵ Estudiante de Ingeniería Civil; Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” (CUJAE); Calle 114 % Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana; jorgesidiavaz@civil.cujae.edu.cu

⁶ Ingeniero Civil, Máster en Ingeniería Civil, Doctor en Ciencias Técnicas; Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” (CUJAE); Calle 114 % Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana; michaelhl@civil.cujae.edu.cu

RESUMEN

El control de los deslizamientos y la erosión en explanaciones, constituye un reto para los ingenieros viales a nivel internacional, y es de las soluciones de mayor empleo que resaltan en la literatura especializada la utilización de gaviones. Este sistema se basa en la disposición de mallas metálicas que contienen rocas de tamaño medio, de forma tal que aminoren los efectos del empuje lateral en explanaciones, a la vez que favorezcan el drenaje de la estructura de pavimento. El presente artículo tiene como objetivo analizar el estado del arte y la práctica en el empleo de gaviones en la construcción de explanaciones. Para ello se realiza una revisión exhaustiva de la bibliografía especializada en el tema, proveniente de bases de datos de alto impacto e investigaciones académicas a varios niveles. Entre sus principales resultados el artículo presenta la conceptualización de los gaviones por varios autores, su clasificación, la justificación de su empleo y las ventajas que proporciona su uso para la infraestructura vial.

Palabras claves: deslizamientos, erosión, explanaciones, gaviones.

ABSTRACT

Landslides and erosion control is one of the most challenging tasks that road engineers have to face day in and day out in every country of the world. One solution that stands out in the specialized literature on the subject is the use of gabions, which by definition are baskets usually of prismatic shape fabricated from a hexagonal mesh of heavily galvanized steel wire. The baskets are filled with medium size rocks so that they can minimize the effects of side thrust forces and , at the same time, facilitate drainage of the roadway and the surrounding terrain. This paper aims to analyze state-of-the-art concepts and practices on the field of gabions usage on earthwork constructions. To achieve those goals we have comprehensively went over a sizable part of the available literature on the topic obtained from high-end databases as well as several levels of academic research material. Among other considerations , our paper accomplished a conceptualization of gabions by several authors, its current classification, the various reasons to employ them and the manifold advantages of its use in road infrastructure works.

Keywords: landslides, erosion, earthworks, gabions.

Nota editorial: Recibido noviembre 2021; Aceptado diciembre 2021

1. INTRODUCCIÓN

El sector constructivo a nivel mundial realiza aportes significativos al crecimiento económico de los países, puesto que entre sus alcances se encuentra la ejecución de obras de infraestructura destinadas a la resolución de problemas de la sociedad y el impulso de la economía en todas sus aristas. Las obras de infraestructura vial constituyen una prioridad para los aparatos gubernamentales y gestores públicos, por lo que asegurar su integridad física con obras de protección, representa un elemento de vital importancia. Sin embargo, estas obras de protección en ocasiones son construidas bajo el desconocimiento de su comportamiento estructural y de las propiedades de los materiales que las conforman [1], por lo que sus resultados no son siempre satisfactorios en la práctica.

De la eficacia en el diseño y construcción de explanaciones, depende en gran medida la ejecución uniforme, racional, estable, y duradera de edificaciones y obras viales [2]. En este sentido, la estabilidad del suelo constituye una propiedad determinante en estas obras, para lo que se emplean diversas técnicas cuyo fin fundamental es contribuir a modificar y mejorar el comportamiento del suelo [3]. La mayor importancia conferida a estas radica en la influencia que tienen en las dimensiones de la estructura y en su comportamiento, además de los beneficios que le aportan a las explanaciones en el drenaje.

Entre las tecnologías empleadas en la construcción de explanaciones, se encuentran los gaviones, los que son ampliamente utilizados dada su durabilidad y alta resistencia [4]. Un gavión es una estructura fabricada con mallas metálicas de forma variable, dispuestas de forma tal que puedan contener rocas para formar un módulo compacto con múltiples fines [5].

La presente revisión bibliográfica tiene como objetivo analizar el estado del arte y la práctica en el empleo de gaviones en la construcción de explanaciones.

2. DESARROLLO

Con el progresivo avance tecnológico, se han comenzado a emplear mallas de acero electro-soldadas en la conformación de gaviones. Estas ofrecen máxima protección contra la corrosión, a la vez que garantizan durabilidades de más de 50 años, en complemento a su relleno automatizado y compactación mediante mesa vibrante durante su conformación, lo que deviene en mayor compactación, densidad y resistencia [6].

Los gaviones tienen versatilidad de empleos y facilidad constructiva, por lo que se adaptan a cualquier geometría y tipo de suelo [7], a la vez que aseguran poco mantenimiento durante su explotación [8]. Por otra parte, no necesitan fundaciones profundas y se integran al medio ambiente [9]. Además, alcanzan una excelente relación costo/beneficio social y disminuyen los costos y tiempos de ejecución [10].

La Sociedad Americana de Ensayos de Materiales (ASTM, de sus siglas en inglés) [11], define a los gaviones como recipientes tejidos de alambre, uniformemente divididos, de tamaño irregular, interconectados con otros recipientes similares, y rellenos con la roca de la zona de trabajo, para formar estructuras flexibles, permeables y monolíticas como muros de contención, espigones, revestimientos de cauces, vertederos y en proyectos de control de erosión en explanaciones viales [12]. Varios autores coinciden en que los gaviones consisten en cajas o cestas de forma prismática o de paralelepípedo en forma general [13, 14] o elementos modulares de forma variada [15], conformados por un enrejado o red metálicos [13] en forma de malla hexagonal o rectangular, de doble torsión o electrosoldada [15], preferentemente de acero recubierto [14], donde se disponen piedras de una determinada granulometría y peso específico [16], con la finalidad de dar solución a problemas geotécnicos, hidráulicos y de control de erosión [15, 16]. Por otra parte, se plantea que son estructuras flexibles, constituidas por cajas o cestos fabricados de malla de alta resistencia, con dimensiones que vienen en fracciones de medio metro, las cuales son rellenas con roca de granulometría variable según su finalidad y ubicación específicas [17, 18].

Estos se colocan a pie de obra desarmados, y son rellenos de acuerdo al objetivo que persigue su empleo en cada caso [16]. Como las operaciones de armado y relleno de piedras no requieren de ninguna calificación especial, el empleo de gaviones permite ejecutar obras que de otro modo requerirían mucho más tiempo y operarios, como los muros de contención de hormigón armado. Este montaje y llenado pueden ser realizados manualmente o con equipo mecánico común [3].

Es usual emplear en la construcción de este tipo de gaviones, mallas de doble y triple torsión, malla eslabonada e incluso electrosoldada. El empleo de una u otra disposición de la malla es determinado 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 de carbono y revestimientos en zinc o aluminio, que le confieren un alto grado de protección a la corrosión [26]. 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 [27].

Las cajas como promedio contienen 1 m² de material de relleno y alturas variables de 0,50 a 1 m, aunque sus dimensiones se encuentran estandarizadas (Tabla 1).

Tabla 1. Dimensiones de gaviones tipo caja.

Dimensiones de gaviones tipo caja		
Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)
2	1	1
3	1.5	1
4	2	0.5

Fuente: Camargo & Conesa [27].

La separación interna de las cajas en elementos se hace mediante diafragmas espaciados cada 1m, para facilitar el armado y relleno. La malla está conformada por acero con bajo contenido de carbono, revestido con aleación, lo que les confiere la posibilidad de ser colocadas en diferentes lugares y climas [18].

Gaviones tipo colchón: los gaviones tipo colchón son cuadrados en forma de un colchón convencional de gran área y pequeño espesor variable (Figura 2). Están formados por la base y la tapa como dos elementos separados, construidos en ambos casos por una red de malla metálica tejida y rellenos con material pétreo de tamaño y peso apropiado [24]. Se usa en estructuras de recubrimiento para protección contra la erosión en planos inclinados, como laderas de ríos o taludes de vías que deben resistir fuertes embates del drenaje longitudinal de la vía [28].

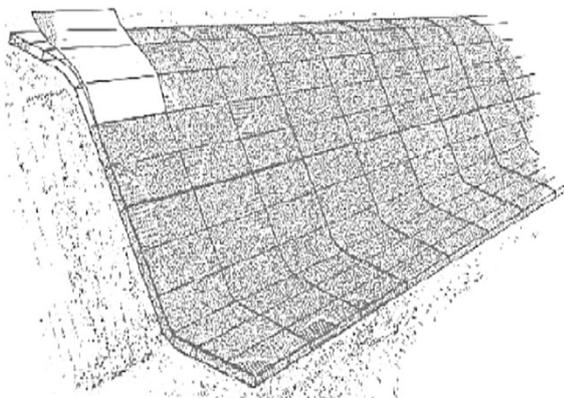


Figura 2 (a). Gavión tipo colchón.

Fuente: Orozco & Martínez (2019) [25].

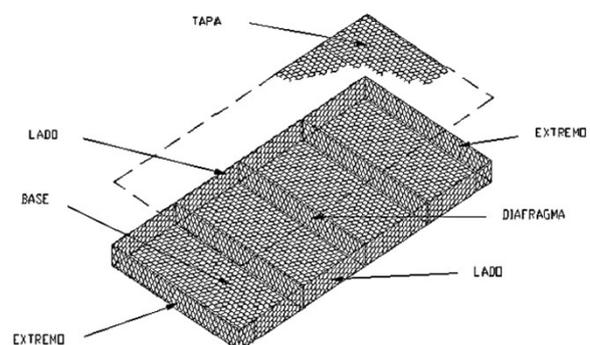


Figura 2 (b). Esquema de gavión tipo colchón.

Fuente: Orozco & Martínez (2019) [25].

El gavión está compuesto por mallas galvanizadas, formando cajones unidos por amarres de alambre resistentes al empuje del suelo [19, 20], por lo que antes de llevar a cabo el diseño de muros de gaviones, el diseñador debe asegurarse de que la condición geotécnica debajo de la base se haya investigado adecuadamente para facilitar el diseño de control de erosión [21] sin incurrir en implicaciones estructurales desfavorables para el funcionamiento de las explanaciones.

De esta forma, se asume, que los gaviones son elementos destinados a solucionar problemas geotécnicos propios de la estructura de las explanaciones [22], así como problemas hidráulicos y de control de erosión derivados del drenaje propio de la ejecución de obras viales. Sus dos componentes son las mallas metálicas y el relleno pétreo que dan forma de conjunto a elementos modulares que facilitan su empleo de forma más flexible y dinámica durante la ejecución de explanaciones viales [23]. La calidad de estos componentes y la forma en que se disponen, condicionan las prestaciones de los gaviones, así como la eficacia en su empleo.

2.1. Tipos de gaviones

Según su geometría, existen tres tipos de gaviones: tipo colchón, tipo saco y tipo caja. Cada tipo de gavión tiene diferentes usos y características, las cuales dependen de las condiciones topográficas, geométricas y físicas de cada proyecto a ejecutar [24]. Para cada uno de estos tipos, los gaviones se pueden clasificar de disímiles formas de acuerdo a los siguientes aspectos [1]:

- Las dimensiones y formas del gavión como contenedor.
- El tejido de la malla del gavión.
- El tipo de acero y del recubrimiento del alambre de la malla del gavión.
- La abertura de la malla del gavión.

Gaviones tipo caja: los gaviones tipo caja son de forma prismática (rectangular o cuadrada), de diferentes dimensiones. Están constituidos por una red de malla metálica tejida que forma la base, la tapa, y las paredes frontales y traseras de la canasta del gavión, las cuales son rellenas con material pétreo con forma esferoide de diámetro nunca inferior a la dimensión de la malla hexagonal [24] (Figura 1).

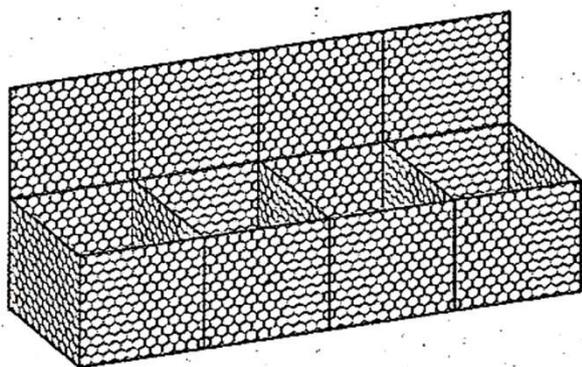


Figura 1 (a). Gavión tipo caja.
Fuente Orozco & Martínez (2019) [25].

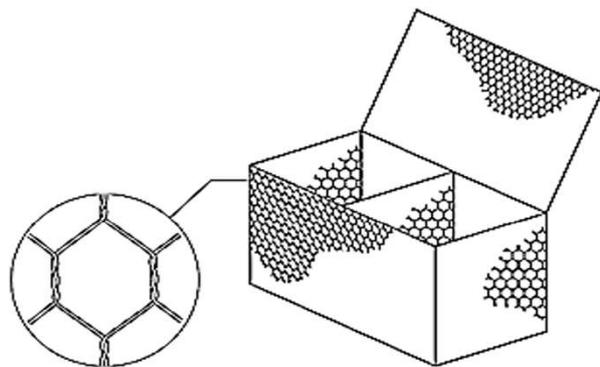


Figura 1 (b). Esquema de Gavión tipo caja.
Fuente: Orozco & Martínez (2019) [25].

Tabla 2. Dimensiones de gaviones.

Dimensiones de gaviones tipo colchón		
Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)
3	2	1
4	2	0.5
5	2	0.5
6	2	0.5

Fuente: Camargo & Conesa [27].

Tipo saco: Son estructuras metálicas con forma de cilindro, constituidas por un único paño de malla de torsión, que en sus bordes libres presenta un alambre especial que se dispone de forma alterna por las mallas para permitir el montaje del elemento en la obra [24]. Este tipo de gavión (Figura 3), se utiliza en obras de emergencia, principalmente sumergidas o colocadas en lugares donde no es posible realizar una instalación más rápida. A los elementos de un paño de malla, se les rellena y traslada al lugar de emergencia. A diferencia de los gaviones tipo caja o tipo colchón, los gaviones saco se arman fuera de la obra y con maquinaria pesada se colocan en su posición final [27].

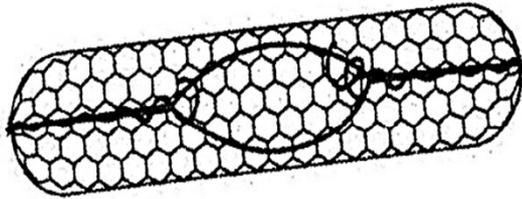


Figura 3 (a). Gavión tipo colchón.
Fuente: Orozco & Martínez (2019) [25].

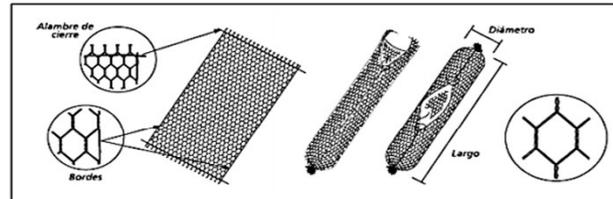
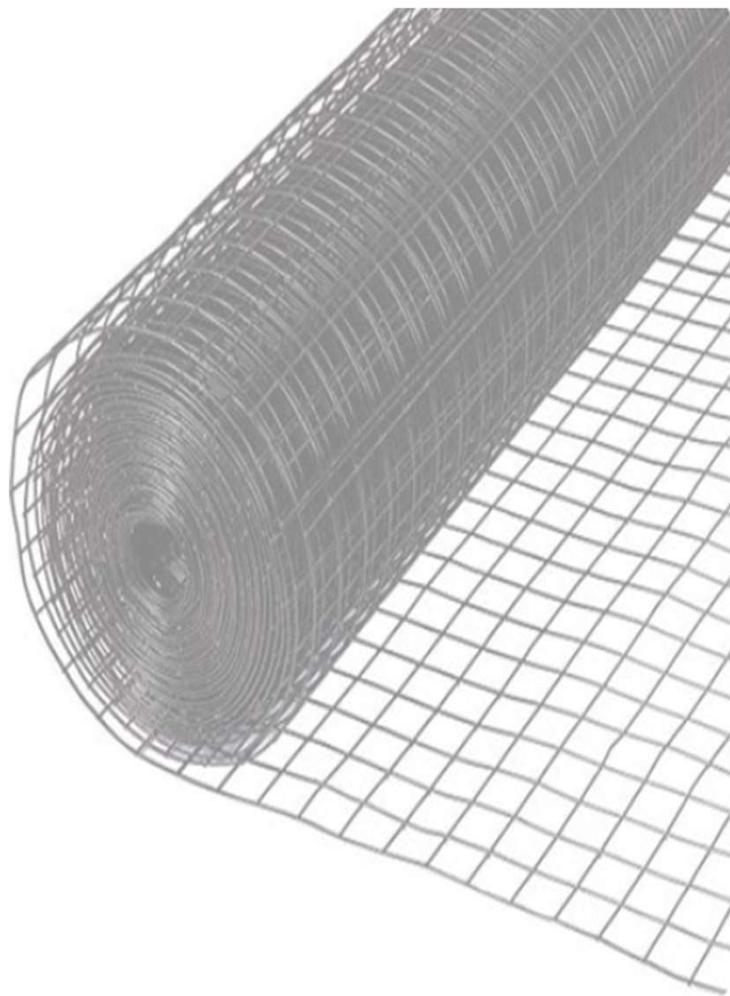


Figura 3 (b). Esquema de gavión tipo colchón.
Fuente: Orozco & Martínez (2019) [25].



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 que el uso de gaviones sea fundamental en obras de emergencia. El llenado se realiza con rapidez por un extremo o por el costado [18].

2.2. Características de la malla para gaviones

Luego de constatar la diversidad en la clasificación de los gaviones, deben tenerse en cuenta varios elementos para decidir que gavión utilizar. Entre los principales se encuentran el uso que se le va dar a los gaviones, las solicitaciones a las que van a estar sometidos y las condiciones a las que van a estar expuestos los gaviones [29]. Una vez determinado esto, se puede definir la configuración, el tipo de tejido, la abertura de la malla, el tipo de acero del alambre, el tipo de recubrimiento o recubrimientos del alambre, las dimensiones del gavión y el número y separación de los diafragmas [30].

Para la conformación de gaviones, la malla a emplear debe cumplir con varios requisitos [31]. Entre ellos se encuentran que la abertura de malla debe ser de ocho (8) por diez (10) centímetros, y el alambre de los amarres y templetos deberá tener un diámetro mínimo de dos milímetros con dos décimas (2.2 mm).

Una de las características determinantes de la malla es la forma en que está tejida, es decir, como se unen los alambres que conforman la malla del gavión (Figura 4). En la malla electrosoldada (Figura 4 (a)), los materiales componen una serie de alambres de acero longitudinales y transversales colocados en ángulos rectos entre sí, y soldados justo en los puntos de intersección por soldadura eléctrica para formar los paneles. Por su parte, la malla a doble torsión (Figura 4 (b)), se conforma a base de girar continuamente pares de alambres a través de tres medios giros, que se interconectan a alambres adyacentes, y dan forma así a las aberturas hexagonales. Un tipo más reciente es la malla extruida, que se emplea en la ejecución de gaviones de polietileno de alta densidad (HDPE). Esta le confiere como ventaja a los gaviones la posibilidad de resistencia a suelos ácidos y ambientes agresivos.

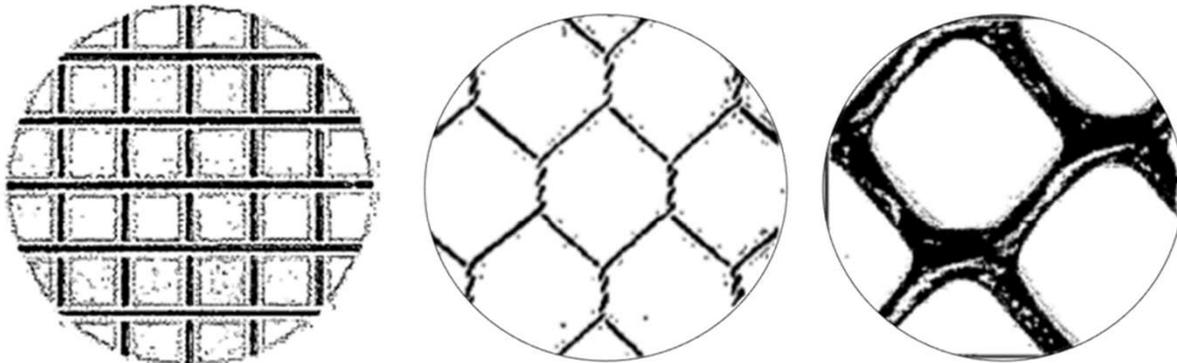


Figura 4. (a): Malla electrosoldada; **(b):** Malla a doble torsión; **(c):** Malla extruida.

Fuente: Novoa (2018) [32].

2.2. Principales empleos de los gaviones

Dada la variedad de combinaciones de las características de los gaviones para cada tipo [33], estos pueden ser empleados en disímiles obras tanto provisionales como semipermanentes [34]. En este sentido, entre las principales aplicaciones de esta tecnología en la construcción de explanaciones, se encuentra su empleo para mantener taludes inestables, proveer control de erosión y contribuir al drenaje, cuando se requieran estructuras rentables, duraderas, permeables y flexibles [22]. El uso de los gaviones brinda calidad a las obras, ya que presentan un acabado sin deformaciones, aristas rectilíneas y planas, permiten construir superficies redondeadas y dan la posibilidad de utilización en el relleno de numerosos materiales tales como bolos, piedra, madera y ladrillos [35].

Su empleo ha evolucionado a partir de la introducción de innovaciones tecnológicas en los materiales utilizados, por lo que esta técnica es ampliamente difundida actualmente en la ejecución de muros de contención y otras obras de desempeño geotécnico, de hidráulica fluvial, irrigación de canales, protección de aproches y pilas de puentes, drenaje de obras viales, control de erosión y obras de emergencia [25]. Debido a su flexibilidad, economía y eficacia, el uso de los gaviones se extiende cada día más hacia diferentes tipos de obras de construcción, principalmente las viales. Son muy utilizados en la consolidación de los movimientos de los taludes, ya que por la propiedad que poseen de poder deformarse sin perder su eficacia, y por su alto grado de capacidad de drenaje, se adaptan de una manera particular a muchos casos en que se debe operar en terrenos inseguros y con presencia de agua superficial o subterránea [35].

Para la protección de explanaciones contiguas y paralelas a cursos naturales o artificiales de agua, es conveniente el uso de los gaviones tipo saco elaborados de forma cilíndrica (Figura 5) para los trabajos preliminares de relleno que encaucen o controlen el flujo hidráulico, y den nivelación al lecho donde se dispondrán los gaviones tipo caja [36]. Este tipo de obras acelera el estado de equilibrio del cauce, y evita la erosión y el derrumbamiento de las márgenes [10].

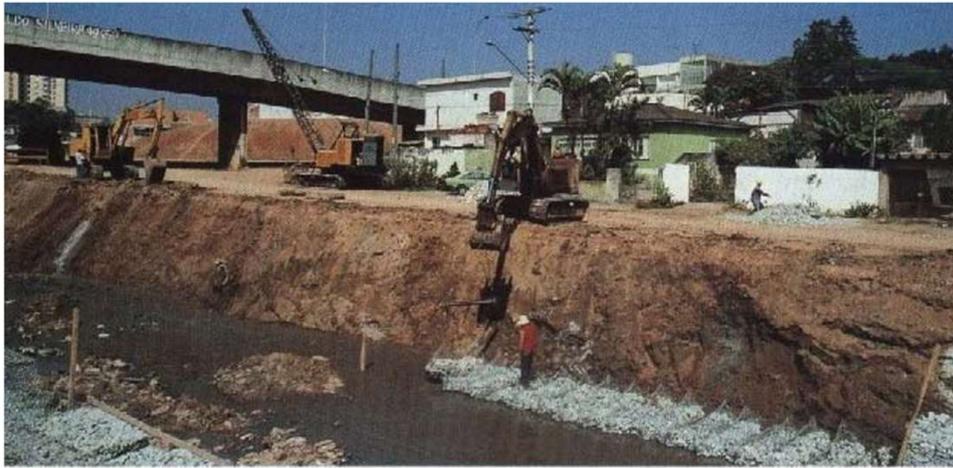
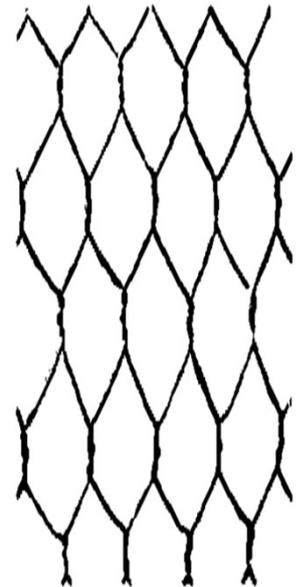


Figura 5. Uso de gaviones cilíndricos como base de muros de gaviones tipo caja.
Fuente: Uziel (2021) [38].



Una obra similar es la recuperación de vías perimetrales que hayan sufrido socavación por el flujo hidráulico. En estos casos se utilizan obras longitudinales (Figura 6), con las cuales se logra desviar el flujo principal del río. Estas consisten en defensas o barreras construidas sobre el lecho primitivo, las cuales pueden tener varias fases de construcción según sus necesidades [37].

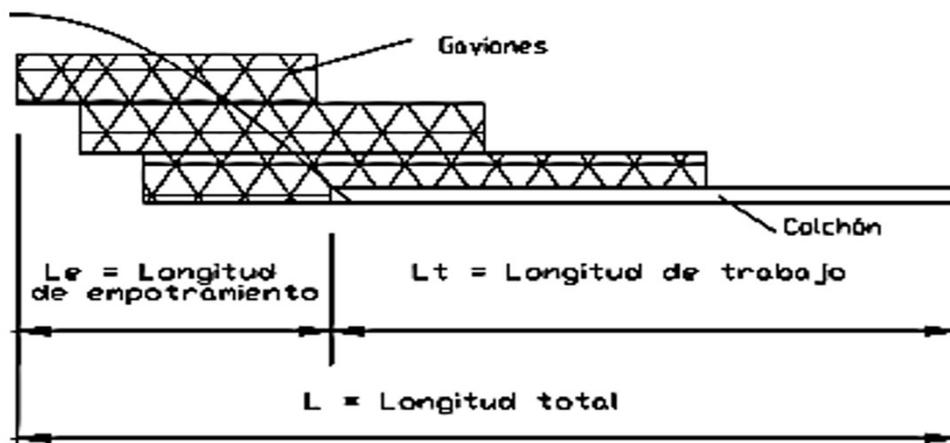
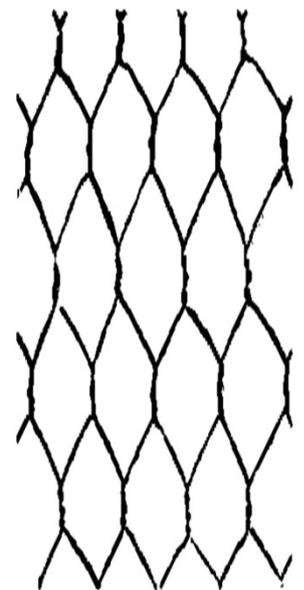


Figura 6. Partes que conforman una obra longitudinal.
Fuente: Uziel (2021) [38].



Estas obras longitudinales, en su primera fase, son estructuras que tienen agua por ambos lados, pero al estrechar la corriente provoca el aumento de la fuerza de arrastre en el lecho y, como consecuencia, se produce una profundización del fondo en la zona encauzada, razón por la cual al construir una defensa se toma en cuenta el poder erosivo de la corriente en la base [39]. Debido a estos efectos, las obras longitudinales deben tener cierta flexibilidad por el lado del lecho del río, a fin de que se adapten siempre al suelo de fundación y se eviten las socavaciones excesivas provocadas por la profundización de la corriente [12]. En el área recuperada se construyen obras transversales o traviesas, para dificultar la formación de corrientes que transporten acarreos detrás del defensivo. Si las obras transversales son desbordables, la cara posterior se construye de modo que no pueda ser socavada por el agua que por ella se precipite. Para este propósito se utilizan materiales existentes en la zona, como ramas o arbustos [37].

Otra de las aplicaciones, y presumiblemente la más importante de los gaviones, es la construcción de obras de contención. En este sentido, esta técnica representa una solución ampliamente empleada en la construcción de explanaciones para obras viales (Figura 7), dadas las ventajas desde el punto de vista técnico y económico que brinda, así como su aplicabilidad en cualquier ambiente, condición climática, e incluso en zonas de muy difícil acceso [40].



Figura 7. Obras de contención con empleo de gaviones en obras viales.

Fuente: Lin *et al.* (2011) [41].

La malla metálica posee elevada resistencia mecánica y la doble torsión impide que ésta se desarme ante el cortado de un alambre, lo que asegura que en cada cruce se tenga un punto fijo para mantener la flexibilidad de la malla y evitar las deformaciones en la mayor medida posible. La permanencia en el tiempo se asegura a través de la fuerte galvanización de los alambres y, en el caso de condiciones particularmente agresivas para el zinc, se dispone de alambres fuertemente galvanizados revestidos de PVC [42].

El contacto entre los paños de la red, garantiza que una vez llenados los gaviones se produzca el roce en toda la superficie de la malla. De esta manera, la estructura se comporta en forma monolítica manteniéndose constante la fricción interna de la piedra. El alambre utilizado en las costuras y suministrado con los gaviones es en general de diámetro menor, lo cual lo vuelve más manejable, pero con resistencia suficiente para absorber las sollicitaciones de la estructura [43]. Las piedras para el relleno deben tener un elevado peso específico, no ser friables, poseer un tamaño mínimo superior a la mayor medida de la malla y uno máximo que se encuentre en el orden del doble del mínimo [44].

2.4. Ventajas en el empleo de gaviones

Las estructuras de gaviones, debido a su flexibilidad (Figura 8), permiten asentamientos y deformaciones sin perder su eficiencia y función estructural [45]. Esta propiedad es esencialmente importante cuando la obra debe soportar grandes empujes del terreno y, a la vez, está fundada sobre suelos inestables o expuestos a grandes erosiones. Al contrario de las estructuras rígidas, el colapso no ocurre de manera repentina, lo que permite acciones de recuperación eficientes [46].

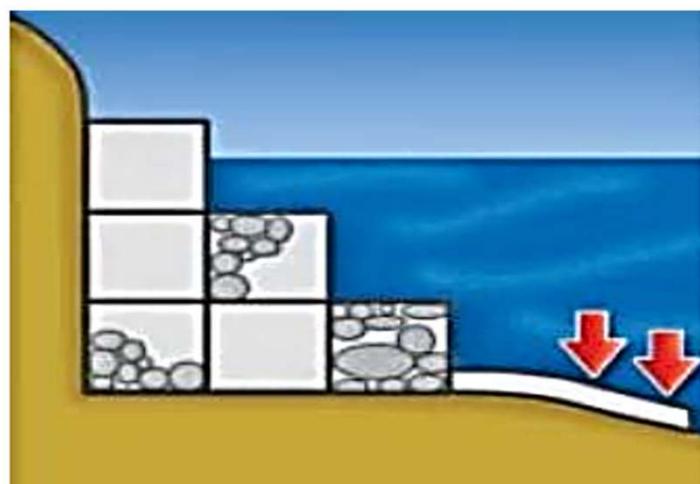


Figura 8. Flexibilidad de los muros de gaviones

Fuente: Vásquez (2021) [47].

Los gaviones, al estar constituidos por mallas y bloques sanos de roca, son estructuras altamente permeables (Figura 9), lo que impide que se generen presiones hidrostáticas. Del mismo modo se constituyen como drenes que permiten la evacuación de las aguas de percolación, optimizando así las secciones de dichas estructuras [12].

Sumado a lo anterior, es recomendable la utilización de geotextil sobre toda el área de contacto suelo-muro, o bien, la colocación de un material granular, como filtro, en la espalda del muro, para evitar que el material fino penetre en el gavión, y obstruya el paso de las aguas. Este material drenante deberá estar constituido por partículas con tamaños comprendidos entre el tamiz de 19 mm (3/4") y el de 75 mm (3"), y el porcentaje pasando el tamiz #200 deberá ser menor o igual al 3%. De esta manera se garantiza que no se generen presiones hidrostáticas, a largo plazo, para las cuales el muro no ha sido diseñado [37].

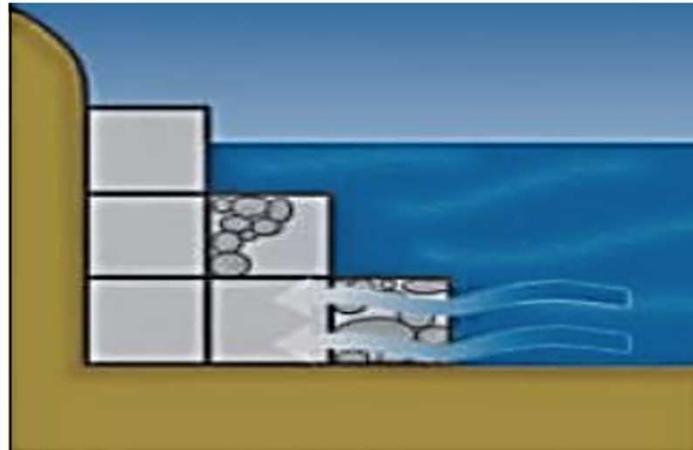


Figura 9. Permeabilidad de los muros de gaviones.
Fuente: Vásquez (2021) [47].

Debido a la presencia de la malla de acero, el peso propio y el carácter monolítico, las estructuras de gaviones son capaces de resistir esfuerzos de tracción y empujes generados por el terreno y cargas adyacentes. De ahí la necesidad de garantizar la durabilidad de la misma, mediante el empleo de recubrimientos de protección de los alambres utilizados en la fabricación de los gaviones, para contribuir a su vida útil. La triple capa de zinc o galvanización pesada (Figura 10), asegura una buena protección contra los fenómenos de corrosión y abrasión. La protección adicional del alambre con material plástico garantiza la integridad de la estructura en presencia de ambientes corrosivos o contaminados [42].

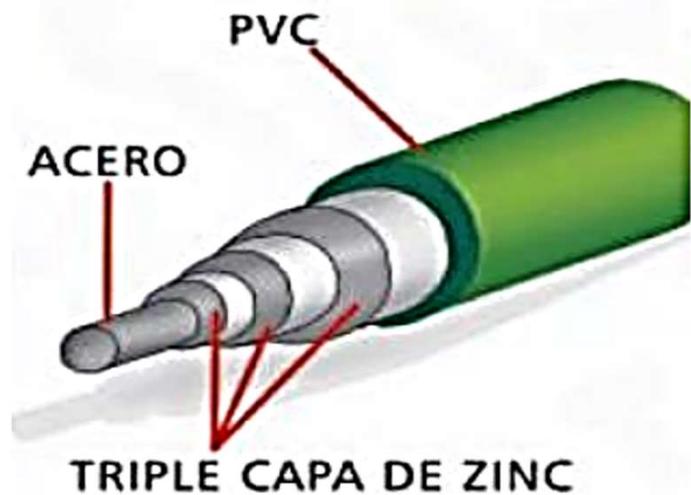


Figura 10. Recubrimiento del alambre de la malla de gaviones.
Fuente: Vásquez (2021) [47].

Los muros de gaviones se integran de forma natural a su entorno y no constituyen obstáculos al paso de las aguas. Al estar constituidos por materiales inertes, favorecen el crecimiento de la vegetación y contribuyen a la conservación del ecosistema existente. Por otra parte, es una tendencia actual el empleo de muros de gaviones con fines ornamentales [48].

Cuando son comparados con otras técnicas constructivas, los muros de gaviones presentan costos más bajos [49]. La facilidad de armado de los gaviones hace que estos no requieran mano de obra especializada. Las herramientas necesarias son simples, por lo que se logran altos rendimientos en su instalación [46]. Los bloques de relleno, muchas veces, son extraídos del mismo lugar donde se efectúa la instalación, lo que influye a favor de la reducción del costo final de la obra. Además, elimina por completo la necesidad de costosas fundaciones profundas. Según datos de la empresa Maccaferri, para alturas iguales, el costo de construir un muro de concreto reforzado es de 1.5 a 2 veces más alto que el de construir un muro de gaviones.

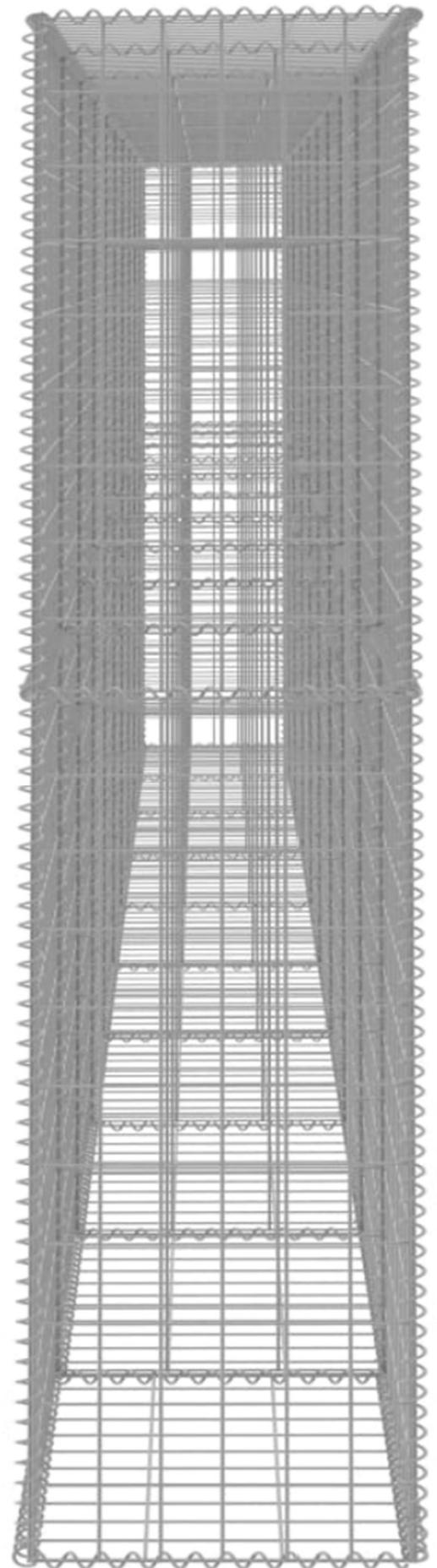
En cuanto a la resistencia, los materiales con los cuales se fabrican los gaviones deben cumplir con los estándares de calidad exigidos en las normativas internacionales vigentes a los efectos [50, 51], para asegurar la confiabilidad estructural en su empleo [52, 53]. Se debe velar, entre otras cosas, por los calibres de los alambres y la abertura de las mallas [37].

3. CONCLUSIONES

Las estructuras formadas con gaviones son una solución confiable y eficaz para la estabilización y protección de taludes debido a su versatilidad, flexibilidad, permeabilidad, durabilidad y economía. Con base en la multifuncionalidad de los gaviones, estos se posicionan como una solución integral a diferentes requerimientos de construcción dado su amplio espectro de aplicación, entre los que resaltan la construcción de explanaciones. La versatilidad caracteriza a este tipo de obras, dada la naturaleza de los materiales que se emplean en su construcción, la cual es rápida debido a que, después de haber sido montados, rellenos y cerrados, los gaviones están listos para desarrollar su función. Del mismo modo, permite su ejecución por etapas y una rápida reparación si se produjera algún tipo de falla. Los gaviones brindan flexibilidad a los proyectos de explanaciones, principalmente por su facilidad de instalación y su fácil relación con el medio ambiente, a la vez que garantizan la solución a problemas geotécnicos, hidráulicos y de control de erosión en estas estructuras.

4. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al **Ing. Carlos Máximo Corzo Bacallao (†)** por la información proporcionada y el apoyo brindado durante la investigación que originó el presente artículo.



- [1] Azueto Ruiz, B. E. (2014). Análisis de costos para muros de gavión para prevenir la erosión en bordas del Río Guacalate, Escuintla, Guatemala. (Tesis de grado), Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Disponible en: <https://repositoriosidca.csuca.org/Record/R epoUSAC804/Details>.
- [2] Cotera, C., Mayumi, S., Caqui, H., & Carolina. (2018). Propuesta de análisis y diseño de gaviones antes de posibles deslizamientos de taludes entre los tramos de KM 00+000 al KM 00+885 del distrito de los Olivos. (Tesis de grado), Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Privada de Telesup, Lima, Perú. Disponible en: <https://repositorio.utelesup.edu.pe/handle/U TELESUP/32>.
- [3] Ogando Ramírez, L. (2015). Los gaviones: análisis, evolución y comportamiento. Propuesta para las envolventes de las escuelas en la República dominicana. (Tesis de Maestría), Tecnología de la arquitectura, Línea de Construcción Arquitectónica-Innovación tecnológica, Barcelona, España. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/79 581>.
- [4] Jiang, Y. & Wang, X., (2011). Stress-strain behavior of gabion in compression test and direct shear test. In: Peng, Q. (Ed.), Third International Conference on Transportation Engineering (ICTE). American Society of Civil Engineers (ASCE), pp. 1457–1462. Disponible en: https://www.research.net/publication/269133 717_stress_strain_behavior_of_gabion_in_c ompression_test_and_direct_shear_test/stat s.
- [5] Avilés Pilco, M. J. (2014). Análisis técnico y económico para muros de contención de hormigón armado comparado con muros de gaviones y sistemas de suelo reforzado para alturas H= 5m, H= 7,5m, H= 10m H= 15m, para una longitud de 80m. (Tesis de grado para optar por el título de Ingeniería Civil), Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Disponible en: <https://dspace.uce.edu/handle>.
- [6] Márquez Espinosa, J. M. (2021). Eficiencia estructural de muros de contención de suelos mecánicamente estabilizados con geosintéticos y gaviones en las laderas de la quebrada Huaycoloro – Lurigancho – Chosica – Lima Metropolitana. (Tesis de grado para optar por el título de Ingeniería Civil), Facultad de Ingeniería, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/656002>
- [7] Agostini, R., Cesario, L. & Conte, A., (1987). Flexible gabion structures in earth retaining works. Officine Maccaferri. Disponible en: <https://www.worldcat.org/title/flexible-gabion-structures-in-earth-retaining-works/oclc/20688526>.
- [8] Thar Cho, M. Y., Chueasamat, A., Hori, T., Saito, H., & Kohgo, Y. (2021). Effectiveness of filter gabions against slope failure due to heavy rainfall. Soils and Foundations 61(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2021.01.010>.
- [9] Temoche Oliden, G. H., & Quiroz Alayao, E. E. (2019). Propuesta hidráulica entre gavión y enrocado del Río Chuquillanqui en el tramo que limita los caseríos Chuquillanqui y Pinchady – Distrito de Lucma – Departamento la Libertad. (Tesis de grado para optar por el título de Ingeniería Civil), Facultad de Ingeniería, Universidad privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. Disponible en: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.50 0.12759/5927>
- [10] Urteaga Huamán, C. A. (2019). Análisis Comparativo de Soluciones de Defensa Ribereña para el Puente Tahuamanu – Madre de Dios: Sistema de gaviones y Geo estructuras. Trabajo de diploma en Ingeniería Civil. Pontificia universidad católica del Perú. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/ 20.500.12404/15276>.
- [11] Tibanta Tuquerres, J, H. (2012). Diseño de diques de gaviones para el control de la erosión en ríos de montañas. (Tesis de grado para optar por el título de Ingeniería Civil), Universidad San Francisco de Quito, Colegio Politécnico, Quito, Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/ 1449>.
- [12] Shaker A., Jalil Sarhan A., Sarhan Bshkoj S. & Hussein Jihan M. (2019). Effect of Gravel Size and Weir Height on Flow Properties of Gabions. Journal of University of Babylon for Engineering Sciences, 27(2). Disponible en: <https://www.shaker.abdulatif@uod.ac>.
- [13] Tamariz Vera, J, J. (2019). Construcción de muros de gaviones y generación del empleo social inclusivo en la quebrada de Tulpay. (Tesis de grado para optar por el título de Ingeniería Civil), Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú. Disponible en:

- <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/2882>.
- [14] Matos Paniza, M. (2016). Diseño de un modelo de aprovechamiento para el manejo eficiente del flujo de materiales en las empresas Pymes del sector de la construcción de la ciudad de Cartagena. Caso explanaciones y construcciones S.A. (Tesis de grado), Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Bolívar. Disponible en: <http://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/1887>.
- [15] Giaconi, L. M., Giaconi, M, N., Coelho Dos Santos, G., & Tear, M. F. (2019). Soluciones estructurales de bajo impacto ambiental utilizando gaviones para la disminución del riesgo de inundaciones en una cuenca urbana. Aplicación en la cuenca del Ramal H, Tandil, provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista de Geología aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, no. 43, 39-56. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7384131>
- [16] Castañeda Castañeda, E. (2019). Aplicación de Muro Gavión en la Construcción Sostenible de viviendas, en el sector Mayopampa. (Tesis de Maestría), Unidad de Posgrado de la Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7384131>.
- [17] Espinosa Ortega, a. M., & Escobar Mariño, D. A. (2019). Análisis comparativo y limitaciones de diseño entre terraplenes ejecutados con materiales seleccionados y terraplenes con materiales tolerables. (Tesis de grado para optar por el título de Ingeniería Civil), Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10983/24226>.
- [18] Conesa García, C. (2004). Los diques de retención en cuencas de régimen torrencial: diseño, tipos y funciones. Nimbus, 13-14. ISSN: 1139-7136. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/268965731/Manual-de-Gaviones>.
- [19] Cruz Álvarez, M. A. (2019). Estado del arte para el empleo de mantos de hormigón para controlar la estabilidad de talud. (Tesis de grado para optar por el título de Ingeniería Civil), Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga, Bucaramanga, Venezuela. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/656002>.
- [20] Mendoza Aguirre, P. P. (2021). Ventajas técnico – económico del empleo de mallas electrosoldadas en reemplazo de tablas de 2'x8"x10' en el proceso de relleno detrítico en el TJ 1250 del Nv. 2260 en la mina Santa María – Poderosa. (Tesis de grado para optar por el título de Ingeniero de Minas), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Disponible en: <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/2195>.
- [21] Schmidt Escobar, S. (2018). Estudio de viabilidad de la disminución del empuje horizontal sobre los muros de contención por medio del aligeramiento del material de lleno. (Tesis de grado para optar por el título de Ingeniería Civil), Universidad EIA Constructora Concreto S. A. Disponible en: <http://repository.eia.edu.co/handle/11190/2195>.
- [22] Apriyono, A., Iswahyudi, S., & Pamungkas, R.W. (2019). Analysis of Different Stripe Connectors for a Gabion Wall based on Woven Waste Tire Stripes. Civil Engineering Dimension, 21(2). Disponible en: <https://ced.petra.ac.id/index.php/civ/article/view/22294>.
- [23] Kandolkar, S. (2011). Stabilization of coastal slope at бага hill. Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes, 42(1). Disponible en: https://www.academia.edu/32932514/Design_and_Construction_of_Mechanically_Stabilized_Earth_Walls_and_Reinforced_Soil_Slopes_Volume_1?from=cover_page.
- [24] Piñar Venega, R. (2008). Proyecto de construcción de un muro de gaviones de 960 m³. (Tesis de grado para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería en Construcción), Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. Disponible en: <https://hdl.handle.net/2238/6034>.
- [25] Orozco Hernandez, J. A., & Martínez Flores, G. I. (2019). Propuesta de vivienda con gaviones de electro malla galvanizada y piedra bolón. (Tesis de grado), Facultad de Ciencias e ingenierías, Departamento de Construcción, Managua, Nicaragua. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/12752>.
- [26] Asadpour, H. & Akhlaghi, T. (2017). Stability Analysis of Gabion wall with Tieback in Seismic Regions. Civil Engineering Journal, 3(5). Disponible en: <https://www.CivileJournal.org>.
- [27] Camargo Hernández, J. E., & Franco, V. (2001). Manual de Gaviones. Basado en investigaciones realizadas para gaviones LEMAC, SA. Series del Instituto de Ingeniería 624. Disponible en:

- <https://es.scribd.com/document/268965731/Manual-de-Gaviones>.
- [28] Bhandari, R. (2019). Riverbank Protection with Gabion Structure: Gabion Mattress. Trabajo de diploma en Ingeniería Civil. Universidad de ciencias aplicadas de Metropolia. Disponible en: <http://metropolia.fi/en>.
- [29] Marigo, N., Gabrieli, F., Pol A., Bisson, A. & Brezzi, L. (2021). A Discrete Element Framework for the modelling of rock-filled gabions. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 833(1). Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/671/1/012068>.
- [30] Bohórquez Solano, N. A. (2013). Maquinaria para construcción de túneles. Revista Digital Apuntes de Investigación, 5(1). Disponible en: <http://apuntesdeinvestigacion.upbbga.edu.co>.
- [31] Cano Valencia, A. (2007). Resistencia de la malla del gavión al aplastamiento por impacto. Trabajo de diploma en Ingeniería Civil. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/record/UUNI_6169A4337A65CB635C6EE127079892E4.
- [32] Novoa Human, F. M. (2018). Construcción de muro gaviones, para la protección y estabilización de talud en la IE. Virgen de Guadalupe Lucma-Ancash-Perú. [Trabajo de Diploma: Universidad Privada Telesup]. Lima, Perú. Disponible en: <http://rekskf.usc.es/154489125.10.02>.
- [33] Monir Elzoghby, M., Jia, M. & Luo, W. (2021). Experimental study on the hydraulic performance of nonwoven geotextile as subsurface drain filter in a silty loam area. Ain Shams Engineering Journal, 13(5). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.03.012>.
- [34] Tamara Naranjo, J. G. (2013). Análisis del proceso de construcción de estructuras en gaviones como obras de protección para mitigar el desbordamiento y socavación que produce el río Guatiquia sobre la margen izquierda en el sector del centro poblado de san Nicolás. Villavicencio. Meta. Trabajo de diploma en Ingeniería Civil. Universidad cooperativa de Colombia. Disponible en: <https://1library.co/document/qo57875y-analisis-construccion-estructuras-proteccion-desbordamiento-socavacion-guatiquia-villavicencio.html>.
- [35] Oosthoek, J. (2008). "The Stability of Synthetic Gabions in Waves." Thesis for degree of Master of Science. Delft University of Technology. Disponible en: <https://www.CivileJournal.org>.
- [36] Racin, J. A. & Thomas P. (2001). Gabion mesh corrosion: Field Study of Test Panels and Full-scale Facilities, FHWA-CA-TL-99-23. Disponible en: <https://www.CivileJournal.org>.
- [37] Cervantes Cotera, S. M. & Hilario Caquil, C. (2018). Propuesta de análisis y diseño de gaviones ante posibles deslizamientos de taludes entre los tramos del km 00+000 al km 00+885 del distrito de los olivos. Trabajo de diploma en Ingeniería Civil. Universidad privada Telesup. Disponible en: <https://repositorio.utelesup.edu.pe/handle/UTELESUP/326>.
- [38] Uziel Inoc, C. H. (2021). Análisis estático de estabilidad del muro de gaviones de la carretera central utilizando envases PET en Chicla - Huarochirí -Lima. Trabajo de diploma en Ingeniería Civil. Universidad Cesar Vallejo Peru. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.1269/59655>.
- [39] Mansen V. A., Rivas O. N., Rivera J. C. & Balbin, M. (2011). Control del efecto erosivo por flujos paralelos en terraplenes mediante gaviones durante la ocurrencia del fenómeno del niño. III Congreso nacional del agua. Disponible en: <https://www.amansen@mk.com.pe>.
- [40] Voevod, M., Moldovan, M., Ranta, O., Dîrja, M., David, A., Micle, S., Topan, C., Tenter, A. (2020). Study on the economic efficiency of slope consolidation by different methods. Scientific Papers. Series A.
- [41] Lin, D. G., Lin, Y. H. & Yu, F. C., (2010). Deformation analyses of gabion structures. In: Chen, S. (Ed.), Interpraevent 2010: International Symposium in Pacific Rim. Taipei: International Research Society, pp. 512–526. Disponible en: <https://www.semanticsscholar.org/paper/def-ormation-analyses-of-gabion-structures/16db4fc60a0f2a71f959c5126b7c90a8f0836978>.
- [42] López De La Cruz, E. H. (2020). Sistema de reforzamiento con gaviones o sistema terramesh-grid para la estabilidad del talud en la carretera casma – huaraz del km 95+540 al 95+600. Trabajo de diploma en Ingeniería Civil. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Disponible en: <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4436>.
- [43] Espinoza, M. & Manuel, J. (2021). Eficiencia estructural de muros de contención de suelos mecánicamente estabilizados con geosintéticos y gaviones, en las laderas de la quebrada Huaycoloro - Lurigancho - Chosica

- Lima Metropolitana. Trabajo de diploma en Ingeniería Civil. Universidad peruana de ciencias aplicadas. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/656002>.
- [44] Herrera Gaspar, A. & Silva-Silva Santisteban, R. (2021). Análisis técnico-económico entre un muro de gaviones y un muro de suelo reforzado como solución de estabilidad de taludes en la carretera Choropampa – Cospan (Cajamarca). Trabajo de diploma en Ingeniería Civil. Universidad peruana de ciencias aplicadas. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/655858>.
- [45] Lifonzo Salcedo, C. A. & Lifonzo Ruiz, S. (2018). Modelamiento numérico de muros de contención de gaviones mediante el método de elementos finitos. XXVIII Congreso latinoamericano de hidráulica Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/460036102/Modelamiento-numérico-de-muros-de-contención-de-gaviones>
- [46] Hernández Quesada D. J. (2019). Estudio de Rendimientos y Control de Costos en la Construcción de Muros de Gaviones. Trabajo de diploma en Ingeniería Civil. Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería en Construcción. Disponible en: <https://www.tec.ac.cr>.
- [47] Vásquez Cueva, N. C. (2021). Construcción de la PTAR de la obra: Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario de los barrios urbano: Patrón Santiago, El Salvador, Los Álamos, Wichaypampa, Señor De Huanca y San Marcos del Distrito de Challhuahuacho, Provincia de Cotabambas, Departamento de Apurímac. Trabajo de diploma en Ingeniería Civil. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Disponible en: https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto_inversion/0849-ampliacion-capacidad-tratamiento-de-la-ptar-celaya/.
- [48] Jiménez Hernández, E., Gómez-Pérez, Y. & Carrillo-García, M. (2019). Gabbioni: una herramienta para el diseño de presas de gaviones. Quinto Congreso Nacional COMEII 2019. Disponible en: <https://www.comeii.com>. y www.riego.mx.
- [49] Daneshfaraz, R., Bagherzadeh, M., Ghaderi, A., Francesco, S. & Majedi A. M. (2021). Experimental investigation of gabion inclined drops as a sustainable solution for hydraulic energy loss. Elsevier BV on behalf of Faculty of Engineering, Ain Shams University, 2090(4479). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.03.013>.
- [50] Brocato, M. (2018). A continuum model of close packing granular materials for the study of rock filled gabions. International Journal of Solids and Structures, 184 (4). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020768318303275>.
- [51] Komadja, G., Pradhan, S., Oluwasegun A., Roul, A., Stanislas, T., Laïbi, R., Adebayo, B., & Onwualu, A. (2021). Geotechnical and geological investigation of slope stability of a section of road cut debris-slopes along NH-7. Results in Engineering 10(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2021.100227>.
- [52] Mahyuddin, R., Karasu, T.J.R. & Dawood, E. T. (2013). The stability of gabion walls for earth retaining structures. Elsevier B.V. on behalf of Faculty of Engineering, Alexandria University. 57(1) Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2013.07.005>.
- [53] Shiah Guan, C. & Cheng Yung, T. (2011). The major design considerations of gabion wall for stream bank. International Conference on Materials for Renewable Energy & Environment, 1885-1888. DOI: <http://doi.org/10.1109/ICMREE.2011.5930705>.

