

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1904>

Guía práctica para los protocolos de trabajos en altura para muros de retención en gaviones y suelo reforzado con fachada en gavión

Practical guide for work at height protocols for gabion retaining walls and reinforced soil with a gabion façade

Diego Elías Sandoval Barrantes

dsandovalb@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-0749-427X>

Universidad Fidelitas

San José – Costa Rica

Alexander Molina Villalobos

Alexander.molinav@ufide.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0002-8118-8855>

Universidad Fidelitas

San José – Costa Rica

Artículo recibido: 14 de marzo de 2024. Aceptado para publicación: 01 de abril de 2024.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

Los muros de contención de gaviones y los muros de refuerzo de suelo con revestimiento de gaviones han sido ampliamente estudiados desde el punto de vista técnico y constructivo, ya que son sistemas ampliamente utilizados, también los temas de salud y seguridad ocupacional han cobrado fuerza como factores importantes y determinantes en la construcción de un proyecto de ingeniería civil, especialmente los relacionados con el trabajo en altura donde la implementación de protocolos de seguridad se vuelven tan importantes y una parte clave de la obra debido a los riesgos que conlleva. Como los principales hallazgos de esta investigación, son: no existe una legislación específica para estos sistemas, pero sí existe una normativa de referencia que se puede aplicar a estos sistemas; por otro lado, con la información suministrada por Maccaferri se pudieron clasificar cuatro tipos de escenarios constructivos típicos; Con la normativa correspondiente y las características constructivas de los escenarios típicos, se propusieron tres posibles estructuras útiles para resolver los riesgos de altura. En conclusión, se encontró que aun cuando no existan regulaciones específicas para gaviones, con la documentación de referencia es posible implementar protocolos de seguridad, que fueron compilados en una guía práctica con elementos visuales para ayudar al usuario y un ejemplo hipotético de implementación en un caso de estudio en un proyecto real

Palabras clave: muro, suelo, estructuras, construcción, gaviones

Abstract

Gabion retaining walls and soil reinforcement walls with gabion lining have been widely studied from a technical and construction point of view, as they are widely used systems, and occupational health and safety issues have also gained strength as factors. important and determining factors in the construction of a civil engineering project, especially those related to work at height where the implementation of safety protocols become so important and a key part of the work due to the risks

involved. However, given that there is no specific regulation for working at height when it comes to these systems, the main concern arises from the possibility of applying existing documentation related to the subject to these gabion systems. The main findings of this research are: there is no specific legislation for these systems, but there is a reference regulation that can be applied to these systems; On the other hand, with the information provided by Maccaferri, four types of typical construction scenarios could be classified; With the corresponding regulations and the construction characteristics of the typical scenarios, three possible useful structures were proposed to resolve height risks. In conclusion, it was found that even when there are no specific regulations for gabions, with the reference documentation it is possible to implement safety protocols, which were compiled in a practical guide with visual elements to help the user and a hypothetical example of implementation in a case. study in a real project

Keywords: wall, soil, structures, construction, gabions.

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Cómo citar: Sandoval Barrantes, D. E., & Molina Villalobos, A. (2024). Guía practica para los protocolos de trabajos en altura para muros de retención en gaviones y suelo reforzado con fachada en gavión. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5 (2), 625 – 633. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1904>

INTRODUCCIÓN

Los muros de retención en gaviones y suelo reforzado con fachada en gaviones están ampliamente estudiados (de Almeida etg al., 2017; da Silva Duran, J., & Santos Junior, P., 2023), en cuanto a sus características funcionales, técnicas, de diseño, incluso en su proceso constructivo.

Por otro lado, abarcando el tema de la seguridad en la construcción, también es un tópico que ha adquirido mucha importancia, y se ha aprendido mucho al respecto, se ha normado muchos de los procesos y protocolos que día a día se llevan a cabo en construcciones de estructuras en todo el mundo, existen normas del (Occupational Safety and Health Administration [OSHA]; el nombre se puede traducir como Seguridad Ocupacional y Administración de la salud) un organismo de los Estados Unidos, las cuales son muy utilizadas en dicho país de forma obligatoria en muchos estados y son usadas como base en muchos otros países.

Sin embargo, en cuanto a muros de gaviones, no existe mucha información acerca de los protocolos para la seguridad para trabajos en altura, debido a que los sistemas de gavión tienen procesos constructivos un poco más especializados y específicos del sistema, es necesario diferenciar los conceptos y procesos requeridos para llevar a cabo las medidas de seguridad en los mismos.

Es por eso por lo que se pretende realizar este trabajo, realizando un recuento de la información existente, documentación que pudiera usarse como base para crear protocolos, revisando casos históricos y además de poder implementar la guía a proyectos reales en un futuro a medida que se realiza más investigación.

En Costa Rica existen documentos de referencia que hablan sobre temas de seguridad y trabajos en altura como se podrá ver más adelante, la empresa Maccaferri cuenta con documentación técnica de los sistemas, y en uno de los manuales se detalla brevemente una pequeña descripción de los trabajos en altura (Officine Maccaferri S.P.A, 2020). Por otro lado, en la Universidad Fidelitas se realizó una tesis en años anteriores denominada "Elaboración de un manual para la seguridad del trabajo en alturas en la industria de construcción en Costa Rica", (Arroyo Artavia, 2013)

Por otra parte, si se discute acerca de la importancia de la seguridad en obras, podría ser difícil dimensionar las repercusiones de un tema del cual se nos hace tan impersonal en muchas ocasiones, es decir no nos damos cuenta de cuantas personas sufren por incidentes y accidentes cada año.

En Costa Rica, en el año 2021 se produjeron 118 770 reportes de accidentes de los cuales 10 260 (9%) fueron por caídas a diferente nivel (Consejo de Salud Ocupacional (CSO), 2021), en 2022 se produjeron 116 510 reportes de accidentes, de los cuales, 19 271 (16,5%) fueron debido a caídas a diferente nivel (CSO, 2022).

La prevención en alturas pareciera nunca ser suficiente ya que año tras año ocurren muchos accidentes, es por esto por lo que se debe continuar esta carrera por investigar nuevos protocolos aplicados a las diferentes especializaciones y sectores de la ingeniería para cada vez disminuir al máximo estos números.

Como principal objetivo surge el crear una guía práctica de protocolos para trabajos en altura en muros de retención en gaviones y suelo reforzado con fachada en gaviones, esto mediane toda la información recabada relacionada y de referencia con el tema.

Muros de retención

Los muros de retención específicamente formados por cajas de gavión tienen características y propiedades interesantes de analizar.

Características de los muros formados con cajas de gavión

Ambos sistemas estudiados en el presente trabajo están formados por unidades más pequeñas llamadas cajas de gavión, estas están fabricadas en una malla hexagonal de alambre de acero galvanizado de alta calidad. A pesar de que existen diferentes dimensiones de cajas y diferencias de estas entre un sistema y otro, las características principales de las estructuras aplican para ambos sistemas.

Parafraseando a los autores, de Almeida Barros, et al. (2017), algunas características son:

Modulares

La primera característica resalta a la vista, y es que son estructuras armadas, y más específicamente se arman en sitio, esto se logra desde el proceso de fabricación, el cual se realiza construyendo paños de malla que se empaquetan de una forma planar, y luego en campo, se arma la caja, para colocarse junto con otras cajas y formar la sección transversal de diseño.

Flexibles

A diferencia de otras estructuras rígidas como las construidas con hormigón o bloques de mampostería, las estructuras formadas con cajas de gavión se comportan de manera flexible, es decir absorben los esfuerzos recibidos mediante pequeñas deformaciones sin que esto suponga una amenaza de estabilidad, al ser flexibles también implícitamente poseen la característica de ser estructuras nobles, que nos avisan visualmente que les está ocurriendo internamente.

Permeables

Al estar constituidas por piedras de un diámetro alto, esto ayuda a que las estructuras permeen el agua a través de sí mismas, evitando así empujes por presión hidrostática en la estructura misma.

Integradas con el ambiente

Al estar constituidas en una gran parte de rocas se integran fácilmente con el medio ambiente, permitiendo incluso el afloramiento de vegetación en algunos casos.

Facilidad constructiva

Al ser procesos muy repetitivos y relativamente sencillos, el personal necesario para estas obras se adecua rápidamente y no es necesario una capacitación tan exhaustiva para que lleven a cabo la labor constructiva. Se requiere mano de obra no calificada y en general el proceso es sencillo.

Muros a gravedad con gaviones

Los muros a gravedad son aquellos que funcionan con su propio peso para retener el material (DAS, 2015), además los gaviones son contenedores de malla metálica de tamaño variable definido uniformemente en celdas internas (Maccaferri, s.f.c), las cuales pueden usarse para diversas aplicaciones, como muros de retención a gravedad.

Los muros a gravedad en gaviones al funcionar por su propio peso tienen relacionado proporcionalmente sus valores de altura y ancho de la base, es decir a mayor altura mayor el ancho de la base a requerir, dado a esto son estructuras en forma "piramidal". Sin embargo, esto también quiere decir que a mayor altura mayor será el peso total de la estructura.

Características y funcionamiento (gaviones)

Los muros gaviones son estructuras que poseen varias características, están compuestos de unidades llamadas canastas o cajas, los cuales son precisamente elementos tridimensionales con largo, anchura y altura de magnitud variable, las más comunes son aquellas que miden 2x1x1m, 1,5x1x1m, 2x1x0,5m y 1,5x1x0,5 m en longitud, ancho y altura respectivamente.

En el caso de los muros formados por gaviones, las estructuras a pesar de constituirse de partes más pequeñas son monolíticas (de Almeida Barros, et al., 2017), es decir se comportan como un todo, como una sola estructura final, conforme se realizan montajes de piezas la estructura se va transformando en una sola más grande.

El peso típico por metro cúbico para una estructura de gavión viene dado por la gravedad específica de la piedra requerida, según los ensayos de laboratorio de esta estos valores rondan entre los 2 670 kg/m³ y los 2.900kg/m³, según sus fichas técnicas. Sin embargo, a la hora de colocar rocas dentro de la canasta de gavión, se genera el fenómeno de sobre acomodo, y quedan vacíos entre los elementos, es decir el peso de un muro de gavión por metro cúbico es igual a la densidad de la roca usada, menos un porcentaje de vacíos un promedio de 30% (Ochoa Villacreses, 2011)

Muros de suelo reforzado con fachada en gaviones

Los muros de suelo reforzado trabajan de manera muy diferente a los de gravedad, en realidad como su nombre lo indica se basa en un mejoramiento del suelo mediante geosintéticos.

De acuerdo con Garnica Anguas et al.

Una masa de suelo reforzado es aquel suelo con determinadas características en el que las propiedades mecánicas de la masa son mejoradas por la colocación de refuerzos paralelos a la dirección de la deformación principal compensando la falta de resistencia a la tensión del suelo. La mejora de las propiedades del suelo a la tensión es un resultado de la interacción entre el geosintético y el suelo (2013, p. 19)

Maccaferri cuenta con el sistema Terramesh, el cual es un suelo reforzado con fachada en gaviones. (Maccaferri, s.f.c).

El funcionamiento de estos muros contrario a los muros por gravedad no es por su peso precisamente sino por el mecanismo de tracción que aportan los refuerzos ya sean metálicos (cola del elemento Terramesh) o sintéticos, sin embargo, de igual forma el ancho del refuerzo es directamente proporcional a la altura del muro y también según las consideraciones de diseño. Estos muros constituyen una opción muy viable en situaciones donde se requiere sustituir el material de sitio por un relleno mejorado y contenerlo

Características y funcionamiento (Sistema Terramesh)

En el presente trabajo el sistema de muros de suelo reforzado con fachada en gavión a estudiar se denomina Sistema Terramesh de la empresa Maccaferri, este consiste en una caja de gaviones de dimensión variable, existen en dimensiones de largo, ancho y altura respectivamente de 2x1x1m y 2x1x0,5m, que poseen un refuerzo metálico en forma de cola, todo esto fabricado en malla de alambre hexagonal de doble torsión de acero galvanizado de alta calidad y recubierto con polímeros plásticos avanzados para dar mayor durabilidad en ambientes agresivos.

Estas cajas van reforzadas adicionalmente con geosintéticos denominados geomallas o geogrillas, las cuales aportan resistencia extra cuando se requiera, en muros de gran altura o que soportan sobrecargas considerables.

METODOLOGÍA

Como primer paso se realizó una investigación en la bibliografía para localizar la legislación vigente sobre trabajos en altura en nuestro país Costa Rica, una vez se obtuvo los principales hallazgos en este apartado, se procedió a realizar una caracterización de los sistemas a utilizar, mediante una base de datos de proyectos construidos por la empresa Maccaferri en los últimos cinco años.

De acá podemos citar la población en estudio como todos los muros de gaviones y suelo reforzado con fachada en gaviones en el país, y la muestra se delimita a los 48 casos históricos constructivos que fueron brindados para esta investigación, una vez entendidos y aislados los casos constructivos y la metodología de trabajo para construir en campo, se procedió a realizar tres ideas de diseño (dispositivo de seguridad pasivo, anclajes restrictivos con gaviones o barreras "New Jersey", el muro de gavión propio como anclaje) con sus respectivas memorias de cálculo para usarse como mitigación en los riesgos relacionados con los trabajos en altura, tratando de utilizar al máximo insumos y materiales que comúnmente existen en los proyectos de estos sistemas, y que pudieran ser armados en campo

Finalmente se crearon protocolos básicos para cada tarea constructiva que tiene relación con trabajo en altura y riesgo de caída, para los involucrados en obra resultado de la información aprendida mediante la experiencia en visitas de campo, experiencia constructiva, normativa y documentación de referencia e insumos disponibles en el mercado nacional. Se logró implementar de manera hipotética en un proyecto constructivo real, mediante información suministrada por la empresa Maccaferri, visitas a campo y capacitación de persona calificada para trabajos en altura, para poder tener un entendimiento global de la problemática, se implementaron los procesos constructivos y los protocolos de seguridad de la mano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como parte de los hallazgos, se encontró que en Costa Rica no existe una ley o legislación específica para Muros de gaviones y suelo reforzado con fachada en gaviones, sin embargo, existe normativa de referencia a saber.

Desde la constitución política se exige la seguridad laboral (Constitución Política República de Costa Rica, 1949, art. 66), en el código de trabajo se refuerzan estos requerimientos (Código de trabajo República de Costa Rica, 2016, art. 273-274-285), esto como nociones básicas, ya en temas de construcción el documento de carácter obligatorio para nuestro país es el Reglamento de seguridad en construcciones (DECRETO EJECUTIVO No. 40790-S-MTSS), en este se nos dice que es de aplicación obligatoria para todo el país donde se realicen construcción (Reglamento General de Seguridad en Construcciones, 2022, art. 1). Por otro lado entre la normativa internacional más importante se encontró las normas "OSHA", (Occupational Safety and Health Administration [OSHA]; el nombre se puede traducir como Seguridad Ocupacional y Administración de la salud) y las normas "ANSI" (American National Standards Institute [ANSI]; el nombre se puede traducir como Instituto Nacional Americano de Normas), también en el país existen las normas "INTE" del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), el cual regula diferentes sectores en nuestro país entre ellos seguridad en la construcción, muchas de estas normas son equivalentes con regulaciones internacionales como "OSHA" y "ANSI"

Por otra parte, mediante la información de la base de datos de la empresa Maccaferri, se logró caracterizar cada uno de estos para clasificarlos en cuatro diferentes tipos constructivos, a saber:

Caso 1: muro de gaviones con grada interna y rellenos en el trasdós para solventar desniveles o crear superficies (recuperar calle, generar terrazas, etc.)

Caso 2: muro de gaviones con grada externa y rellenos en el trasdós para solventar desniveles o crear superficies (recuperar calle, generar terrazas, etc.)

Caso 3: muro de Terramesh System (suelo reforzado de Maccaferri) con rellenos en el trasdós para solventar desniveles o crear superficies (recuperar calle, generar terrazas, etc.)

Caso 4: muro de Terramesh System simétrico (suelo reforzado de Maccaferri) con rellenos entre muros para generar rampas, rellenos de aproximación de puentes entre otros.

En cuanto a las estructuras de seguridad se plantearon tres ideas de diseño.

Dispositivos de seguridad pasivo: se partió de un prototipo de Maccaferri, se adaptó y mejoró para fabricarse con materiales más resistentes, y se verifica conforme a la normativa de nuestro país (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), 2016) mediante el software de diseño estructural “eTabs”. Se encontró que cumple para las cargas solicitadas, teniendo una deformación máxima en su tubo superior de -4,43mm en dirección “Z” para todos los elementos de la relación capacidad/demanda (SONAWANE, et al. 2012) menor de 1, es decir todos los elementos cumplen satisfactoriamente.

Sistemas restrictivos: se propusieron dos tipos uno con gaviones “pre-llenos” y otro con barreras “New Jersey”, dependiendo de los recursos, la geometría de trabajo y el tipo de proyecto conviene más uno que el otro, sin embargo, se encontró que para ambos casos cumplen como sistema restrictivo para hasta cuatro personas.

Muro de gavión lleno como anclaje por sí mismo: debido al gran peso de las rocas de relleno y la alta resistencia de la malla hexagonal del gavión, se encontró que cumple como un anclaje de hasta 1 869 kg por cada metro cúbico, para cuando se requiera usar protecciones anticaídas, es decir alturas mayores a 1,8m (Reglamento General de Seguridad en Construcciones, 2022, art. 61), ya existe una capacidad de anclaje de más de 2268 kg(5000 lbs) según lo exige la normativa. (Reglamento General de Seguridad en Construcciones, 2022, art. 157, inciso a), para detención de caídas y de 363 kg (dos veces 400 lbs) para restricción de caídas. (INTECO, 2020)

Con toda la información recolectada y las estructuras diseñadas, se procedió a crear protocolos de seguridad para cada tarea constructiva que involucra trabajos en alturas, para al final compilar estos en fichas técnicas de protocolos e implementarlas hipotéticamente en un proyecto real.

Se encontraron hallazgos tales como que dichos protocolos se pueden aplicar a cualquiera de los casos típicos constructivos, debido a que solo se requiere:

Espacio en el trasdós: que según las secciones transversales típicas de la base de datos de proyectos históricos siempre existe, no se halló un proyecto que estuviera directamente contra una pared vertical (sin relleno trasero).

Uso de escaleras para colocar barandas: en todos los casos se puede usar escalera

Anclaje: en todos los casos el muro funciona como anclaje cuando se requiere protección (alturas de más de 1,80m)

Finalmente se implementó la guía de protocolos en un proyecto real de manera hipotética, usando diagramas, planos y fotografías del proyecto, así como visitas al sitio del proyecto, en esta etapa se encontraron modificaciones.

Nota: Fotografía en campo del espacio amplio en un muro de Terramesh System. Fuente: Elaboración propia

Una de estas modificaciones se dio cuando al analizar la tarea de armado de canastas y llevarlas al lugar de colocación, se encontró con la imposibilidad de que no se podía ingresar a la zona trasera del muro, a menos que esto fuera desde el frente de este. Otro hallazgo fue que, debido a cambios longitudinales de nivel en el muro, se debía dejar barandas colocadas hasta que el proyecto terminara esto para prevención y también señalización

Por lo cual se infiere que se deben tomar decisiones de cambio y estrategias cuando se usa la guía, sin embargo, el precepto en mente y que muchas empresas e instituciones que forman o regulan los trabajos en altura inculcan en sus estudiantes es que la integridad y seguridad del trabajador está por encima de cualquier norma, regulación o protocolo.

Por lo cual un hallazgo fue que algunos protocolos son adaptables y que otros requieren reforzarse (duplicarse o mantenerse durante más tiempo) en el sentido de cumplir siempre una premisa, considerando que la integridad y la seguridad del colaborador es más importante que todo.

CONCLUSIÓN

Se localizó satisfactoriamente la legislación vigente en nuestro país para este tipo de trabajos, identificando que no existe una ley específica para trabajos en altura, más sin embargo numerosos documentos oficiales referentes al tema, es decir que presentan numerosas regulaciones y recomendaciones para ese tema, y con esa información se logró crear una guía práctica para los protocolos para trabajos en altura para muros de gaviones y muros de suelo reforzado con fachada en gavión, al crear procedimientos y guías paso a paso para solventar diferentes problemáticas que envuelven los trabajos en altura, y recomendar equipos, materiales, normas de referencia y memorias de cálculo satisfactorias.

Se recomienda investigar el uso y regulaciones de andamios certificados, y acceso mediante cuerdas, para sistemas de suelo reforzado con fachadas diferentes al gavión o estos sistemas cuando no se pueda utilizar escaleras.

Para implementar esta guía en otros países se deben verificar las normas y regulaciones vigentes para cada uno de ellos y realizar una comprobación de si se ajustan o no. Se recomienda que estos protocolos sean revisados y verificados por un profesional competente para trabajos en altura y que la presencia de un profesional de salud ocupacional en las obras sea de carácter obligatorio.

Los materiales e insumos presentes en el proyecto es recomendable verificarlos con pruebas de laboratorios para confirmar sus propiedades.

Es importante solicitar las memorias de cálculo de los muros para verificar su estabilidad antes de colocar le estructuras de seguridad.

Esta guía se debe complementar con un programa de brigada de seguridad en el trabajo y protocolos de rescate en caso de un incidente.

Verificar mediante la práctica los datos mostrados en la teoría es importante, un tema a investigar en futuro es probar las estructuras en un escenario real de pruebas.

REFERENCIAS

Arroyo Artavia, G. (2013). Elaboración de un manual para la seguridad del trabajo en alturas en la industria de la construcción en Costa Rica [Proyecto de graduación para optar por el título de licenciatura en Ingeniería Civil]. Universidad Fidelitas.

Constitución política de Costa Rica, artículo 66.7 de noviembre de 1949 (República de Costa Rica.)

Computers & Structures, Inc. (2021). Manual ETABS v19.1.

Consejo de Salud Ocupacional. (Julio de 2021). COSTA RICA: ESTADÍSTICAS DE SALUD OCUPACIONAL.

https://www.cso.go.cr/documentos_relevantes/consultas/Estadisticas%20Salud%20Ocupacional%202021.pdf

Consejo de Salud Ocupacional. (Junio de 2022). COSTA RICA: ESTADÍSTICAS DE SALUD OCUPACIONAL.

https://www.cso.go.cr/documentos_relevantes/consultas/Folleto%20estadisticas%202022.pdf.

American National Standards Institute ANSI Z359 Fall Protection Code [Código de protección anticaídas] (Z359)

da Silva Duran, J., & Santos Junior, P. (2023). ENCARTE TÉCNICO: Estructuras en suelo reforzado con el sistema Terramesh. Maccaferri América Latina

de Almeida Barros, P., Fracassi, G., da Silva Duran, J., & Alexandre Marcos, T. (2017). Manual Técnico Obras de Contención. Maccaferri América Latina.

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (2016). Sistemas de protección contra caídas. Requisitos de seguridad. (INTE T38-2016)

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (2020). Especificaciones y requisitos de diseño para sistemas activos de protección contra caídas. (INTE T110-6)

Ministerio De Trabajo y Seguridad Social. (2018). DECRETO EJECUTIVO No. 40790-S-MTSS. Reglamento General

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) 