



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**COMPARACION DE COSTOS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO MURO DE  
CONTENCION APLICANDO TERRAMESH SYSTEM Y GAVION TIPO CAJA**

**Gumercindo Victoriano Macario Aguilar**  
Asesorado por el Ing. José Luis Córdova Tercero

Guatemala, mayo de 2022



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACION DE COSTOS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO MURO DE  
CONTENCION APLICANDO TERRAMESH SYSTEM Y GAVION TIPO CAJA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**GUMERCINDO VICTORIANO MACARIO AGUILAR**  
ASESORADO POR EL ING. JOSE LUIS CORDOVA TERCERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERIO CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 2022



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Marco Antonio García Diaz
EXAMINADOR	Ing. Fernando Amílcar Boiton Velásquez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **COMPARACION DE COSTOS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO MURO DE CONTENCION APLICANDO TERRAMESH SYSTEM Y GAVION TIPO CAJA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 23 de agosto de 2013.



**Gumercindo Victoriano Macario Aguilar**





Guatemala 15 de febrero de 2021.

Ingeniero:  
Juan Carlos Linares  
Jefe del Departamento de Planeamiento  
Escuela de Ingeniería Civil  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Linares:

Por este hago de su conocimiento que he concluido con el asesoramiento del estudiante universitario GUMERCINDO VICTORIANO MACARIO AGUILAR, en el desarrollo del trabajo de graduación titulado: **"COMPARACIÓN DE COSTOS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO MURO DE CONTENCIÓN APLICANDO TERRAMESH SYSTEM Y GAVION TIPO CAJA"**, después de haber realizado la revisión y corrección del contenido, sin encontrar alguna objeción, doy mi satisfactoria aprobación al mencionado trabajo de graduación.

El autor de este trabajo de graduación y su asesor son responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente.

  
Ing. José Luis Córdova Tercero  
Ingeniero Civil  
Colegiado No. 10,868  
Asesor

*José Luis Córdova Tercero*  
INGENIERO CIVIL  
Col.: 10,868





ESCUELA DE  
**INGENIERÍA CIVIL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Guatemala, 28 de mayo de 2021  
EIC-JP-001-2021/paap

Ingeniero  
Armando Fuentes Roca  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Ingeniero Fuentes:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **COMPARACION DE COSTOS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO MURO DE CONTENCIÓN APLICANDO TERRAMESH SYSTEM Y GAVION TIPO CAJA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Gumerindo Victoriano Macario Aguilar, quien contó con la asesoría del Ingeniero José Luis Córdova Tercero.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la Ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA TODOS

  
Ing. Civil Juan Carlos Linares Cruz  
**Jefe Del Departamento de Planeamiento**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
PLANEAMIENTO  
USAC

Cc: Estudiante Gumerindo Victoriano Macario Aguilar  
Archivo

---

Más de 140 años de Trabajo y Mejora Continua  
<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>







LNG.DIRECTOR.087.EIC.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **COMPARACIÓN DE COSTOS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO MURO DE CONTENCIÓN APLICANDO TERRAMESH SYSTEM Y GAVIÓN TIPO CAJA**, presentado por: **Gumercindo Victoriano Macario Aguilar**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Armando Fuentes Roca  
Director  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, mayo de 2022







Decanato  
Facultad de Ingeniería  
24189101- 24189102  
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.271.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **COMPARACION DE COSTOS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO MURO DE CONTENCIÓN APLICANDO TERRAMESH SYSTEM Y GAVION TIPO CAJA**, presentado por: **Gumercindo Victoriano Macario Aguilar**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, mayo de 2022

AACE/gaac





## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la vida, la sabiduría y la oportunidad de alcanzar este triunfo de ser un profesional más, al servicio de la sociedad guatemalteca.
<b>Mis padres</b>	César Macario Carrillo y María Vidalia Aguilar de Macario, con mucho amor y agradecimiento profundo por sus sacrificios.
<b>Mi esposa</b>	Blanca Estrella Ajpop de Macario, por su apoyo incondicional.
<b>Mi hija e hijo</b>	Sofía Eunice y Josué Macario Ajpop, que han llenado de alegría nuestras vidas.
<b>Mis hermanos</b>	Edilma, Osías, Samuel, Rubén, César y Maridalma Macario, por darme su apoyo moral e incondicional en todo momento.
<b>Mis Abuelos</b>	Con respeto y cariño (q. e. p. d.). Flores sobre su tumba. Julio Macario, por sus sabios consejos.
<b>Mis Tíos</b>	Con mucho cariño y aprecio a todos.
<b>Mis Primos</b>	Por su amistad y afecto.

**Mis Cuñados**

Vásquez, Imelda Ramos, Luz Pérez y Fredy De León, Verónica por su afecto sincero.

**Mis Sobrinos**

Dayana Gabriel, Robinson De León, Lindsay De León, Yengly Gabriel, Belinda Macario, Angely Macario, Eileen Macario, Yohana Macario, Caleb Macario, Gerson Macario, Daniel, y Dulce De León; que este logro académico los inspire a alcanzar metas.

**Mis amigos**

Por su amistad invaluable.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por la oportunidad que me brindó concluir mis estudios.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por forjarme en sus aulas como un profesional de la Ingeniería.
<b>Mis catedráticos</b>	Por apoyo y ánimo en todo momento y por permitir compartir el conocimiento de la ingeniería.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Por su amistad y apoyo moral incondicional.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. CONCEPTOS GENERALES.....	1
1.1. ¿Qué es un estudio de suelos? .....	1
1.1.1. Ensayos del estudio de suelos .....	1
1.1.1.1. Triaxial.....	1
1.1.1.2. Corte directo.....	2
1.1.1.3. Compactación próctor.....	2
1.1.1.4. Densidad de campo.....	2
1.2. ¿Qué es un muro de suelo reforzado? .....	2
1.3. ¿Qué es un muro de contención de gravedad?.....	4
1.4. ¿Qué es un Terramesh System?.....	9
1.5. ¿Qué es un gavión tipo caja? .....	11
1.6. Topografía .....	12
1.6.1. Curvas de nivel .....	13
1.6.1.1. Características de las curvas de nivel....	14
2. CARACTERISTICAS Y VENTAJAS DEL TERRAMESH SYSTEM.....	15
2.1. Estructurales.....	15
2.2. Arquitectónico.....	19

2.3.	Durabilidad .....	21
2.4.	Permeabilidad .....	23
2.5.	Bajo Impacto Ambiental .....	25
2.6.	Viabilidad Económica .....	26
3.	CARACTERISTICAS Y VENTAJAS DEL GAVION TIPO CAJA .....	29
3.1.	Estructurales .....	29
3.2.	Arquitectónico .....	31
3.3.	Durabilidad .....	33
3.4.	Permeabilidad .....	35
3.5.	Bajo Impacto Ambiental .....	37
3.6.	Viabilidad Económica .....	39
4.	DISEÑO DE MUROS .....	41
4.1.	Diseño de Terramesh System con software.....	43
4.1.1.	Parametros de las propiedades mecanicas del suelo.....	43
4.1.2.	Propiedades de los refuerzos utilizados .....	45
4.1.3.	Resultados del Terramesh System .....	49
4.2.	Diseño de gavión tipo caja con software .....	55
4.2.1.	Parametros de las propiedades mecanicas del suelo.....	55
4.2.2.	Propiedades de los refuerzos utilizados .....	57
4.2.3.	Resultados del Gavión tipo caja .....	69
4.3.	Especificaciones técnicas de los materiales .....	75
4.3.1.	Terramesh System .....	75
4.3.2.	Gavión tipo caja.....	80
4.3.3.	Alambre de amarre.....	83
4.3.4.	Geotextil no tejido.....	83

4.3.5.	Piedra .....	83
5.	COMPARACION DEL COSTO DE LA CONSTUCCION DE UN MURO CON TERRAMESH SYSTEM Y GAVION TIPO CAJA.....	85
5.1.	Presupuesto .....	85
5.1.1.	Presupuesto con Terramesh System.....	85
5.1.2.	Presupuesto con gavion tipo caja .....	86
5.1.3.	Comparacion de costos .....	87
5.1.4.	Cronograma.....	88
5.1.4.1.	Terramesh System.....	88
5.1.4.2.	Gavi3n tipo caja.....	90
5.2.	Resultados esperados.....	92
5.2.1.	Reduccion de recursos .....	92
5.2.1.1.	Financieros.....	93
5.2.1.2.	Humanos.....	93
5.2.1.3.	F3sicos.....	94
5.2.1.4.	Materiales.....	94
5.2.2.	Reduccion de tiempo .....	95
	CONCLUSIONES .....	97
	RECOMENDACIONES.....	99
	BIBLIOGRAF3A.....	101
	ANEXOS.....	103





# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Comportamiento de un suelo sin y con refuerzo .....	3
2.	Formas de construir muros de contención de gravedad con gaviones.....	8
3.	Forma de un muro de contención de gravedad con gaviones.....	9
4.	Formas de un muro de contencion con Terramesh System.....	10
5.	Levantamiento topográfico .....	13
6.	Anclaje de la malla en el relleno estructural .....	17
7.	Cimentación .....	18
8.	Muro terminado .....	20
9.	Forma del Terramesh System.....	22
10.	Geotextil no tejido .....	24
11.	Nivelación e Instalación.....	30
12.	Finalización de muro .....	33
13.	Instalación de Geotextil no tejido .....	37
14.	Estabilidad Global Terramesh System .....	49
15.	Verificación como muro a gravedad Terramesh System.....	50
16.	Cálculos de los asentamientos Terramesh System .....	51
17.	Analisis de estabilidad interna SF=1.054 Terramesh System .....	52
18.	Analisis de estabilidad interna SF=1.706 Terramesh System .....	53
19.	Analisis de deslizamiento Terramesh System.....	54
20.	Verificación de estabilidad global gavion tipo caja .....	69
21.	Verificación como muro a gravedad gavion tipo caja .....	70
22.	Analisis de los asentamientos gavion tipo caja .....	71

23.	Analisis de estabilidad interna con SF=0.844 gavion tipo caja .....	72
24.	Analisis de estabilidad interna con SF=1.369 .....	73
25.	Analisis de deslizamientos gavion tipo caja .....	74
26.	Partes del Terramesh System.....	78
27.	Detalles de las partes del Terramesh System .....	80
28.	Detalles de gavi3n tipo caja .....	82
29.	Cronograma Terramesh System.....	89
30.	Cronograma Terramesh System.....	89
31.	Cronograma Gavi3n tipo caja .....	90
32.	Cronograma Gavi3n tipo caja .....	91
33.	Cronograma Gavi3n tipo caja .....	91
34.	Cronograma Gavi3n tipo caja .....	92

## TABLAS

I.	Arena limo arcillosa .....	43
II.	Piedra para malla doble torsi3n .....	44
III.	Relleno estructural .....	44
IV.	Carga sobre muro .....	45
V.	Efectos s3smicos .....	45
VI.	Propiedades de los refuerzos .....	45
VII.	Arena limo arcilloso .....	55
VIII.	Piedra para malla doble torsi3n .....	56
IX.	Relleno estructural .....	56
X.	Carga distribuida (carga sobre muro) .....	56
XI.	Efectos s3smicos .....	57
XII.	Propiedades de los refuerzos .....	58
XIII.	Dimensiones est3ndar del Terramesh System .....	77
XIV.	Di3metros que forma el Terramesh System .....	79

XV.	Dimensiones estándar de gavión tipo caja.....	81
XVI.	Diametros que forma el gavión tipo caja. ....	82
XVII.	Presupuesto con Terramesh System .....	86
XVIII.	Presupuesto con Gavión tipo caja.....	87



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Cm</b>	Centímetro
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>KN/m</b>	Kilonewton por metro
<b>KN/m<sup>2</sup></b>	Kilonewton por metro cuadrado
<b>KN/m<sup>3</sup></b>	Kilonewton por metro cúbico
<b>Lts</b>	Litros
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>min</b>	Minutos
<b>mm</b>	Milimetro
<b>m/s</b>	Metro por segundo
<b>zn</b>	Zinc



## GLOSARIO

<b>Arcilla</b>	Tierra formada por silicatos de aluminio, impermeable, que mezclada con agua adquiere plasticidad.
<b>ASTM</b>	(American Society for testing and materials), Instituto Americana dedicada a la realización y regularización de normas que rigen las condiciones bajo los cuales se deben realizar ensayos y pruebas a materiales utilizados en la industria, con el objetivo de mantener estándares de calidad, seguridad y garantía.
<b>Azolamiento</b>	Fenómeno erosivo hídrico, directamente asociado a las temporadas de lluvias y que se hace más evidente cuando existen fuertes pendientes y susceptibilidad de los suelos a ser degradados.
<b>Cohesión</b>	Son partículas del suelo que se mantienen unidas e interactuando las fuerzas internas de las mismas.
<b>Compactación</b>	Es el proceso por el cual un esfuerzo aplicado a un suelo causa densificación a medida que el aire se desplaza de los poros entre los granos del suelo.
<b>Compresión</b>	Proceso físico o mecánico que consiste en someter a un cuerpo a la acción de dos fuerzas opuestas para

que disminuya su volumen. Se conoce como esfuerzo de compresión al resultado de estas tensiones.

**Concreto ciclópeo**

Es un material compuesto de piedra bola en un 33 % y con un 67 % de concreto, además es una estructura rígida porque se construye de materiales que no aceptan cualquier tipo de deformación o asentamiento.

**Consolidación**

Es el proceso que sufre el suelo por reducción de volumen.

**Corte directo**

Ensayo que consiste en la determinación de la resistencia de una muestra de suelo, que es sometida a deformaciones que va simulando el comportamiento del terreno, como producto de la aplicación de una carga.

**Curvas de nivel**

Refleja la forma tridimensional de la superficie terrestre en un mapa bidimensional. Es una línea dibujada en un mapa o plano que conecta todos los puntos que tienen la misma altura con respecto a un plano de referencia.

**Densidad de campo**

Consiste en conocer el grado de compactación comparando con los resultados obtenidos en el laboratorio, ya que este método tiene como propósito hallar el peso específico seco del suelo en campo,



partiendo de la extracción de una muestra del mismo y es realizada sobre la capa de suelo compactado.

**Fibra sintética**

Filamentos continuos de polímeros termoplásticos que son obtenidos por procesos de síntesis química a partir de productos de la industria petroquímica.

**Finos**

Suelo de cuya muestra al ser sometida a tamizaje, más del cincuenta por ciento pasa por el tamiz número dos cientos.

**Fricción**

Es la fuerza que existe entre dos superficies ásperas en contacto, que se opone al deslizamiento (fuerza de fricción estática y cinética). Se genera debido a las imperfecciones, que en mayor parte son microscópicas entre las superficies en contacto.

**Gavión**

Cajas formadas por piezas en malla hexagonal de doble torsión y mantiene la resistencia a la tracción que permite garantizar la flexibilidad de la estructura y además se adapta a cualquier geometría y topografía del terreno que se desea modificar.

**Geotextil**

Es una tela permeable y flexible de fibras sintéticas, principalmente polipropileno y poliéster, las cuales se pueden fabricar de forma no tejida o tejida dependiendo de su uso o función a desempeñar.

**Monolítico**

Que está hecho de una sola pieza de piedra.

<b>Peso específico seco</b>	Se dará si el concepto es demasiado largo por lo que deberá corregir los tabuladores o utilizar su ingenio.
<b>Relleno Estructural</b>	Constituye una mejora de terreno, en donde se sustituye un terreno de deficientes condiciones geotécnicas o se mejora mediante el aporte de materiales controlados y compactados.
<b>Sedimento</b>	Es un material sólido acumulado sobre la superficie terrestre, derivado de las acciones de fenómenos y procesos que actúan en la atmósfera.
<b>Topografía</b>	Se encarga del estudio de los métodos para obtener la representación plana de una parte de la superficie terrestre con todos sus detalles, ya que todo esto es mediante la combinación de las medidas según los tres elementos del espacio las cuales son las siguientes: distancia, elevación y dirección. Viabilidad económica.
<b>Torsión</b>	Es la consolidación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o en general elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas.
<b>Triaxial</b>	Consiste en la determinación del ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo, las características de

esfuerzo-deformación y resistencia al esfuerzo cortante de los suelos. AASHTO T296-05 Y ASTM D2850-03A.

**Viabilidad económica** Consiste en la optimización de los costos de los materiales y la simplicidad constructiva del proceso.

**Suelo** Es un material sobre el cual al consolidarlo se puede construir sobre ella.



## RESUMEN

En el presente trabajo de graduación trata sobre la Comparación de Costos del proceso constructivo muro de contención aplicando terramesh system y gavión tipo caja, en la construcción de muros de contención con gavión tipo caja se han utilizado materiales tradicionales como la piedra y cajas de malla galvanizada hexagonal de doble torsión, pero con el paso del tiempo surge la necesidad del aprovechamiento óptimo de los recursos ya que nos lleva a construir un muro de suelo reforzado que es conocido como Terramesh System, aunque ambos sistemas o métodos constructivos mantienen el objetivo principal de brindar estabilidad a plataformas inestables de carreteras, causes de ríos y viviendas, soportando las cargas muertas y cargas vivas. Para la realización de los dos sistemas es de suma importancia contemplar varios requerimientos tales como: el estudio topográfico, el estudio de suelos como base principal de la evaluación de la cimentación y diseño del proyecto a planificar.

Cumpliendo con todos los requisitos de construcción de cada sistema, al comparar ambos costos contemplando la misma altura y ancho a estabilizar, se llegó a concluir que el muro de Terramesh System resulto ser la mejor alternativa de muro de contención por la misma razón que se necesita menos tiempo de ejecución, de tal manera que ayuda a aumentar la eficiencia en el proceso constructivo y esto hace que se vuelva más económico que un muro de contención con gavión tipo caja.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Conocer la viabilidad económica y constructiva de un muro de contención utilizando Terramesh System o gavión tipo caja.

### **Específicos**

1. Definir y describir en forma general la metodología constructiva de cada uno de los sistemas.
2. Evaluar la estabilidad de cada uno de los sistemas mediante el uso de software.
3. Reconocer las ventajas del uso del material Terramesh System y del gavión tipo caja.
4. Conocer la importancia del costo de cada solución.





## INTRODUCCIÓN

El contexto de la comparación de costos del proceso constructivo de un muro de contención utilizando Terramesh System y gavión tipo caja, durante varias décadas ha tenido éxitos en países de América y parte de Europa, es un sistema que consiste en estructuras de contención y estabilización con soluciones en malla hexagonal de doble torsión, por lo cual en el proceso se puede notar que mantiene las mismas características técnicas y funcionales de las estructuras de gravedad en gaviones.

El análisis de la comparación de costos es el medio que permite ubicar en el lado positivo la capacidad de ejecutar una obra en condiciones de acuerdo las posibilidades económicas que se tenga y como también la capacidad de los materiales que hay en cada región, ya que en ciertos lugares existe la escases de piedras. El presente trabajo tiene como finalidad hacer un análisis económico, conocer las características y ventajas de cada una de las soluciones, programas de software para el diseño de un muro de contención aplicando el Terramesh System o gavión tipo caja. De tal manera que se pretende conocer su adaptación de los mismos a las necesidades técnicas, económicas y constructivas del quien ejecuta.



# 1. CONCEPTOS GENERALES

## 1.1. ¿Qué es un estudio de suelos?

Es determinar y conocer el tipo de suelo donde se realizará la edificación ya que el éxito de una obra comienza desde sus cimientos, de esta manera se hace necesario identificar si el suelo donde se realizará la construcción es el adecuado y reúne las condiciones técnicas óptimas para soportar las cargas a las que estará sometida.

Montejo Fonseca define el suelo como materiales o sedimentos no consolidados orgánicos e inorgánicos, el cual se divide en dos categorías de grano grueso y suelos de grano fino, que pueden ser separados por equipos mecánicos y sobre el cual se construye<sup>1</sup>.

### 1.1.1. Ensayos del Estudio de Suelos.

Montejo Fonseca indica que el estudio de los suelos para el proceso constructivo de muros de contención, es de mucha importancia porque depende de los ensayos de laboratorio para determinar sus propiedades físicas y mecánicas del mismo, tomándose en cuenta los siguientes ensayos:

- Triaxial,
- Corte directo,
- Compactación próctor y
- Densidad de campo<sup>2</sup>.

#### 1.1.1.1. Triaxial.

Crespo Villalaz indica que el ensayo triaxial, consiste en la determinación del ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo, las características de esfuerzo-

---

<sup>1</sup> MONTEJO FONSECA, Alfonso. *Ingeniería de Pavimentos*. p. 49.

<sup>2</sup> *Ibíd.* p. 64.

deformación y resistencia al esfuerzo cortante de los suelos<sup>3</sup>. AASHTO T296-05 y ASTM D2850-03A.

#### **1.1.1.2. Corte directo.**

Este ensayo consiste en la determinación de la resistencia de una muestra de suelo, que es sometida a deformaciones que va simulando el comportamiento del terreno, como producto de la aplicación de una carga. Y esto genera un cambio de volumen de suelo como resultado de la evacuación del líquido que existe en los vacíos entre las partículas<sup>4</sup>. AASHTO T236-03 y ASTM D3080-03.

#### **1.1.1.3. Compactación próctor.**

Consiste en el proceso de incrementar el peso volumétrico de un suelo con la finalidad de aumentar la resistencia al corte, mejorar la estabilidad, la capacidad de carga de cimentaciones, reducir los asentamientos y disminuir la relación de vacíos. AASHTO T180-01 y ASTM D1557-07, siendo este también con un estudio de control de calidad de compactación<sup>5</sup>.

#### **1.1.1.4. Densidad de campo.**

Consiste en conocer el grado de compactación comparando con los resultados obtenidos en el laboratorio, ya que este método tiene como propósito hallar el peso específico seco del suelo en campo, partiendo de la extracción de una muestra del mismo y es realizada sobre la capa de suelo compactado, determinando también el peso unitario en la superficie del suelo compactado en campo<sup>6</sup>.

### **1.2. ¿Qué es un muro de suelo reforzado?**

El suelo reforzado dispone por lo general de una resistencia de compresión muy elevada, pero la resistencia a esfuerzos de tracción tiende a bajar. Cuando cierto volumen de suelo se le aplica una cargada vertical, tiende a deformarse en el sentido vertical y es allí donde el sistema trabaja a compresión y como también sufre deformaciones de tracción a los laterales<sup>7</sup>.

---

<sup>3</sup> CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. p 165.

<sup>4</sup> *Ibíd.* p. 161.

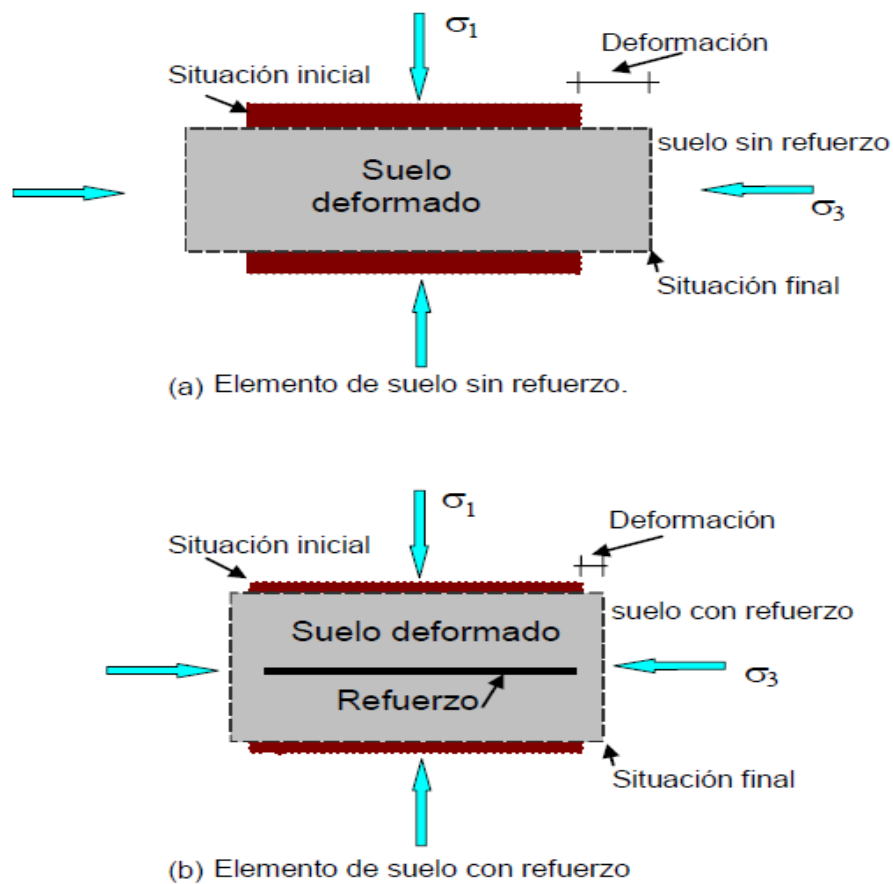
<sup>5</sup> *Ibíd.* p. 102.

<sup>6</sup> MONTEJO FONSECA, Alfonso. *Ingeniería de Pavimentos*. p 64.

<sup>7</sup> MACCAFERRI, *Estructuras en suelo reforzado con el sistema terramesh*, p 3.

El límite de las deformaciones laterales de un suelo con refuerzo se da por la resistencia a tracción de los elementos. A continuación, en la figura se muestra el principio básico de un suelo reforzado:

Figura 1. **Comportamiento de un suelo sin y con refuerzo**



Fuente: MACCAFERRI, *Estructuras en suelo reforzado con el sistema terramesh*. p 3.

Consiste en una estructura de contención que se construye a grandes alturas, con la finalidad de formar o recuperar el estado original del suelo en cualquier área afectada. Dando un aumento en la resistencia del suelo y disminuyendo las deformaciones que puede haber en el mismo, ya que los

suelos por lo general tienen las características de poseer una elevada resistencia a esfuerzos a compresión y una baja resistencia a esfuerzos de deformaciones laterales.

Con todo lo relacionado al reforzamiento que se le aplica al suelo, los movimientos laterales tienen una limitación de deformación por la rigidez del refuerzo, que en este caso para la aplicación del método constructivo el principal material utilizado es el Terramesh System.

Este sistema también es de mucha importancia en la conservación de suelos ya que la erosión causada por la escorrentía superficial acelera y es considerada perjudicial para los suelos, pues debido a este fenómeno grandes superficies de suelos fértiles se pierden; ya que el material sólido que se desprende en las partes medias y altas, en este caso se tienen los taludes que están expuestos al deslizamiento, de tal manera que cuando no se toman estos cuidados puede abarcar el área de alguna cuenca provocando el azolvamiento de la infraestructura hidráulica, eléctrica, medios de comunicación y agrícola que existe en la parte baja de la cuenca.

### **1.3. ¿Qué es un muro de contención de gravedad?**

Es una estructura que cumple con la función de contener suelos inestables con la finalidad de proveer estabilidad y evitar el deslizamiento causado por su propio peso o cargas externas.

Los materiales que se utilizan en las obras civiles para formar un muro de contención a gravedad son los siguientes:

- Concreto ciclópeo
- Gaviones<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> MCCORMAC, Jack y BROWN, Russell. *Diseño de concreto reforzado*. p. 385.

Dirección General de Caminos indica que el concreto ciclópeo, es un material compuesto de piedra bola o piedra partida de un tamaño no mayor a 30 centímetros en un 33 % con un 67 % de concreto, las piedras deben de estar libres de material contaminante que perjudique la adherencia del concreto y también cada piedra debe de tener una separación entre ellas de ocho centímetros como parte del recubrimiento. Además es una estructura rígida porque se construye de materiales que no aceptan cualquier tipo de deformación o asentamiento, por lo tanto exigen un buen terreno firme como base de la cimentación de la estructura, bueno en cualquier edificación se hace una base de cimentación firme ya que es parte de los procedimientos que se deben hacer o que el estudio de suelos así lo requiere y se debe tomar en cuenta que requiere que el sistema de drenaje sea eficiente para la evacuación de la humedad, sin embargo si no se toman estas consideraciones puede provocar cualquier daño al área en donde está construido el muro. Con este sistema el relleno estructural requiere más tiempo para realizarlo ya que no se puede realizar en el trascurso de la construcción o conforme vaya avanzando la altura de la estructura sin antes tener terminado la misma, porque lleva un proceso de encofrado, fraguado y desencofrado de la estructura<sup>9</sup>.

Los gaviones, son cajas formadas por piezas en malla hexagonal de doble torsión y mantiene la resistencia a la tracción que permite garantizar la flexibilidad de la estructura y además se adapta a cualquier geometría y topografía del terreno que se desea modificar<sup>10</sup>.

Son estructuras flexibles formadas por materiales deformables siempre y cuando cumpliendo con los límites aceptables de durabilidad y resistencia mecánica del material. Tiene como objetivo adaptarse a las deformaciones y movimientos del terreno, no perdiendo su estabilidad y eficiencia. Este sistema es lo contrario que el de ciclópeo porque el relleno estructural se va haciendo conforme va subiendo la altura de la estructura, es decir conforme se vaya terminando cada hilada de canastas de gaviones se procede al llenado del relleno estructural, para no presentar deficiencias en el avance de los trabajos y la incomodidad del alcance de las piedras a las canastas de gavión.

Por lo tanto, el material a utilizar en este método es a base de gaviones, piedras para el llenado de la estructura con un peso específico permisible para obtener durabilidad, resistencia y garantía. Otro material muy importante para el

---

<sup>9</sup> DIRECCION GENERAL DE CAMINOS. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Sección 555.

<sup>10</sup> MACCAFERRI. *Obras de contención*. p. 08.

funcionamiento es el geotextil no tejido que sirve de filtro entre el relleno estructural y el bloque de gaviones. De no considerar el uso del filtro puede provocar socavamiento del suelo compactado ya que existen espacios vacíos entre las piedras y el relleno. Es una estructura que mantiene un equilibrio como consecuencia de la resistencia a una mínima deformación, permeabilidad en la misma y lo importante soportar los esfuerzos que son generados por el empuje horizontal y vertical del suelo. Para este método la construcción de un muro de contención de gravedad es de gavión.

Este sistema a comparación de otros que no son de gaviones tiene las características de ser muy práctico y funcional en su construcción porque mantiene la permeabilidad y el bajo impacto ambiental.

Todas las cajas son unidas firmemente entre ellas a través de las costuras que se les hace en el sitio con alambre galvanizado con iguales características mecánicas a los de las cajas y de esta manera se forma una estructura continua.

“Maccaferri describe el sistema de contenciones en gaviones como estructuras:

- Monolíticas
- Resistentes
- Durables
- Flexibles
- Permeables
- De bajo impacto ambiental
- Prácticas y versátiles



- Económicas<sup>11</sup>.

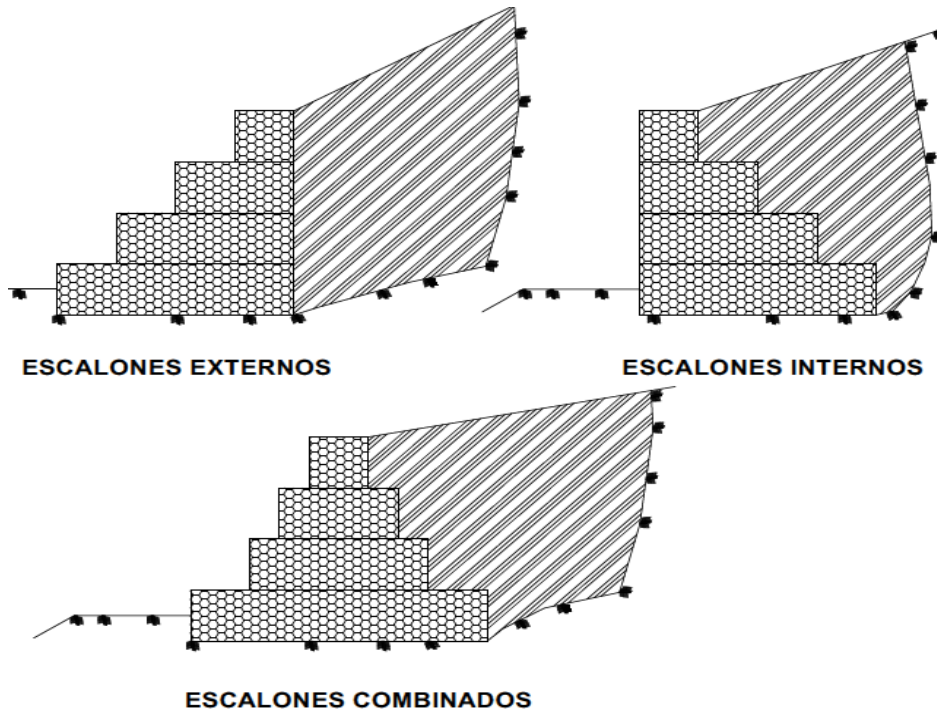
Las formas de construir muros de contención de gravedad en gaviones se pueden dar de diferentes formas ya sea con escalones externos, escalones internos o combinados. Este sistema se vuelve monolítico porque la costura que se hace entre las cajas de gaviones lo convierte en una sola pieza de estructura. Otras de las características de este sistema al ser muros de gravedad su espesor aumenta proporcionalmente con respecto a la altura y se puede tomar como desventaja por lo que hay que considerar la cantidad de material para su construcción que es la piedra de canto rodado y cajas de gaviones.

La construcción de Muros de contención con gaviones el objetivo es mantener los niveles del suelo ya que es un bloque que sostiene y protege cuando se localiza a orillas de ríos, carreteras y viviendas. Manteniendo el equilibrio con el fin de evitar el socavamiento, transporte de materiales y deslizamientos.

---

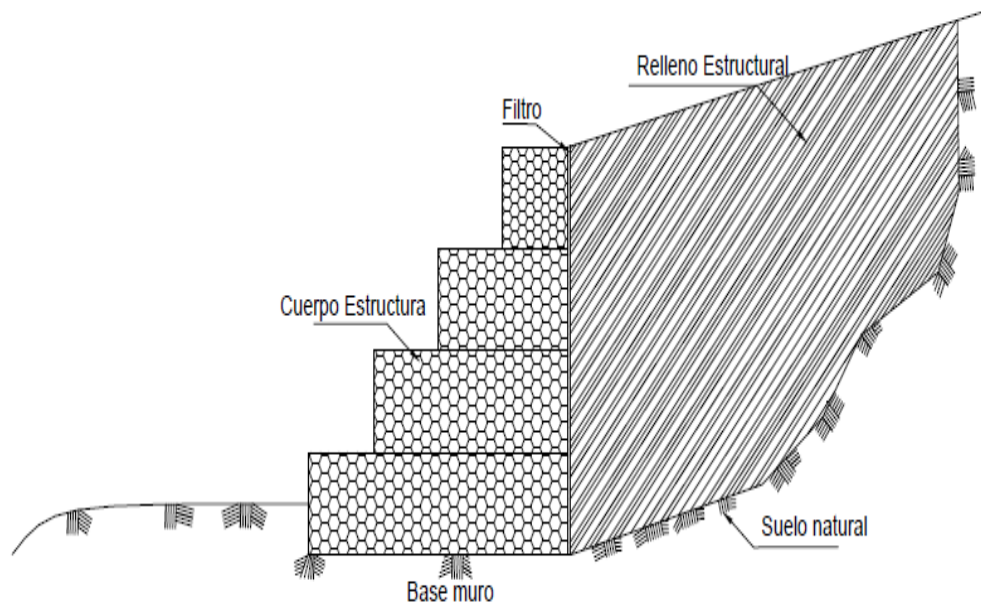
<sup>11</sup> MACCAFERRI. *Obras de contención*. p. 06.

Figura 2. **Formas de construir muros de contención de gravedad con gaviones.**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 3. **Forma de un muro de contención de gravedad con gaviones.**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Para este método de construcción tiene algunas limitaciones ya que solo se puede utilizar en estructuras de bajas alturas e intermedias.

#### 1.4. ¿Qué es un Terramesh System?

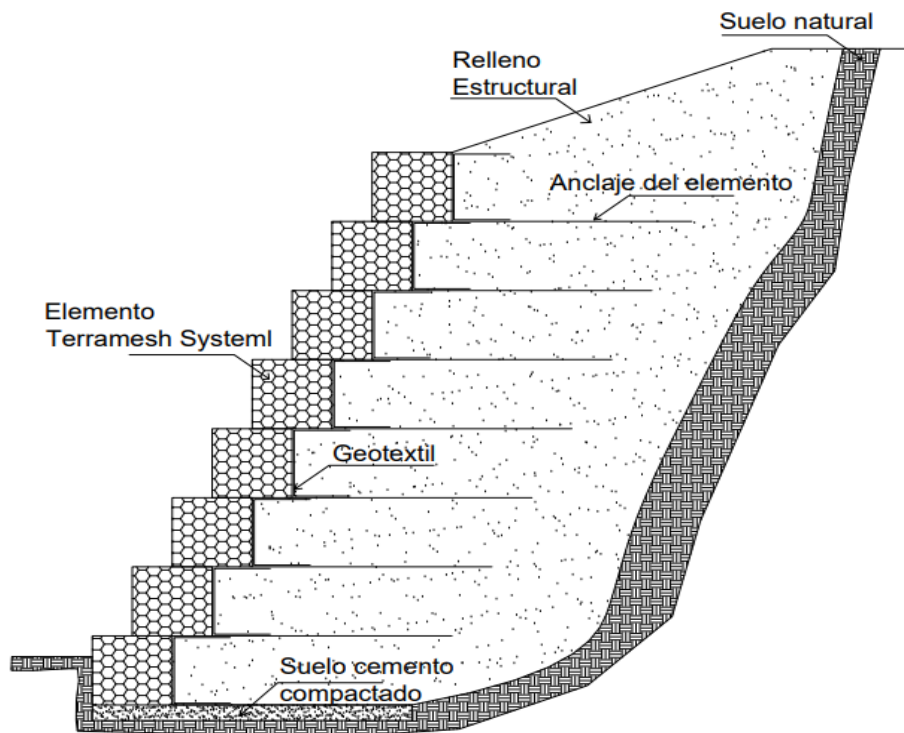
Maccaferri describe que es una caja o canasta hecha de alambre que tiene forma de prisma rectangular, que en la base de la parte frontal de este elemento tiene una pieza adicional a diferencia de los gaviones, que como fin ambos forman una sola pieza y de esta manera el elemento sirve de anclaje para una alta resistencia a la tracción<sup>12</sup>.

Es un material que está compuesto por alambres o redes metálicas en malla hexagonal y con uniones de doble torsión, además la malla de acero está

<sup>12</sup> MACCAFERRI. *Refuerzo y estabilización de suelos*. p. 08.

recubierta con zinc y adicionalmente tiene un revestimiento de protección que está fabricada de PVC, con el fin de aumentar el tiempo de vida útil del mismo a los ataques químicos que pueden existir en el área donde sea realizada una obra de estabilización o de suelo reforzado. El sistema tiene como objetivo principal formar un bloque monolítico, de esta manera se va armando y llenando con piedras conforme sube de altura, con la diferencia de que ya trae incluida una cola que funciona como anclaje al suelo por las aberturas que tiene la malla.

Figura 4. **Forma de un muro de contención con el Terramesh System**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 1.5. ¿Qué es un gavión tipo caja?

Los gaviones tipo caja son estructuras monolíticas, formando paralelepípedos rectangulares constituidos por mallas, formando una base, paredes verticales y una tapadera, este bloque es capaz de resistir los empujes del terreno.

Maccaferri indica que los gaviones pueden tener diferentes aspectos, es muy frecuente encontrarlos con forma de cajas, que pueden tener longitudes de 2, 3, 4 y 5 metros, un ancho de un metro y una altura de 0,5 o 1 metro<sup>13</sup>.

Es un elemento que tiene forma de prisma rectangular por el largo, ancho y altura dando como resultado el volumen del mismo. Está construida de malla metálica con aberturas hexagonales cocido en doble torsión en los nudos que separa cada abertura, amarrados en sus extremidades y vértices por hilos de diámetro mayor y posteriormente son rellenos con piedras, volviéndose permeable, flexible y de buena resistencia. El alambre está hecho con mínima cantidad de carbono y tiene un revestimiento de zinc que lo hace resistente ante los ataques de la corrosión y en algunos casos se da la necesidad de usar una segunda capa de revestimiento de PVC cuando el área del proyecto a realizar está expuesta ante los ataques químicos. Los gaviones están divididos en partes iguales a lo largo de la sección para el reforzamiento de la estructura, y como parte del refuerzo en las esquinas o extremos, tiene alambres con diámetros mayores que los forman los elementos de la caja.

Estas cajas son llenadas con piedras y tensadas con alambre galvanizado para darle rigidez y a la vez formar un elemento que trabaje en un solo bloque como estructura de contención.

---

<sup>13</sup> MACCAFERRI. *Especificaciones técnicas Gavión caja*. p. 1.

## 1.6. Topografía

La Topografía se encarga del estudio de los métodos para obtener la representación plana de una parte de la superficie terrestre con todos sus detalles, ya que todo esto es mediante la combinación de las medidas según los tres elementos del espacio las cuales son las siguientes: distancia, elevación y dirección<sup>14</sup>.

La parte principal del estudio se basa en las mediciones de la superficie de la tierra y se divide en tres ramas que son: Planimetría, Altimetría y Taquimetría.

Actualmente podemos contar con instrumentos convencionales, electrónicos y de alta tecnología tales como: teodolitos mecánicos, electrónicos digitales, estaciones totales y navegadores GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

Es un estudio que consiste en levantamientos topográficos, se realizan con el fin de encontrar la configuración de la superficie del terreno y como también la posición sobre la misma, que en este caso de materiales naturales y fabricadas tales como: la piedra y el alambre galvanizado. En un levantamiento topográfico se anotan los datos bien detallados, ya que los métodos de procesamiento de datos y cálculo dependen del trabajo de campo, para lograr una buena representación gráfica o dibujo topográfico del área en estudio y es de mucha importancia tomar en consideración dentro del diseño la escala que determina el tamaño del plano y los detalles.

En este estudio se encarga de la recopilación de datos de los puntos de ubicación y elevación de la superficie terrestre y representar en planos para establecer los límites del terreno y considerando todo lo que hay en los alrededores del área a trabajar. Es de suma importancia la libreta de campo,

---

<sup>14</sup> WOLF, Paul R.; GHILANI, Charles D. *Topografía*. p. 1.

porque en ella se guarda toda la información detallada del área y posteriormente es llevada al área de gabinete para su respectivo diseño e interpretación del mismo. Esta libreta de campo es entregada a gabinete porque contiene toda la información de planimetría y altimetría del sector.

Figura 5. **Levantamiento topográfico**



Fuente: Multiservicios el Castaño, S.A.

### 1.6.1. **Curvas de nivel**

Es aquella línea que en un mapa o imagen une todos los puntos que tienen igualdad de condiciones y de altura; no tiene que haber alguna intersección de las líneas. En un plano las curvas de nivel se dibujan para representar intervalos de alturas que tienen distancias iguales entre sí sobre un plano de referencia<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> WIRSHING, James; WIRSHING, Roy. H. *Teoría y problemas de Introducción a la topografía*. p. 174.

#### 1.6.1.1. Características de las curvas de nivel.

- Las curvas de nivel no se cruzan entre sí.
- Son líneas cerradas, aunque por lo general estas no pasan dentro de las líneas de dibujo.
- Cuando las líneas están casi pegadas entre si indica una pendiente muy pronunciada o liviana.
- La dirección de máxima pendiente del terreno queda en el ángulo recto con la curva de nivel.
- También se utilizan para reflejar la forma tridimensional de la superficie terrestre en un mapa bidimensional, una curva de nivel es una línea dibujada en un mapa o plano que conecta todos los puntos que tienen la misma altura con respecto a un plano de referencia.
  - La elaboración de las curvas de nivel en gabinete es la representación gráfica del relieve del terreno y podemos utilizar el mismo en diferentes maneras en la planificación, ejecución y control de proyectos. Con esta información podemos determinar la cota o elevación de cualquier punto sobre el plano, la pendiente entre dos puntos, la estimación de volúmenes de corte y relleno de material que se requiere en la ejecución de un proyecto, la proyección de traza de vías.



## 2. CARACTERISTICAS Y VENTAJAS DEL TERRAMESH SYSTEM

### 2.1. Estructurales

El Terramesh System se convierte en un solo bloque monolítico que permita ser eficiente en soportar esfuerzos que se concentran en los laterales ya que cuenta con la ventaja de ser flexible que ayuda a acomodarse a un diferencial mínimo de asentamientos<sup>16</sup>.

Se han hecho ensayos a tracción con la finalidad de conocer la capacidad de anclaje con varios tipos de suelos, capas de relleno estructural y como también va dependiendo de la longitud de anclaje del elemento Terramesh System.

Para el relleno estructural debe ser compactado de acuerdo con las especificaciones técnicas que establece Guatemala, de tal manera que recomienda un relleno compactado con una compactación mínima del 95 % del próctor modificado, empleándose para determinar la relación de humedad de los materiales en capas firmes como referencia de control de calidad.

Este sistema depende de una combinación de acciones que resulta muy bueno en su resistencia estructural y son las siguientes: la fricción, el corte y la trabazón mecánica.

- La fricción, tiene mucha importancia por los paneles de malla y la forma hexagonal que tiene la misma, el ángulo de fricción del relleno y al hacer

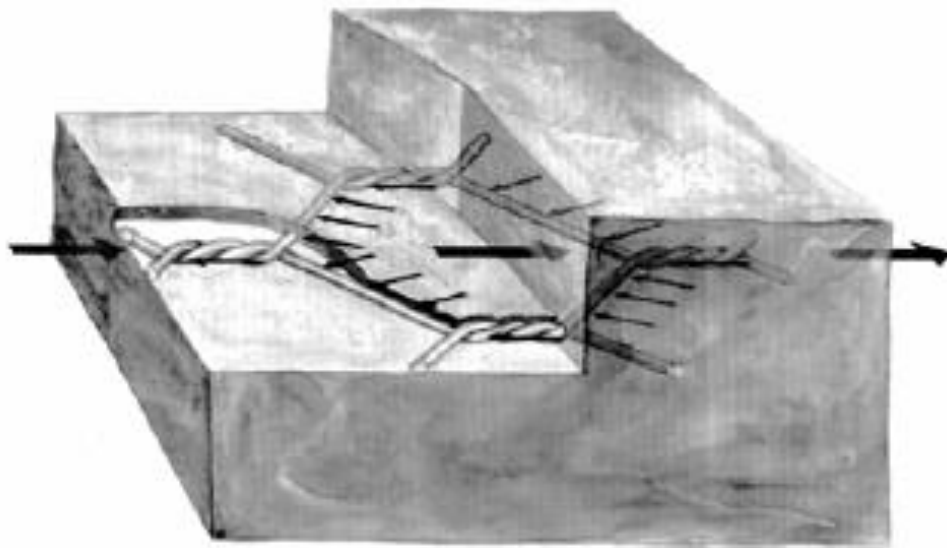
---

<sup>16</sup> MACCAFERRI. *Refuerzo y estabilización de suelos*. p. 6.

contacto entre ambas superficies se genera una oposición al movimiento y todo depende totalmente de la compactación del relleno estructural. El ángulo de fricción como parte del funcionamiento depende de muchos factores tales como: la forma de los granos, el tamaño de los granos y la distribución de los mismos.

- Corte, por ser una malla hexagonal y de doble torsión todo el sistema mejora y aumenta su confinamiento interno del relleno estructural, ya que esto tiene como objetivo principal eliminar movimientos, porque si la cola de anclaje tiende a un movimiento diferencial entonces el suelo relativamente también se desliza.
- La trabazón mecánica, consiste en tomar en cuenta el porcentaje de graduación del material a usar en el relleno estructural, ya que se considera un rango de 10 a 15 veces el diámetro del alambre. Y todo esto es una base fundamental para el aumento de la capacidad de anclaje y resistencia de la armadura confinada. Referencia. ASTM A-975.

Figura 6. **Anclaje de la malla en el relleno estructural**



Fuente: MACCAFERRI. *Estructuras en suelo reforzado con el sistema terramesh*. p. 2.

Para que funcione adecuadamente este sistema es importante tomar en cuenta la cimentación de manera que hay que hacer una excavación que logre encontrar un suelo firme, para soportar todo el peso de la estructura, porque es uno de los factores más importantes de la parte estructural, ya que si se lleva el control y cumplimiento de los estudios que favorecen la realización de la obra a construir tales como: el estudio topográfico y estudio de suelo.

Figura 7. **Cimentación**



Fuente: Multiservicios el Castaño, S.A.

La realización de la excavación de la base de una estructura como este se realiza de forma manual o contando con la ayuda de maquinaria de corte y excavación, tales como: excavadora, retroexcavadora, cargador frontal o tractor de banda, esto dependerá de la ubicación y la topografía del área a trabajar porque tendrá la exigencia y necesidad del uso de la maquinaria para ser eficiente en los avances de trabajo.

Además, si no lo permitiera la topografía del terreno (la pendiente, el tipo de suelo) el uso de maquinaria se hace manualmente de tal forma que no afecte los alrededores de la cimentación.

En la cimentación de la estructura se estabiliza cuando no cumple con los parámetros de especificaciones técnicas del estudio de suelo y de esta manera se busca aumentar la capacidad de carga del suelo.

## **2.2. Arquitectónico**

Las características en el aspecto arquitectónico tienen mucha importancia ya que no se pierde el paisaje original del área que se está estabilizando, de tal manera que se puede recubrir con grama o maleza que ayuda a recuperar la vegetación y que los que habitan alrededor de ella puedan aprovecharlo como jardín, parques o áreas recreativas, permaneciendo algunas plantas endémicas del lugar<sup>17</sup>.

Permite una fachada estética porque hay variedad de colores de piedras para seleccionar, formas y tamaños.

---

<sup>17</sup> MACCAFERRI. *Obras de Contención*. P.7.

Figura 8. **Muro terminado**



Fuente: Multiservicios el Castaño, S.A.

Finalmente es una ventaja porque es una estructura estéticamente agradable al medio ambiente porque mantiene las características superficiales naturales.

No importando la altura que tenga la estructura, tomando en cuenta que con este material las condiciones de diseño cumplen para grandes alturas.

### 2.3. Durabilidad

Maccaferri indica que la durabilidad como toda obra de construcción su importancia se proyecta el periodo de diseño para lograr una vida útil bastante larga. Esto requiere que el material cumpla con los requerimientos de las normas que influyen en sus propiedades mecánicas, es decir que este sistema cumple con la capacidad de resistir y soportar las cargas generadas por el suelo, como también las sobrecargas que se dan en momentos inesperados<sup>18</sup>.

El cumplimiento de la durabilidad del mismo está en el uso de la malla hexagonal de doble torsión que son sumamente resistentes, ya que por el diseño geométrico que posee la malla y como parte de las características mecánicas el alambre cuenta con un recubrimiento de zinc, además el uso de material posee un recubrimiento de plástico especial adicional, que sirve especialmente para protección contra la corrosión y de otros agentes que pueden afectar el deterioro del alambre; ya sea que se trabaja o no se realiza el trabajo en lugares o áreas totalmente húmedas tales como: orillas de ríos y lagos.

Tomando en consideración el cumplimiento de las especificaciones de las propiedades mecánicas de las piedras a utilizar en el proyecto.

Otras de las ventajas de este material, es en cuanto a su mantenimiento es totalmente mínima, porque se adapta a las condiciones del medio ambiente.

---

<sup>18</sup> MACCAFERRI. *Obras de Contención*. p. 6.



Figura 9. **Forma del Terramesh System**



Fuente: Multiservicios el Castaño, S.A.



## 2.4. Permeabilidad

Maccaferri describe que la permeabilidad permite drenar las filtraciones de agua por gravedad, aprovechando los espaciamentos que existe entre las piedras que forma la estructura. Es de mucha importancia porque elimina sobrecargas provocadas por el empuje hidrostático, la sobrecarga es toda la humedad que se va acumulando dentro del relleno estructural y la función de este sistema es drenar hacia la parte frontal de la estructura del Terramesh System y mantener la estabilidad del mismo. Utilizando esta estructura que es permeable y drenante, se vuelve mucho más segura su estabilidad, aprovechando el fluido libre sin alterar la composición y estática del material que compone el sistema del muro<sup>19</sup>.

El uso de este material es importante ya que permite mantener el control de ríos, acelera el estado de equilibrio del cauce; evita las erosiones, transportes de materiales, derrumbamientos de márgenes, además el Terramesh System controla crecientes protegiendo valles y población contra inundaciones.

Uno de los complementos del Terramesh System de suma importancia en el proceso de su permeabilidad es el Geotextil no tejido, ya que es un material que sirve para separar el suelo de diferente granulometría estabilizando el terreno y evitando así que los flujos internos de agua arrastren el material (suelo fino) o surjan socavaciones, dirigiéndose hacia el exterior frontal del sistema y llegue a provocar un colapso en la estructura; además esto permite evitar posibles erosiones que pueden existir entre el Terramesh System y el relleno estructural.

Este material es obligatorio en su colocación para no descartar las funciones principales que son las siguientes: filtración, separación, drenaje y protección de suelos, ya que con todo este proceso hará que funcione adecuadamente la estructura.

---

<sup>19</sup> MACCAFERRI. *Obras de Contención*. p. 6.

También es un sistema que ayuda a reducir los costos por la característica que posee el tipo de estructura, por lo que no hay necesidad de colocar accesorios para evacuar la humedad que se acumula en la estructura y el relleno estructural.

Figura 10. **Geotextil no tejido**



Fuente: Multiservicios el Castaño, S.A.

## 2.5. Bajo Impacto Ambiental

En la aplicación de este sistema es lo ideal a la solución y se adapta fácilmente al lugar que lo rodea, es por eso que el material es altamente resistente a las diversas reacciones químicas, que además es un material inerte y no interfiere con el medio ambiente para su aplicación, de esta manera los cambios provocados a la fauna y flora es el mínimo que se puede dar en el área a modificar, sabiendo que el impacto ambiental altera o modifica el entorno natural a causa de la acción humana, en este caso se reduciría de una manera considerable<sup>20</sup>.

Considerando la importancia para los trabajos de suelo reforzado se pueden realizar modificaciones en los relieves topográficos del área que se desea recuperar a un corto plazo, para poder mantener la fauna y flora.

Aunque en el uso de maquinaria y equipo tales como: excavadoras, retroexcavadoras, cargadores frontales, tractores, cisternas, compactadoras y vehículos, su intensidad de uso dependerá mucho de las dimensiones y el plan de trabajo proyectado del proyecto, si fuere necesario. Pero también durante el proceso constructivo en la mayor parte de las obras hechas se realiza con una mínima parte de la maquinaria y lo demás de forma manual y de esta forma no provoca daños de impactos ambientales, porque se evitará la generación de polvo, el ruido, la vibración, contaminación del suelo por derrame de lubricantes de maquinarias. El Terramesh System es un proceso constructivo que toma en cuenta una serie de medidas ambientales con el fin de disminuir los efectos negativos ambientales.

La ventaja de este proceso permite el crecimiento de vegetación en su parte superficial frontal y toda la vegetación que posteriormente puede desarrollarse sobre la estructura del sistema terramesh, dando protección a la misma y la integra al paisaje de la zona a recuperar.

---

<sup>20</sup> MACCAFERRI. *Obras de Contención*. p. 6.

En otros casos donde el impacto visual de la estructura pueda causar perjuicio al medio, se puede aumentar el crecimiento de vegetación sobre el bloque de Terramesh System, haciendo que el sistema se integre perfectamente a la vegetación local, permitiendo una regeneración del paisaje y una nulidad del impacto visual final.

## **2.6. Viabilidad Económica**

“La viabilidad económica consiste en la optimización de los costos de los materiales y la simplicidad constructiva del proceso”<sup>21</sup>.

La ventaja de este sistema se adecua técnicamente y económicamente a la necesidad de los que habitan alrededor del área a recuperar; porque su instalación es totalmente simple y rápida, ya que no requiere de personal calificado o especializado. Por lo que no requiere de personal calificado permite que los vecinos del área puedan tener ingresos por los trabajos que genera y finalmente sea parte del desarrollo socioeconómico del lugar. Tiene mucha ventaja en la obtención de recursos humanos ya que, en lugares con pocos recursos económicos, pudiendo también ser construidas bajo el régimen comunitario, trayendo en ambos casos, beneficios sociales a la comunidad local.

En cuanto a los materiales que se utilizan para el llenado del Terramesh System, son bastantes accesibles de obtenerlos, porque no necesita de una cantidad alta de piedras por el tipo de bloque que forma el sistema, y además se puede encontrar en lugar más cercano del proyecto evitando los atrasos en el avance de los trabajos. Una de las características en cuanto a su operación y avance del proyecto es que su funcionamiento se empieza conforme se va

---

<sup>21</sup> MACCAFERRI. *Refuerzo y estabilización de suelos*. p. 7.

terminando cada hilada o fila del bloque y simultáneamente se realiza el relleno estructural permitiendo la construcción del sistema, sin pensar en los tiempos de fraguado y desencofrado.

El material para el relleno estructural también se puede aprovechar del suelo que existe en el área siempre y cuando no sea un material orgánico, para no perjudicar la estabilidad y resistencia de la estructura y que posteriormente puede generar gastos imprevistos de reparación. El suelo más utilizado es el selecto que es limo arenoso, pero también se puede aprovechar si se presenta un suelo arcilloso solo que se le hace un proceso de estabilización con cal para que no haya hinchamiento o contracción del suelo.

Este sistema no es tan común en nuestro país Guatemala, pero tiene mucha ventaja con respecto a la economía, eficiencia y estética de la estructura, siempre y cuando se lleve el control adecuado de las especificaciones técnicas para su proceso constructivo. Su aporte económico tanto para el sector privado como en el sector público tiene mucho beneficio ya que en cuanto a su mantenimiento es mínimo lo que se hace. Además, por la forma que tiene el material permite construir refuerzos de suelos a grandes alturas y todo esto genera confianza, eficiencia y economía.



### **3. CARACTERISTICAS Y VENTAJAS DEL GAVION TIPO CAJA.**

#### **3.1. Estructurales**

Maccaferri describe que el gavión tipo caja es uno de los materiales más conocidos en el mercado y que se convierte en un solo bloque monolítico que permita ser eficiente en soportar esfuerzos que se concentran en los laterales ya que cuenta con la ventaja de ser flexible que ayuda a acomodarse a un diferencial mínimo de asentamientos. La parte fuerte de los gaviones se concentra en su malla hexagonal con doble torsión de acero galvanizado, la cual es reforzada por alambre de borde más fuerte recorriendo a lo largo de los bordes y por el diafragma transversal, es decir en todas las esquinas de la caja de gavión<sup>22</sup>.

También la elección de utilizar este material, en lo que se trata a las características de la malla y el material de relleno estructural es de suma importancia y fundamental para lograr una estructura altamente eficaz.

Este sistema depende de una combinación de acciones que resulta muy bueno en su resistencia estructural y son las siguientes: la fricción y el corte.

- La fricción, tiene mucha importancia por los paneles de malla y la forma hexagonal que tiene la misma, el ángulo de fricción del relleno y al hacer contacto entre ambas superficies se genera una oposición al movimiento y todo depende totalmente de la compactación del relleno estructural.
- Corte, por ser una malla hexagonal y de doble torsión todo el sistema mejora y aumenta su confinamiento interno del relleno estructural, ya que esto tiene como objetivo principal eliminar movimientos, porque si la cola

---

<sup>22</sup> MACCAFERRI. *Refuerzo y estabilización de suelos*. p. 6.

de anclaje tiende a un movimiento diferencial entonces el suelo relativamente también se desliza.

Figura 11. Nivelación e Instalación



Fuente: CISA, S.A.

También para este sistema es importante tomar en cuenta el estado de estabilidad de la cimentación de manera que hay que hacer una excavación que logre encontrar un suelo firme, para soportar todo el peso de la estructura, porque es uno de los procesos más importantes de la parte estructural, ya que si se lleva el control y cumplimiento de los estudios que favorecen la realización de la obra a construir tales como: el estudio topográfico y estudio de suelo.



Para realizar este tipo de renglón de la excavación de la base se realiza de forma manual o contando con la ayuda de maquinaria de corte y excavación, y entre ellas están las siguientes: excavadora, retroexcavadora y cargador frontal, esto dependerá de la ubicación y la topografía del área a trabajar porque asimismo se busca la solución de acuerdo a la exigencia y necesidad del uso o no de la maquinaria, de esta manera se busca la eficiencia en los avances de trabajo.

Además, si no lo permitiera la topografía del terreno (la pendiente, el tipo de suelo) el uso de maquinaria se hace manualmente de tal forma que no afecte los alrededores de la cimentación y la forma del terreno.

En este sistema tampoco podemos pasar por alto la estabilización de la cimentación de la estructura, porque si no cumple con los parámetros que establece el estudio de suelos entonces se busca la solución para aumentar la capacidad de carga del mismo y por supuesto cumplir con las especificaciones técnicas de Ingeniería Civil. Que además el trabajo en conjunto de los gaviones ofrece una buena resistencia a la comprensión y tracción.

Todas las unidades son firmemente unidas entre sí a través de costuras con alambres de iguales características a los de la malla, con el propósito de formar una estructura continua.

### **3.2. Arquitectónico**

Los muros de gaviones se pueden diseñar con escalones externos y escalones internos. Los que tienen escalones internos con la parte exterior plana no son tan usadas por alturas mayores de 5 metros y se recomienda considerar e inclinar el bloque de gaviones por lo menos 6 grados, que en algunas veces son preferidos por razones estéticas. Pero desde el punto de vista estático resultan en

general más adecuados los de escalones externos, ya que permite el desarrollo de un proyecto mayor a 5 metros de altura<sup>23</sup>.

Las características en el aspecto arquitectónico tienen mucha importancia ya que no se pierde el paisaje original del área que se está estabilizando, de tal manera que se puede recubrir con grama o maleza que ayuda a recuperar la vegetación y que los que habitan alrededor de ella puedan aprovecharlo como jardín, parques o aéreas recreativas.

Finalmente es una ventaja porque es una estructura estéticamente agradable al medio ambiente porque mantiene las características superficiales naturales.

La única diferencia que en el proceso de la construcción se puede construir a grandes alturas, pero de igual forma subirán los costos para terminar o formar la estructura.

---

<sup>23</sup> MACCAFERRI. *Obras de Contención*. p. 7.

Figura 12. Finalización de muro



Fuente: CISA, S.A.

### 3.3. Durabilidad

Maccaferri considera que la durabilidad como en toda obra de construcción se proyecta en el diseño en los años de vida útil y este sistema ofrece un periodo de duración mayor a 20 años de vida útil, que es de suma importancia y que en nuestro medio ha proporcionado confianza y seguridad como muro de contención. El material es muy común en el medio constructivo de Guatemala y cumple con los requerimientos de las normas que influyen en sus propiedades mecánicas, es decir que este sistema garantiza el cumplimiento de la capacidad de resistir y soportar las cargas generadas por el suelo y las sobrecargas que se dan en momentos inesperados<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> MACCAFERRI. *Obras de Contención*. p. 6.

El cumplimiento de la durabilidad del mismo está en el uso de la malla hexagonal de doble torsión que son sumamente resistentes, ya que por el diseño geométrico que posee la malla y como parte de las características mecánicas el alambre cuenta con un recubrimiento de zinc, aunque se han desarrollado la mezcla con aluminio para aumentar la durabilidad del alambre. Pero todo va en función de la calidad del alambre y de la malla que son factores determinantes para el correcto comportamiento de las obras.

Adicionalmente en situaciones donde hay mucha humedad o a orillas de ríos se hace uso de un recubrimiento plástico de PVC, que sirve especialmente para la protección contra la corrosión y de otros agentes que pueden afectar el desarrollo de la vida útil del alambre.

Tomando en consideración el cumplimiento de las especificaciones de las propiedades mecánicas de las piedras a utilizar en el proyecto, ya que el tamaño de las piedras de relleno deben ser mayores a las aberturas que tiene la caja de gavión, y se acomodaran de manera de llenar lo mejor posible el espacio que se va quedando o formando entre las piedras, los espacios se rellenan completamente con piedras pequeñas; también serán de buena calidad, durables, sana, sin defectos que afecten su estructura y si no se toma en consideración el control de la calidad entonces con el tiempo puede afectar a la estabilidad del proyecto realizado.

Otras de las ventajas de este material en cuanto a su mantenimiento definitivamente son mínimas, porque su característica de resistir a los ataques minerales es la adecuada, por lo que se adaptan a las condiciones del medio ambiente.

La durabilidad puede afectarse si en el proceso constructivo las cajas de gaviones son dañadas por el impacto de las piedras o por amontonar el material sin tomar en cuenta que están provocando desgaste en el alambre galvanizado, ya que es importante considerar la prevención de las piedras hacia los gaviones llenos.

### **3.4. Permeabilidad**

Maccaferri utiliza este sistema constructivo porque utilizan material de alambre galvanizado y son permeables porque permiten drenar las filtraciones de agua por gravedad, aprovechando los espaciamientos que hay entre las piedras y que forma la estructura. Las contenciones en gaviones por las características que componen estos dos materiales que es la piedra y la caja, son totalmente permeables, y por lo tanto auto drenantes, aliviando por completo el empuje hidrostático sobre la estructura<sup>25</sup>.

Estas son las ventajas que brinda el sistema porque no desestabiliza la estructura de contención porque puede drenar en todo el bloque y es de suma importancia porque elimina sobrecargas provocadas por el empuje hidrostático, la sobrecarga es toda la humedad que se va acumulando dentro del relleno estructural y la función de este sistema es drenar hacia la parte frontal de la estructura, manteniendo la estabilidad. Utilizando esta estructura que es permeable y drenante, se vuelve mucho más segura su estabilidad.

La importancia del uso de este material permite mantener el control de ríos, acelera el estado de equilibrio del cauce; evita las erosiones, transportes de materiales, derrumbamientos de márgenes, además controla crecientes protegiendo valles y población contra inundaciones.

Uno de los materiales que compone el funcionamiento de los gaviones es importante en el proceso de permeabilidad es el Geotextil no tejido, ya que es

---

<sup>25</sup> MACCAFERRI. *Obras de Contención*. p. 6.

un material que sirve para separar el suelo de diferentes tamaños, por eso influye bastante en la estabilización del terreno y evitando así que los flujos internos de agua arrastren el material, en este caso los suelos finos o surjan socavaciones, dirigiéndose hacia el exterior frontal del sistema y llegue provocar un colapso en la estructura; además esto permite evitar posibles erosiones que pueden existir entre el bloque de gaviones y el relleno estructural.

El geotextil no tejido es obligatorio en su colocación tal como lo establece las especificaciones técnicas, para no descartar las funciones principales que son las siguientes: filtración, separación, drenaje y protección de suelos, ya que con todo este proceso hará que funcione adecuadamente la estructura.

Además, es un sistema que ayuda a reducir los costos por la característica que posee el tipo de estructura ya que lo vuelve segura, y de esta manera no hay necesidad de colocar accesorios de drenaje para evacuar la humedad que se acumula en la estructura y el relleno estructural.

Figura 13. **Instalación de Geotextil no tejido**



Fuente: CISA, S.A.

### **3.5. Bajo Impacto Ambiental**

Maccaferri establece que la aplicación de este sistema para las obras de Ingeniería Civil causa menos impacto al medio ambiente y las estructuras de gaviones se adaptan sin problemas, durante su construcción y a lo largo de la vida útil del proyecto realizado. De acuerdo a su composición no interponen una barrera impermeable para las aguas que filtran, podemos ver principalmente en obras de protección hidráulica, también las líneas de flujo no son alteradas y el impacto para la flora y fauna local es el mínimo posible. Su integración es rápida al medio donde se encuentra rodeado, dándole lugar al ecosistema a que se recupere en la mayor parte posible en su estado inicial<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup> MACCAFERRI. *Obras de Contención*. p. 6.

Considerando la importancia para los trabajos de muros de contención se pueden realizar modificaciones en los relieves topográficos del área que se desea recuperar a un corto plazo, para poder mantener la fauna y flora.

Aunque en el uso de maquinaria y equipo tales como: excavadoras, retroexcavadoras, cargadores frontales, tractores, cisternas, compactadoras y vehículos, su intensidad de uso dependerá mucho de las dimensiones y el plan de trabajo proyectado del proyecto, si fuere necesario. Pero también durante el proceso constructivo en la mayor parte de las obras hechas se realiza con una mínima parte de la maquinaria y lo demás se hace de forma manual y de esta forma no provoca daños de impacto ambiental, porque se evitará la generación de polvo, el ruido, la vibración, contaminación del suelo por derrame de lubricantes de maquinarias. Durante el tiempo que se ha venido usando este material siempre se ha tomado en cuenta una serie de medidas ambientales con el fin de disminuir los efectos negativos ambientales por su forma de adaptarse sin encontrarse en complicaciones.

Tiene también la ventaja que este sistema se adapta y permite el crecimiento de vegetación en su parte superficial frontal y toda la vegetación que posteriormente puede desarrollarse sobre la estructura de gaviones, protegiendo la misma, convirtiéndose en las más preferidas y las más utilizadas en proyectos de gran preocupación ambiental y la integra al paisaje. Además, la prioridad de este sistema es evitar el impacto visual ya que otros sistemas constructivos como el hormigón no lo poseen.



### 3.6. Viabilidad Económica

Maccaferri define que es la optimización de los costos de los materiales y la simplicidad constructiva del proceso. La ventaja de este sistema se adecua técnicamente y económicamente a la necesidad de los que habitan alrededor del área a recuperar; porque su instalación es totalmente simple y rápida, ya que no requiere de personal calificado o especializado. Por lo que no requiere de personal calificado permite que los vecinos del área puedan tener ingresos por los trabajos que genera y finalmente sea parte del desarrollo socioeconómico del lugar. En cuanto a los materiales que se utilizan para el llenado del gavión tipo caja se usan las piedras que son bastantes accesibles de obtenerlos y comúnmente son encontradas cerca del sitio del proyecto, esto hará que el proyecto avance en su proceso y no se pierde el tiempo en la espera de los materiales, manteniendo los gastos especificados para la construcción de la obra o reduciendo los costos por aprovechamiento del tiempo y los existentes en el área<sup>27</sup>.

El relleno estructural también se puede aprovechar del suelo existente en el área siempre y cuando no sea un material orgánico, para no perjudicar la estabilidad y resistencia de la estructura y que posteriormente puede generar gastos imprevistos de reparación, pero en todo proyecto el Ingeniero Residente opta por realizar un estudio de suelos donde determinará si es recomendable para el relleno estructural, evitando el incremento de gastos de acarreo y el precio por metro cubico del suelo a utilizar, de tal manera que se aprovecha los recurso y se optimizan los costos. El suelo más utilizado es el selecto que es limo arenoso, pero también se puede aprovechar si se presenta un suelo arcilloso solo que se le hace un proceso de estabilización con cal, tomando en cuenta la proporción adecuada para que no haya hinchamiento o contracción del suelo.

Este sistema es muy conocido en nuestro país de Guatemala, pero tiene mucha ventaja con respecto a la economía, eficiencia y estética de la estructura, siempre y cuando haya suficiente material para el llenado de muros de gravedad de gavión y se lleve el control adecuado de las especificaciones

---

<sup>27</sup> MACCAFERRI. Refuerzo y estabilización de suelos. p. 7.

técnicas para su proceso constructivo. Su aporte económico tanto para el sector privado como en el sector público tiene mucho beneficio ya que en cuanto a su mantenimiento es mínimo lo que se hace.

Porque estructuras como gaviones entran en funcionamiento conforme los elementos se van llenando, esto es, inmediatamente, no depende del tiempo de fraguado y el desencofrado. Permitiendo el trabajo de relleno sea realizado simultáneamente con respecto a la construcción del muro, con las características que pueden ser muy importantes en el proceso de operación y avance del proyecto.

Una de las desventajas de este sistema es que conforme aumenta la altura también su espesor o base aumenta y todo esto provoca un aumento grande en los costos de construcción, tomando en cuenta que las rocas no siempre están disponibles en todos los lugares.

## 4. DISEÑO DE MUROS

Para el diseño de estos dos sistemas será desarrollada con la ayuda del software Macstars versión 2000, que fue hecha por la empresa Maccaferri para los cálculos de muros y suelos reforzados. Este programa se encarga de determinar la estabilidad interna y externa de estructuras de complejidad considerable. En el software están introducidos parámetros de diseño con diferentes elementos de refuerzo o sin refuerzo, que fueron analizados y totalmente bajo normas de certificación en laboratorios independientes, como también en los casos de la interacción de estos elementos entre sí y entre los distintos tipos de suelos. Internamente el software tiene una base de datos donde guarda normas o especificaciones técnicas existentes específicos e importantes, para el buen funcionamiento del mismo<sup>28</sup>.

El programa Macstars versión 2000, su función principal es el análisis de la estabilidad de los suelos reforzados y no reforzados, la importancia de este programa con respecto a las estructuras tiene como fin determinar la estabilidad de taludes usando unidades de refuerzos aptos de absorber los esfuerzos de tracción.

El Macstars permite al usuario realizar el análisis en el diseño de Terramesh System y como también en las siguientes condiciones:

- Presión de poros
- Condiciones sísmicas
- Sobrecargas uniformemente distribuidas y puntuales
- Varios tipos de refuerzos
- Geometría compleja de refuerzos.

---

<sup>28</sup> MACCAFERRI. Estructuras en suelo reforzado con el sistema terramesh. p. 3.

Para el diseño de este sistema es de suma importancia considerar los valores para el cálculo, ya que de esa manera se encuentran resultados de los análisis de taludes de acuerdo con los siguientes:

- Análisis de la estabilidad global
- Análisis de la estabilidad interna
- Tensiones en los refuerzos
- Verificaciones externas
- Análisis de estabilidad contra el deslizamiento
- Cálculo de los asentamientos.

Ahora el software emplea los métodos simplificados de Bishop y Janbu para que el funcionamiento del mismo sea la correcta, porque ambos métodos están bajo los lineamientos y criterio de ruptura de Mohr-Coulomb, que a continuación se presenta la fórmula:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

Donde:

$\tau$  = resistencia máxima al corte

$c$  = cohesión del suelo

$\sigma$  = esfuerzo normal total

$\phi$  = ángulo de fricción del suelo

#### 4.1. Diseño de Terramesh System con software

A continuación, se presenta un resultado de estudio de suelos el cual fue procesado en el programa MacStars W – Rel. 4.0, Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls (Análisis de Estabilidad de muros con pendiente, Maccaferri). Considerando los parámetros que corresponde en el procesamiento del diseño de un muro de contención, las cuales son: propiedades mecánicas del suelo, propiedades de los refuerzos del sistema y la verificación de resultados del Terramesh System.

##### 4.1.1. Parámetros de las propiedades mecánicas del suelo

Los parámetros de las propiedades mecánicas de los materiales, es importante considerar el uso del software para el diseño de un muro de contención, las cuales se describen a continuación.

Tabla I. **Arena limo arcillosa.**

No.	DESCRIPCION	UNIDAD	MEDIDA
1	Cohesión	kN/m <sup>2</sup>	4,90
2	Ángulo de Fricción	Grados	36,00
3	Valor de Ru	Adimensional	0,00
4	Peso unitario – Natural	kN/m <sup>3</sup>	17,35
5	Peso unitario – Saturado	kN/m <sup>3</sup>	17,35
6	Módulo Elástico	kN/m <sup>2</sup>	0,00
7	Módulo de Poisson	Adimensional	0,30

Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Tabla II. **Piedra para malla doble torsión.**

<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MEDIDA</b>
1	Cohesión	kN/m <sup>2</sup>	10,00
2	Ángulo de Fricción	Grados	40,00
3	Valor de Ru	Adimensional	0,00
4	Peso unitario – Natural	kN/m <sup>3</sup>	26,00
5	Peso unitario – Saturado	kN/m <sup>3</sup>	26,00
6	Módulo Elástico	kN/m <sup>2</sup>	0,00
7	Módulo de Poisson	Adimensional	0,30

Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Tabla III. **Relleno estructural**

<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MEDIDA</b>
1	Cohesión	kN/m <sup>2</sup>	0,00
2	Ángulo de Fricción	Grados	26,00
3	Valor de Ru	Adimensional	0,00
4	Peso unitario – Natural	kN/m <sup>3</sup>	18,00
5	Peso unitario – Saturado	kN/m <sup>3</sup>	18,00
6	Módulo Elástico	kN/m <sup>2</sup>	0,00
7	Módulo de Poisson	Adimensional	0,30

Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Tabla IV. **Carga sobre muro**

No.	DESCRIPCION	UNIDAD	MEDIDA
1	Altura (H)	m	1,00
2	Ancho	m	3,00
3	Resistencia a la tracción	kN/m	50,00
4	Abscisa inicial	m	909,00
5	Abscisa final	m	915,00

Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Tabla V. **Efectos Sísmicos**

No.	DESCRIPCION	UNIDAD	MEDIDA
1	Aceleración horizontal	m/s <sup>2</sup>	1,96
2	Aceleración vertical	m/s <sup>2</sup>	0,98

Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

#### 4.1.2. **Propiedades de los refuerzos utilizados**

A continuación, se tiene los parámetros de los refuerzos utilizados en la construcción de muros.

Tabla VI. **Propiedades de los refuerzos**

DESCRIPCION	ALTURA (H)	ANCHO	UNIDAD	MEDIDA
Gaviones	1	3	m	
Resistencia a la Tracción			kN/m	50,00
Tasa de deformación plástica				2,00
Coefficiente de deformación elástica			m <sup>3</sup> /kN	1,10e-04
Rigidez del refuerzo			kN/m	500,00

Continuación tabla VI.

Largo de anclaje Mínimo			m	0,15
Factor de seg. contra la rotura (grava)				1,43
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg. contra la rotura (arena)				1,24
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg. contra la rotura (arena limosa)				1,15
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa)				1,24
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo				0,30
Coefficiente de interacción refuerzo-grava				0,90
Coefficiente de interacción refuerzo-arena				0,65
Coefficiente de interacción refuerzo-limo				0,50
Coefficiente de interacción refuerzo-arcilla				0,30
MacGrid WG				
Resistencia a la Tracción			kN/m	120,00
Tasa de deformación plástica				0,00
Coefficiente de deformación elástica			m <sup>3</sup> /kN	1,10e-04
Rigidez del refuerzo			kN/m	1000,00



Continuación tabla VI.

Largo de anclaje Mínimo			m	0,15
Factor de seg. contra la rotura (grava)				0,75
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg. contra la rotura (arena)				1,69
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg. contra la rotura (arena limosa)				1,69
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa)				1,69
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo				0,20
Coefficiente de interacción refuerzo-grava				0,90
Coefficiente de interacción refuerzo-arena				0,90
Coefficiente de interacción refuerzo-limo				0,70
Coefficiente de interacción refuerzo-arcilla				0,50

Continuación tabla VI.

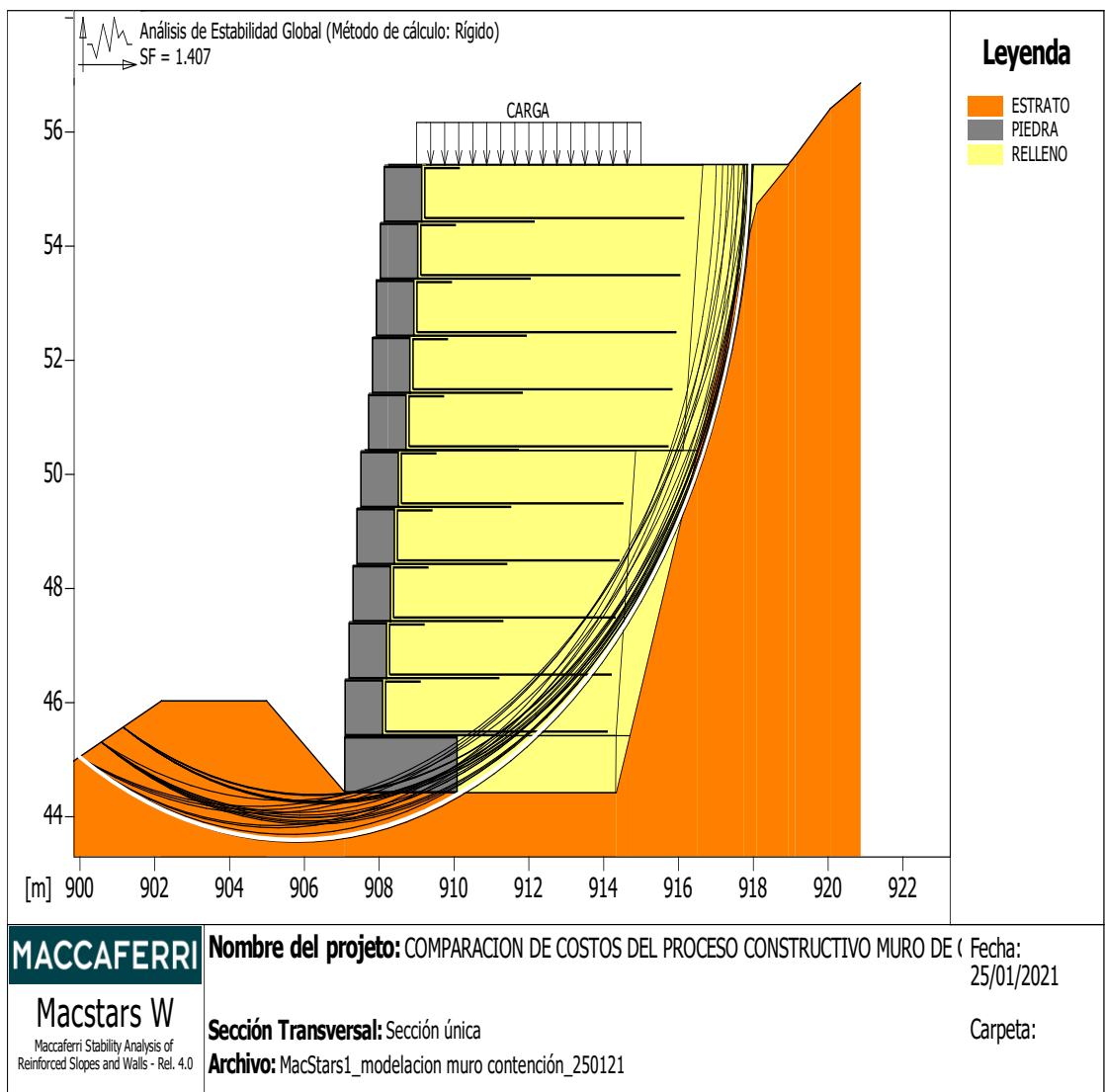
Terramesh System Polimac			
Resistencia a la tracción		kN/m	50,00
Tasa de deformación plástica			2,00
Coeficiente de deformación elástica		m <sup>3</sup> /kN	1,10e-04
Rigidez del refuerzo		kN/m	500,00
Largo de anclaje mínimo		m	0,15
Factor de Seg. contra la rotura (grava)			1,43
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)			1,00
Factor de seg. contra la rotura (arena)			1,24
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)			1,00
Factor de seg. contra la rotura (arena limosa)			1,24
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)			1,00
Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa)			1,24
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)			1,00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo			0,30
Coeficiente de interacción refuerzo-grava			0,90
Coeficiente de interacción refuerzo-arena			0,65
Coeficiente de interacción refuerzo-limo			0,50
Coeficiente de interacción refuerzo-arcilla			0,30

Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

### 4.1.3. Resultados del Terramesh System.

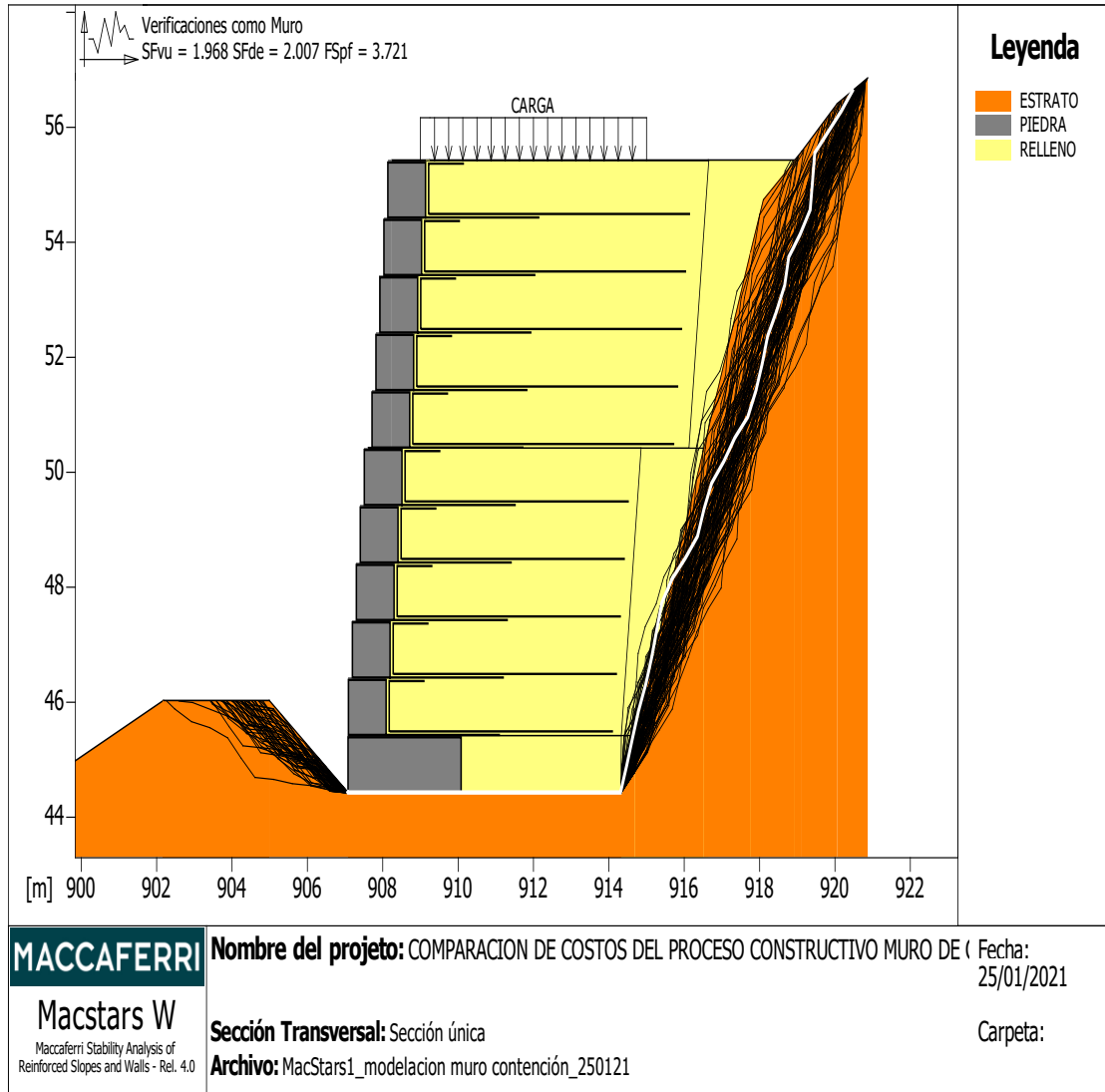
Con el programa Macstars se realiza los siguientes tipos de análisis y la obtención gráfica de los resultados.

Figura 14. Estabilidad global



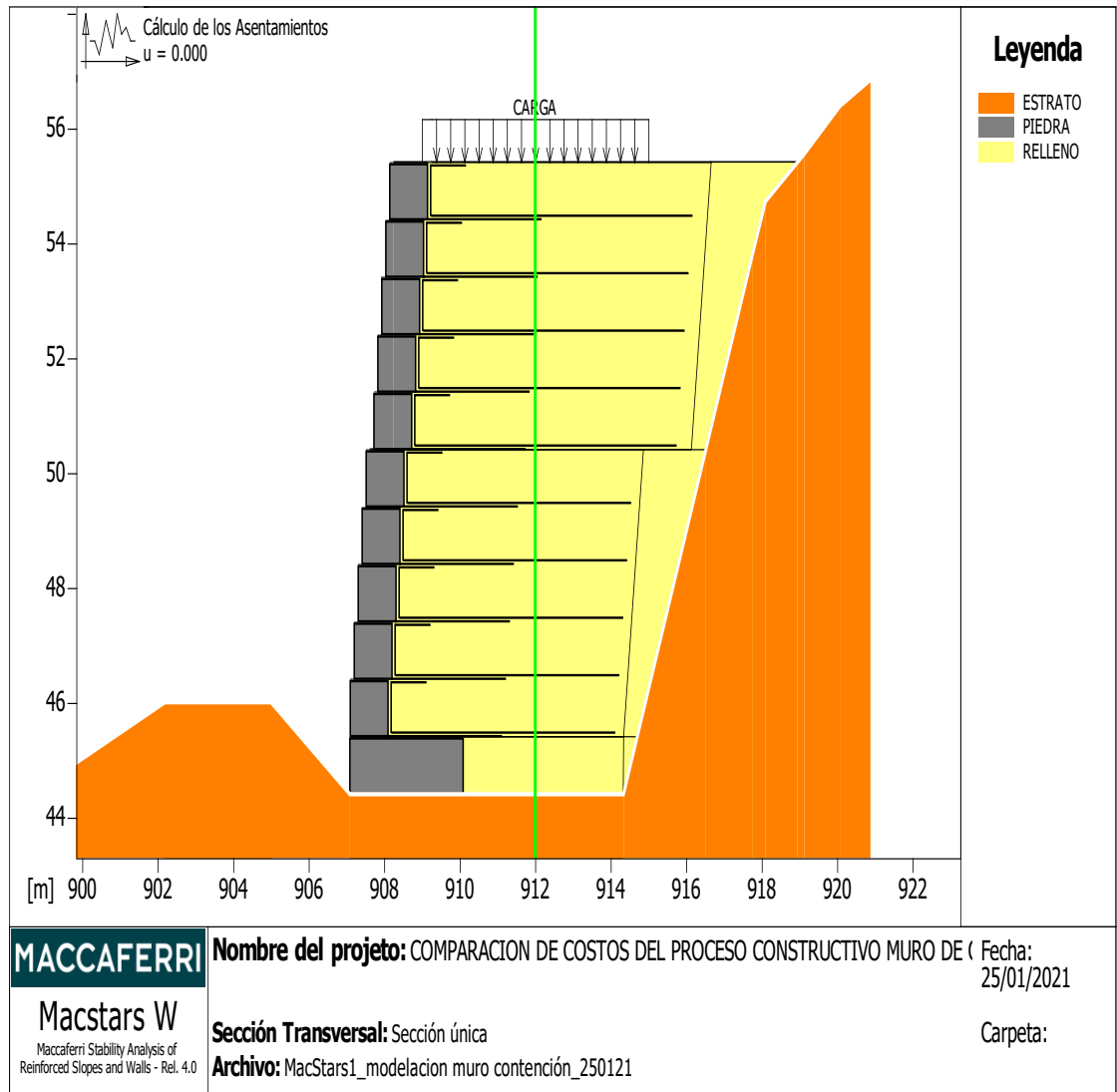
Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Figura 15. Verificación como muro a gravedad.



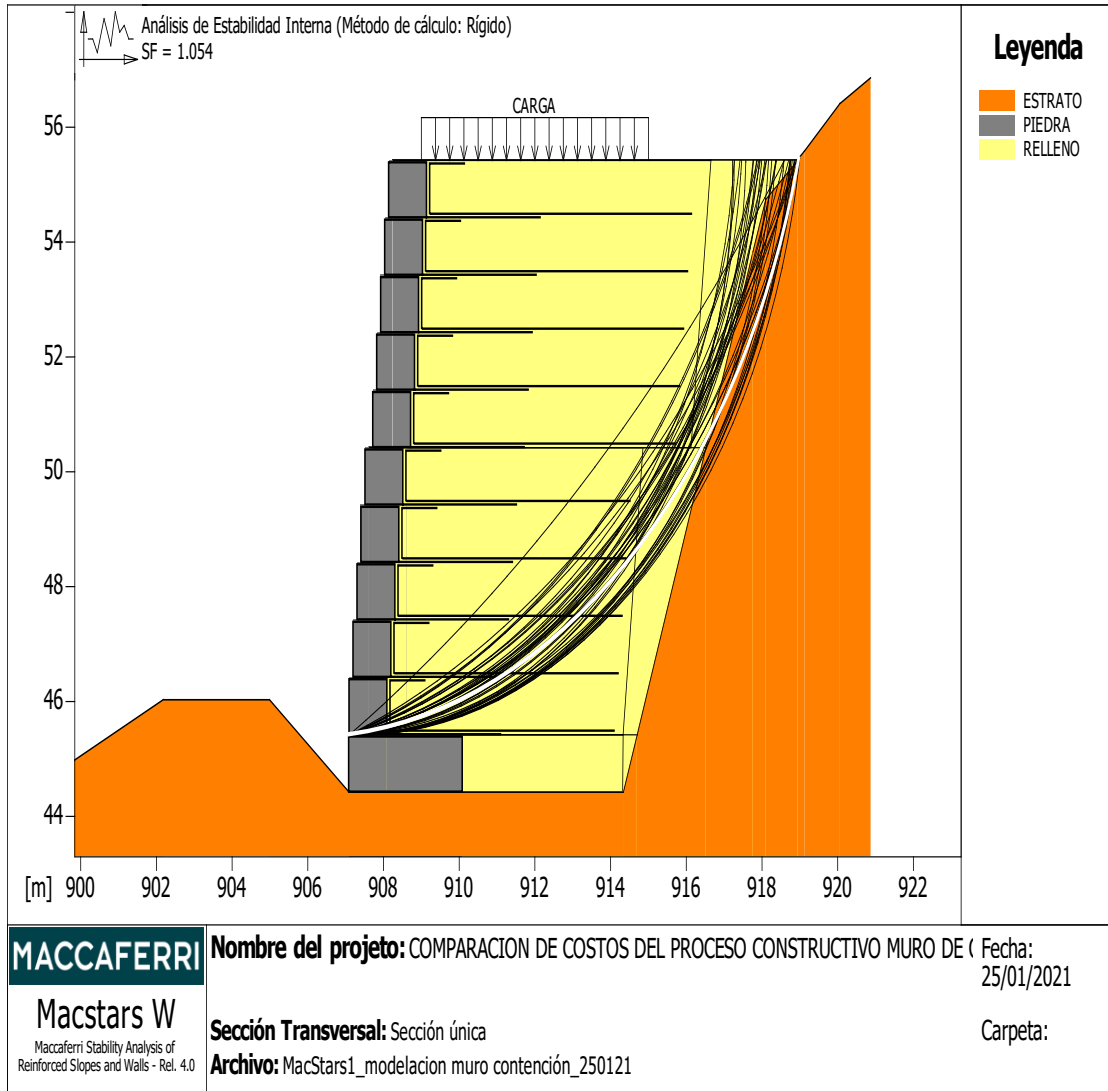
Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Figura 16. Cálculo de los asentamientos.



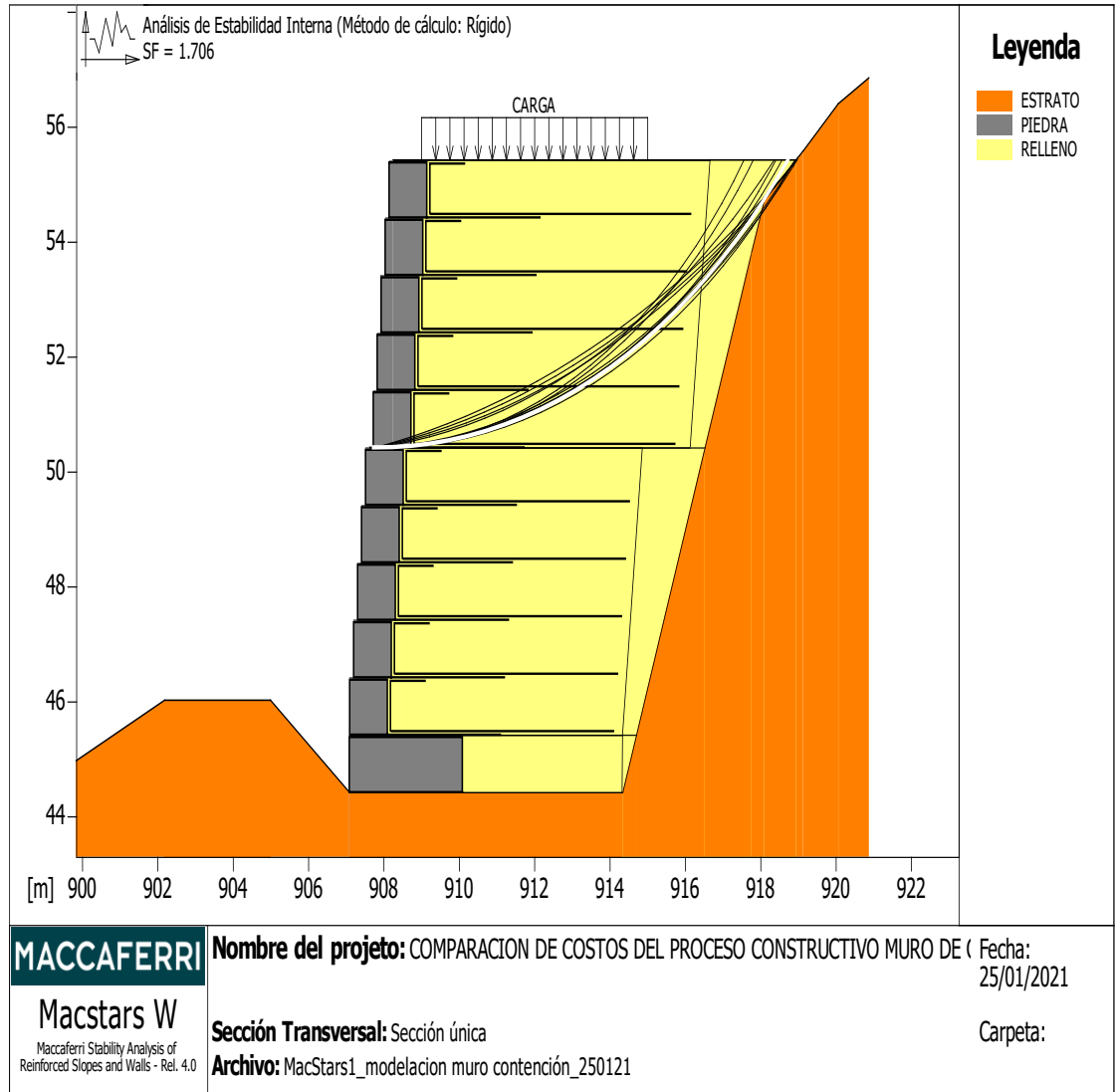
Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Figura 17. **Análisis de Estabilidad interna SF= 1.054**



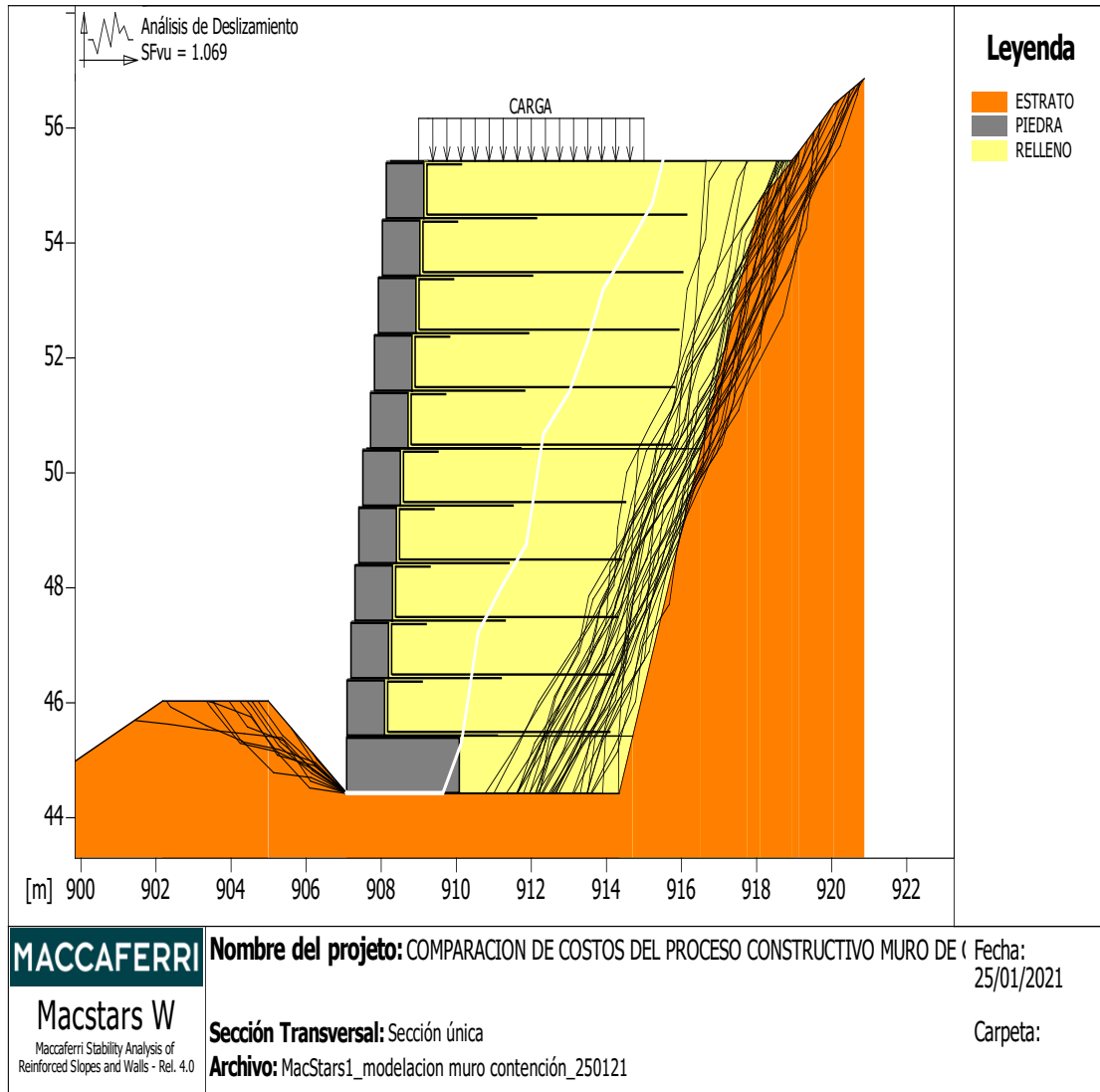
Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Figura 18. **Análisis de Estabilidad interna SF= 1.706**



Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Figura 19. **Análisis de Deslizamiento**



Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.



## 4.2. Diseño de gavión tipo caja con software

A continuación, se presenta un resultado de estudio de suelos el cual fue procesado en el programa MacStars W – Rel. 4,0, Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls (Análisis de Estabilidad de muros con pendiente, Maccaferri).

### 4.2.1. Parámetros de las propiedades mecánicas del suelo

En las siguientes tablas se presentan los parámetros de las propiedades mecánicas del suelo.

Tabla VII. **Arena limo arcillosa**

No.	DESCRIPCION	UNIDAD	MEDIDA
1	Cohesión	kN/m <sup>2</sup>	4,90
2	Ángulo de Fricción	Grados	36,00
3	Valor de Ru		0,00
4	Peso unitario – Natural	kN/m <sup>3</sup>	17,35
5	Peso unitario – Saturado	kN/m <sup>3</sup>	17,35
6	Módulo Elástico	kN/m <sup>2</sup>	0,00
7	Módulo de Poisson		0,30

Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Tabla VIII. **Piedra para malla doble torsión**

<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MEDIDA</b>
1	Cohesión	kN/m <sup>2</sup>	10,00
2	Ángulo de Fricción	Grados	40,00
3	Valor de Ru		0,00
4	Peso unitario – Natural	kN/m <sup>3</sup>	26,00
5	Peso unitario – Saturado	kN/m <sup>3</sup>	26,00
6	Módulo Elástico	kN/m <sup>2</sup>	0,00
7	Módulo de Poisson		0,30

Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Tabla IX. **Relleno estructural**

<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MEDIDA</b>
1	Cohesión	kN/m <sup>2</sup>	0,00
2	Ángulo de Fricción	Grados	26,00
3	Valor de Ru		0,00
4	Peso unitario – Natural	kN/m <sup>3</sup>	18,00
5	Peso unitario – Saturado	kN/m <sup>3</sup>	18,00
6	Módulo Elástico	kN/m <sup>2</sup>	0,00
7	Módulo de Poisson		0,30

Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Tabla X. **Carga distribuida (carga sobre muro)**

<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MEDIDA</b>
1	Intensidad	kN/m <sup>2</sup>	10,00
2	Inclinación	Grados	0,00
3	Abscisa inicial	m	909,00
4	Abscisa final	m	915,00

Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Tabla XI. **Efectos sísmicos**

<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MEDIDA</b>
1	Aceleración horizontal	m/s <sup>2</sup>	1,96
2	Aceleración vertical	m/s <sup>2</sup>	0,98

Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

#### **4.2.2. Propiedades de los refuerzos utilizados**

A continuación, se tiene los parámetros de los refuerzos utilizados en la construcción de muros con gavión tipo caja.

Tabla XII. **Propiedades de los refuerzos**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>ALTURA (H)</b>	<b>ANCHO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MEDIDA</b>
Gaviones	1	1	m	
Resistencia a la Tracción			kN/m	50,00
Tasa de deformación plástica				2,00
Coefficiente de deformación elástica			m <sup>3</sup> /kN	1,10e-04
Rigidez del refuerzo			kN/m	500,00
Largo de anclaje Mínimo			m	0,15
Factor de seg, contra la rotura (grava)				1,43
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena limosa)				1,15
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arcilla arenosa)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo				0,30
Coefficiente de interacción refuerzo-grava				0,90
Coefficiente de interacción refuerzo-arena				0,65
Coefficiente de interacción refuerzo-limo				0,50
Coefficiente de interacción refuerzo-arcilla				0,30

Continuación tabla XII.

Gaviones	1	1,50	m	
Resistencia a la Tracción			kN/m	50,00
Tasa de deformación plástica				2,00
Coefficiente de deformación elástica			m <sup>3</sup> /kN	1,10e-04
Rigidez del refuerzo			kN/m	500,00
Largo de anclaje Mínimo			m	0,15
Factor de seg, contra la rotura (grava)				1,43
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena limosa)				1,15
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arcilla arenosa)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo				0,30
Coefficiente de interacción refuerzo-grava				0,90
Coefficiente de interacción refuerzo-arena				0,65
Coefficiente de interacción refuerzo-limo				0,50
Coefficiente de interacción refuerzo-arcilla				0,30

Continuación tabla XII.

Gaviones	1	2,00	m	
Resistencia a la Tracción			kN/m	50,00
Tasa de deformación plástica				2,00
Coeficiente de deformación elástica			m <sup>3</sup> /kN	1,10e-04
Rigidez del refuerzo			kN/m	500,00
Largo de anclaje Mínimo			m	0,15
Factor de seg, contra la rotura (grava)				1,43
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena limosa)				1,15
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arcilla arenosa)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo				0,30
Coeficiente de interacción refuerzo-grava				0,90
Coeficiente de interacción refuerzo-arena				0,65
Coeficiente de interacción refuerzo-limo				0,50
Coeficiente de interacción refuerzo-arcilla				0,30

Continuación tabla XII.

Gaviones	1	2,50	m	
Resistencia a la Tracción			kN/m	50,00
Tasa de deformación plástica				2,00
Coefficiente de deformación elástica			m <sup>3</sup> /kN	1,10e-04
Rigidez del refuerzo			kN/m	500,00
Largo de anclaje Mínimo			m	0,15
Factor de seg, contra la rotura (grava)				1,43
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena limosa)				1,15
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arcilla arenosa)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo				0,30
Coefficiente de interacción refuerzo-grava				0,90
Coefficiente de interacción refuerzo-arena				0,65
Coefficiente de interacción refuerzo-limo				0,50
Coefficiente de interacción refuerzo-arcilla				0,30

Continuación tabla XII.

Gaviones	1	3,00	m	
Resistencia a la Tracción			kN/m	50,00
Tasa de deformación plástica				2,00
Coefficiente de deformación elástica			m <sup>3</sup> /kN	1,10e-04
Rigidez del refuerzo			kN/m	500,00
Largo de anclaje Mínimo			m	0,15
Factor de seg, contra la rotura (grava)				1,43
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena limosa)				1,15
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arcilla arenosa)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo				0,30
Coefficiente de interacción refuerzo-grava				0,90
Coefficiente de interacción refuerzo-arena				0,65
Coefficiente de interacción refuerzo-limo				0,50
Coefficiente de interacción refuerzo-arcilla				0,30



Continuación tabla XII.

Gaviones	1	3,50	m	
Resistencia a la Tracción			kN/m	50,00
Tasa de deformación plástica				2,00
Coefficiente de deformación elástica			m <sup>3</sup> /kN	1,10e-04
Rigidez del refuerzo			kN/m	500,00
Largo de anclaje Mínimo			m	0,15
Factor de seg, contra la rotura (grava)				1,43
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena limosa)				1,15
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arcilla arenosa)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo				0,30
Coefficiente de interacción refuerzo-grava				0,90
Coefficiente de interacción refuerzo-arena				0,65
Coefficiente de interacción refuerzo-limo				0,50
Coefficiente de interacción refuerzo-arcilla				0,30

Continuación tabla XII.

Gaviones	1	4,00	m	
Resistencia a la Tracción			kN/m	50,00
Tasa de deformación plástica				2,00
Coefficiente de deformación elástica			m <sup>3</sup> /kN	1,10e-04
Rigidez del refuerzo			kN/m	500,00
Largo de anclaje Mínimo			m	0,15
Factor de seg, contra la rotura (grava)				1,43
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena limosa)				1,15
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arcilla arenosa)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo				0,30
Coefficiente de interacción refuerzo-grava				0,90
Coefficiente de interacción refuerzo-arena				0,65
Coefficiente de interacción refuerzo-limo				0,50
Coefficiente de interacción refuerzo-arcilla				0,30

Continuación tabla XII.

Gaviones	1	4,50	m	
Resistencia a la Tracción			kN/m	50,00
Tasa de deformación plástica				2,00
Coeficiente de deformación elástica			m <sup>3</sup> /kN	1,10e-04
Rigidez del refuerzo			kN/m	500,00
Largo de anclaje Mínimo			m	0,15
Factor de seg, contra la rotura (grava)				1,43
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena limosa)				1,15
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arcilla arenosa)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo				0,30
Coeficiente de interacción refuerzo-grava				0,90
Coeficiente de interacción refuerzo-arena				0,65
Coeficiente de interacción refuerzo-limo				0,50
Coeficiente de interacción refuerzo-arcilla				0,30

Continuación tabla XII.

Gaviones	1	5,00	m	
Resistencia a la Tracción			kN/m	50,00
Tasa de deformación plástica				2,00
Coeficiente de deformación elástica			m <sup>3</sup> /kN	1,10e-04
Rigidez del refuerzo			kN/m	500,00
Largo de anclaje Mínimo			m	0,15
Factor de seg, contra la rotura (grava)				1,43
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena limosa)				1,15
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arcilla arenosa)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo				0,30
Coeficiente de interacción refuerzo-grava				0,90
Coeficiente de interacción refuerzo-arena				0,65
Coeficiente de interacción refuerzo-limo				0,50
Coeficiente de interacción refuerzo-arcilla				0,30

Continuación tabla XII.

Gaviones	1	5,50	m	
Resistencia a la Tracción			kN/m	50,00
Tasa de deformación plástica				2,00
Coefficiente de deformación elástica			m <sup>3</sup> /kN	1,10e-04
Rigidez del refuerzo			kN/m	500,00
Largo de anclaje Mínimo			m	0,15
Factor de seg, contra la rotura (grava)				1,43
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena limosa)				1,15
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arcilla arenosa)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo				0,30
Coefficiente de interacción refuerzo-grava				0,90
Coefficiente de interacción refuerzo-arena				0,65
Coefficiente de interacción refuerzo-limo				0,50
Coefficiente de interacción refuerzo-arcilla				0,30

Continuación tabla XII.

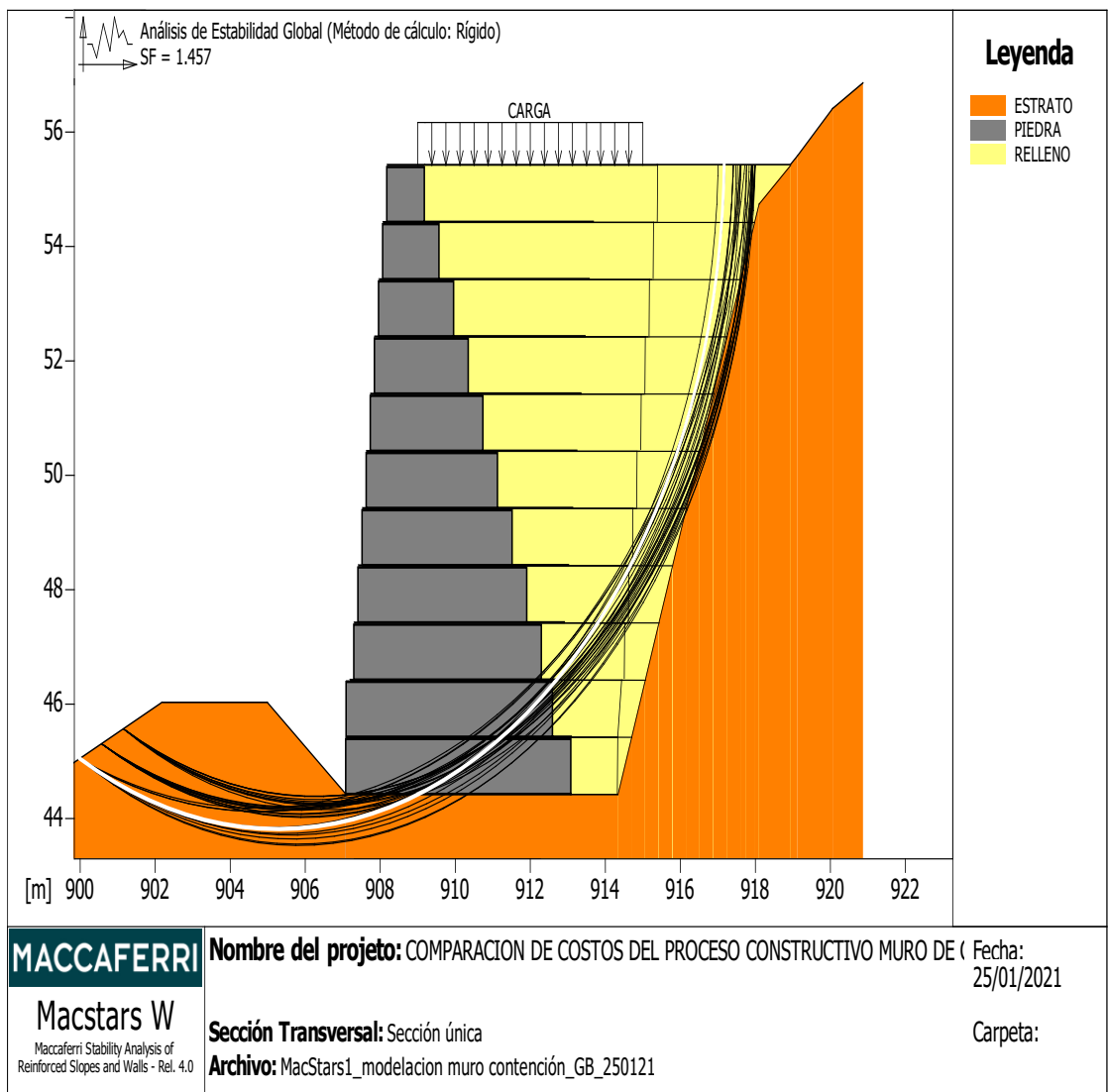
Gaviones	1	6,00	m	
Resistencia a la Tracción			kN/m	50,00
Tasa de deformación plástica				2,00
Coefficiente de deformación elástica			m <sup>3</sup> /kN	1,10e-04
Rigidez del refuerzo			kN/m	500,00
Largo de anclaje Mínimo			m	0,15
Factor de seg, contra la rotura (grava)				1,43
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arena limosa)				1,15
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de seg, contra la rotura (arcilla arenosa)				1,24
Factor de seg, contra el arrancamiento (Pull-out)				1,00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo				0,30
Coefficiente de interacción refuerzo-grava				0,90
Coefficiente de interacción refuerzo-arena				0,65
Coefficiente de interacción refuerzo-limo				0,50
Coefficiente de interacción refuerzo-arcilla				0,30

Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

### 4.2.3. Resultados del Gavión tipo caja

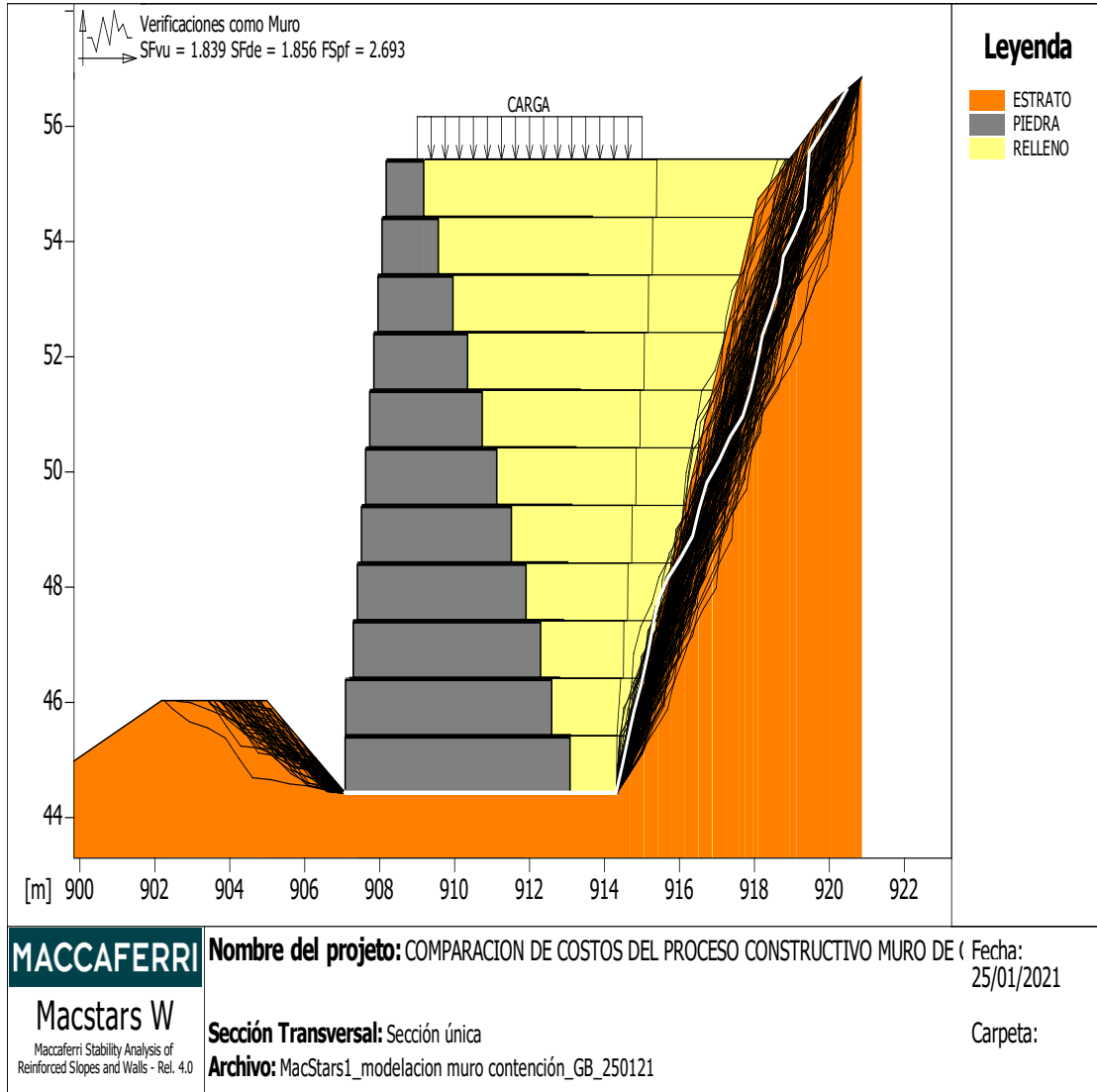
A continuación, se presenta las siguientes graficas con los diferentes tipos de análisis de un talud no reforzado.

Figura 20. Verificación de Estabilidad Global



Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

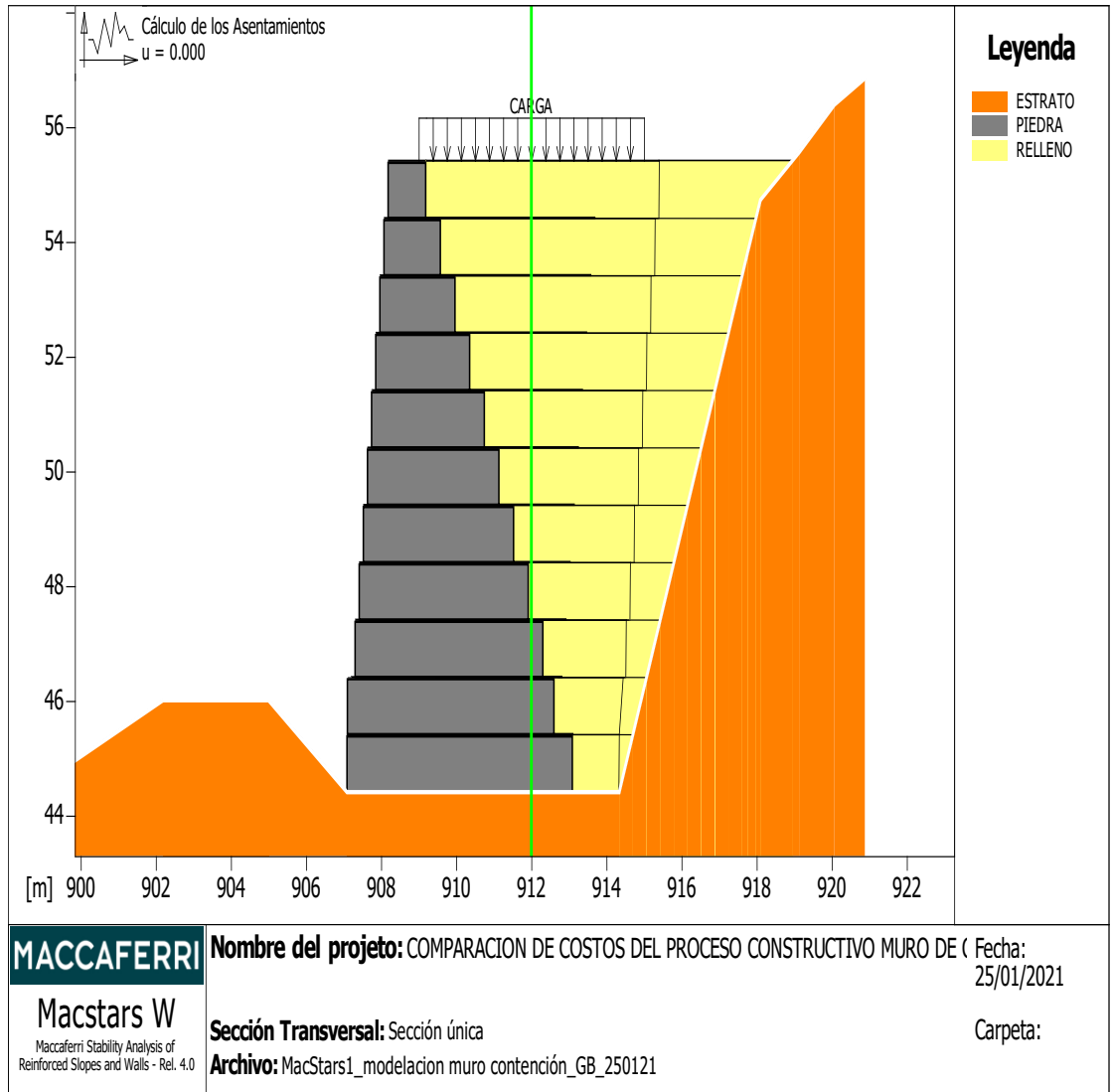
Figura 21. Verificación como Muro a gravedad



Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

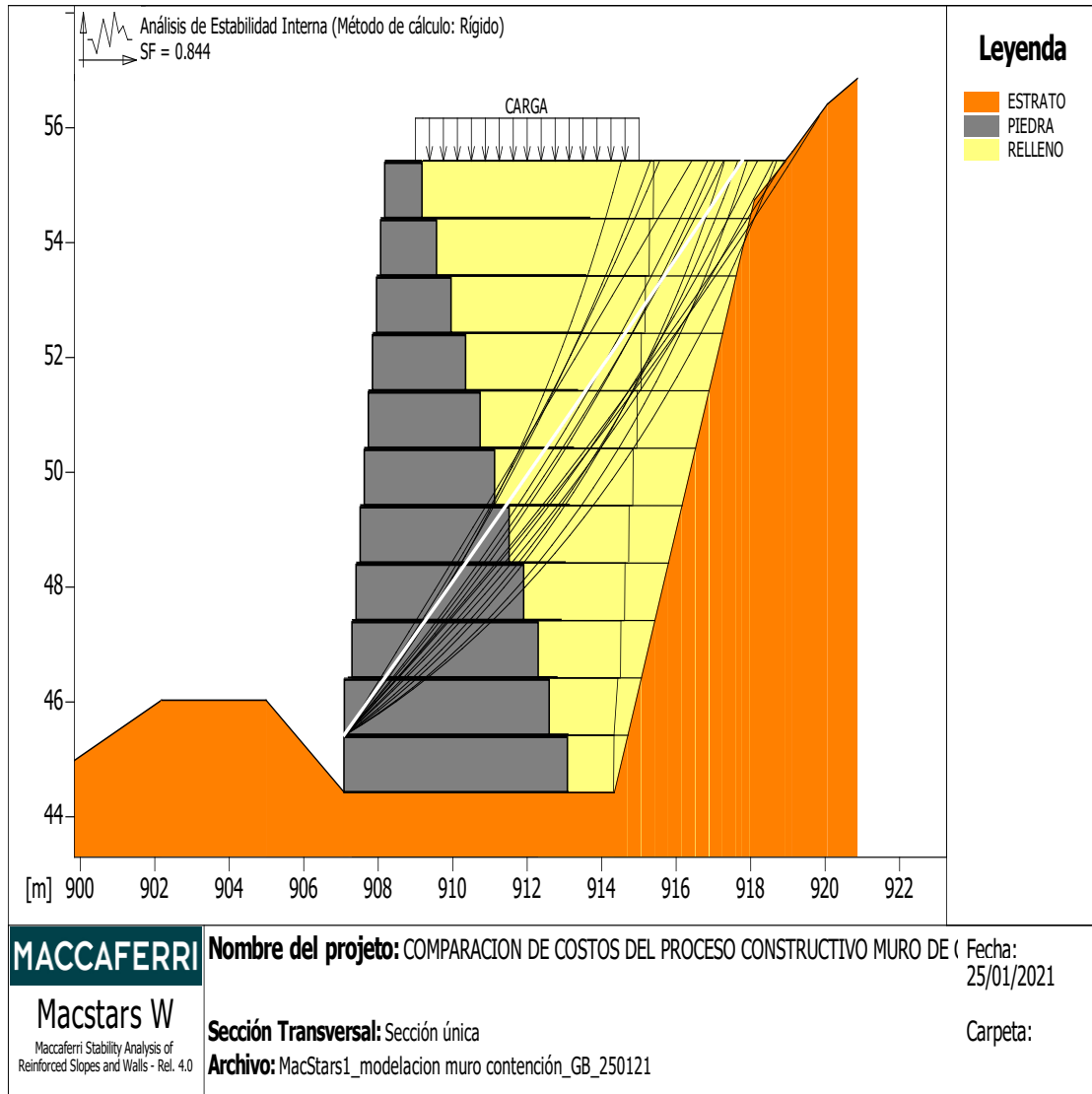


Figura 22. **Análisis de los asentamientos**



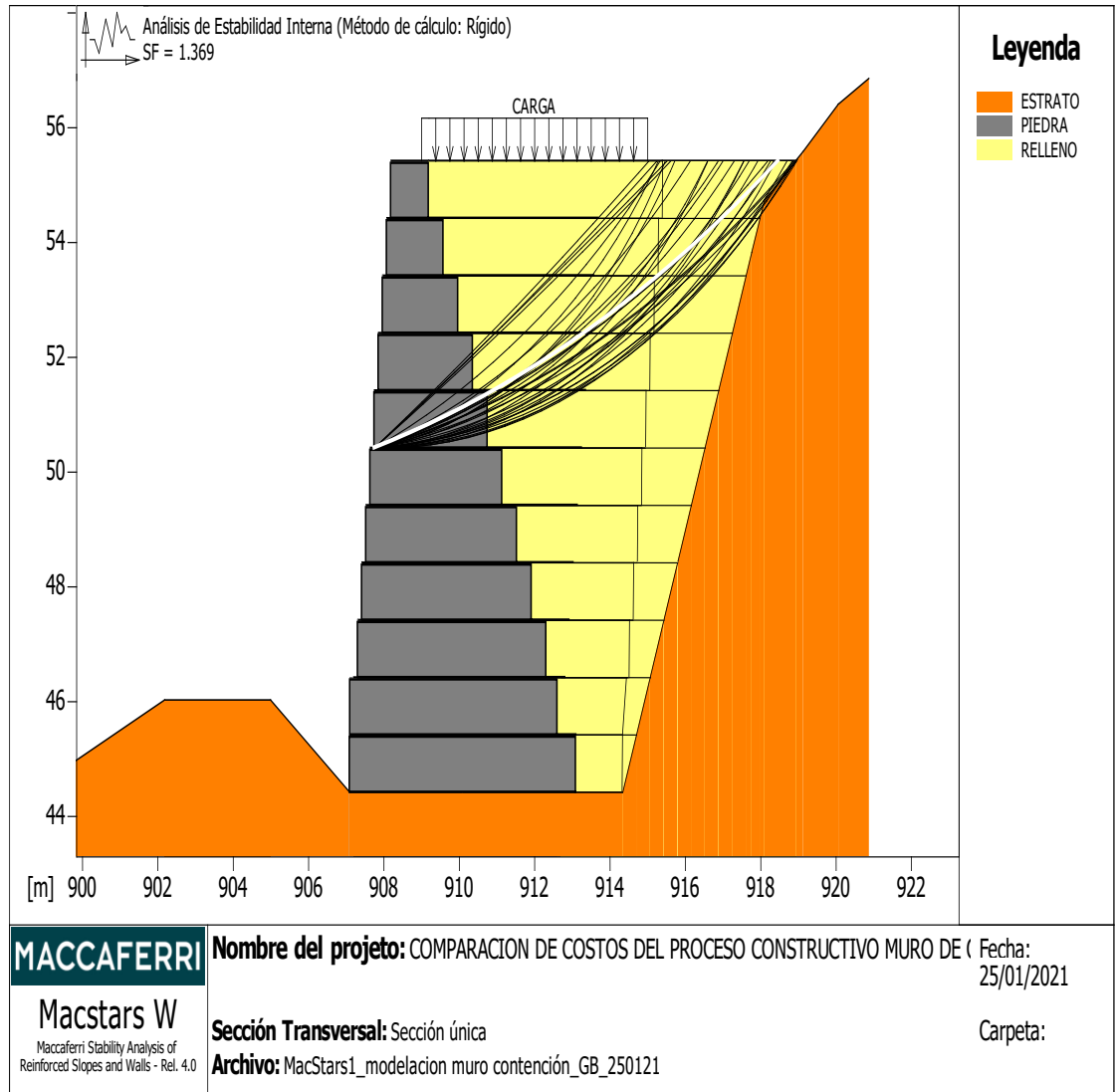
Fuente: elaboración propia, Macstars W.

Figura 23. **Análisis de estabilidad interna con SF= 0.844**



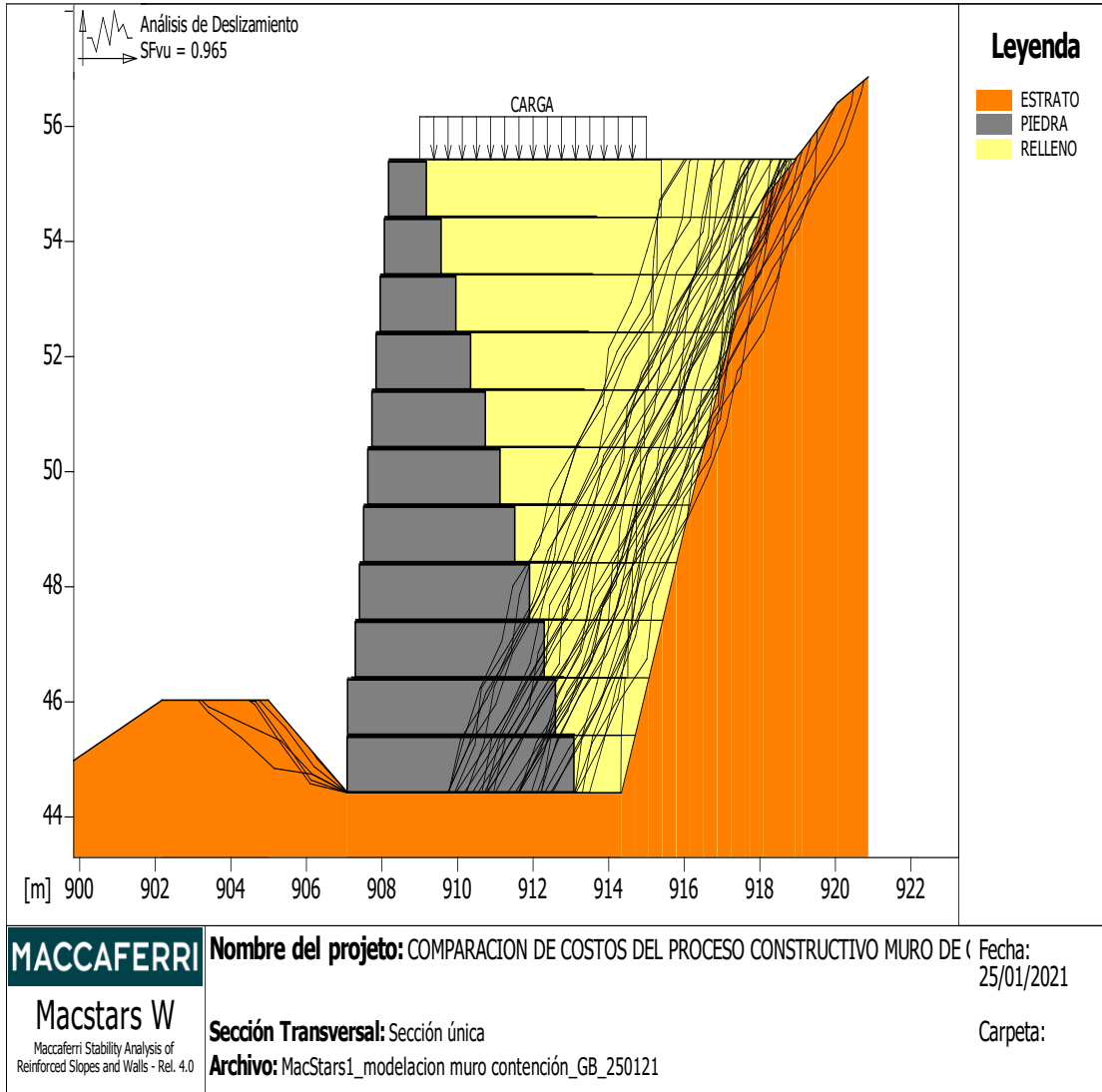
Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Figura 24. **Análisis de estabilidad interna con SF= 1.369**



Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

Figura 25. **Análisis de Deslizamiento.**



Fuente: elaboración propia, empleando Macstars W.

### **4.3. Especificaciones técnicas de los materiales**

Las especificaciones técnicas de estos dos sistemas se basan en conocer las propiedades físicas y mecánicas de cada uno de ellos tales como el peso, medidas y el diámetro del alambre; tamaño y resistencia de las piedras, y como también las características del geotextil no tejido.

La malla es el material más utilizado en estos dos sistemas y debe tener las características importantes que cumplen con los siguientes:

- Elevada resistencia contra la corrosión
- Elevada resistencia mecánica
- Buena flexibilidad de instalación.
- Facilidad de instalación.
- Que no se desteje fácilmente la malla.

La resistencia a la corrosión como protector del material metálico, siendo este parte de la estructura del Terramesh System y del gavión tipo caja, como aspecto importante, también la flexibilidad como para dar la forma intencional de las cajas ajustándose al terreno natural y la resistencia mecánica ajustándose a los cambios, fuerzas e inclemencias que vaya a soportar.

#### **4.3.1. Terramesh System**

Este sistema es un elemento que está constituido por un solo paño de malla que forma la tapadera, la parte frontal, la base del elemento y la cola con la cual cumple su función de refuerzo (figura 26). Las partes más importantes del elemento es la forma en que el panel posterior y los laterales están formados por una sola pieza de paño de red. El funcionamiento del Terramesh System es un sistema que funciona en suelo reforzado formado por una caja de un metro de espesor, en forma de gavión caja y llenado en el sitio donde se esté realizando la obra con piedras. Y la parte más importante de este sistema es el panel de anclaje que interactúa con el material de relleno estructural, y la continuidad de anclaje con

la caja garantiza todo el elemento y como resultado la resistencia a la tracción. Elementos de Terramesh System están confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo de aberturas de 8x10 según ASTM 975-97, a partir de alambres de acero BCC bajo el contenido de carbono con un revestimiento de aleación de zinc con un contenido del 5 % de aluminio de acuerdo a ASTM 856-98, el diámetro final que debe de tener es de 2,7 mm, con un recubrimiento de PVC gris, su espesor mínimo debe ser de 0,40 mm según ASTM 975-97. Los elementos del Terramesh System son formados a partir de un único paño de red que garantiza la continuidad estructural entre el paramento frontal y el panel de anclaje. Son acompañados de diafragmas, contruidos con malla de las mismas características, que deben ser fijados a cada metro durante su ensamblaje y de alambre, del mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2,2 mm y en la proporción del 5 % sobre su peso<sup>29</sup>.

La caja que forma el Terramesh System debe ser dividida por dos celdas formando un diafragma entre las mismas que su amarre se realizara en el momento de la construcción de la obra.

El lado inferior del panel de la parte posterior es decir la parte frontal de la caja debe llevar un cosido al paño de la base, que es realizada en el proceso de la fabricación, con un espiral de alambre que tiene la siguiente medida de diámetro de 2,0 mm.

---

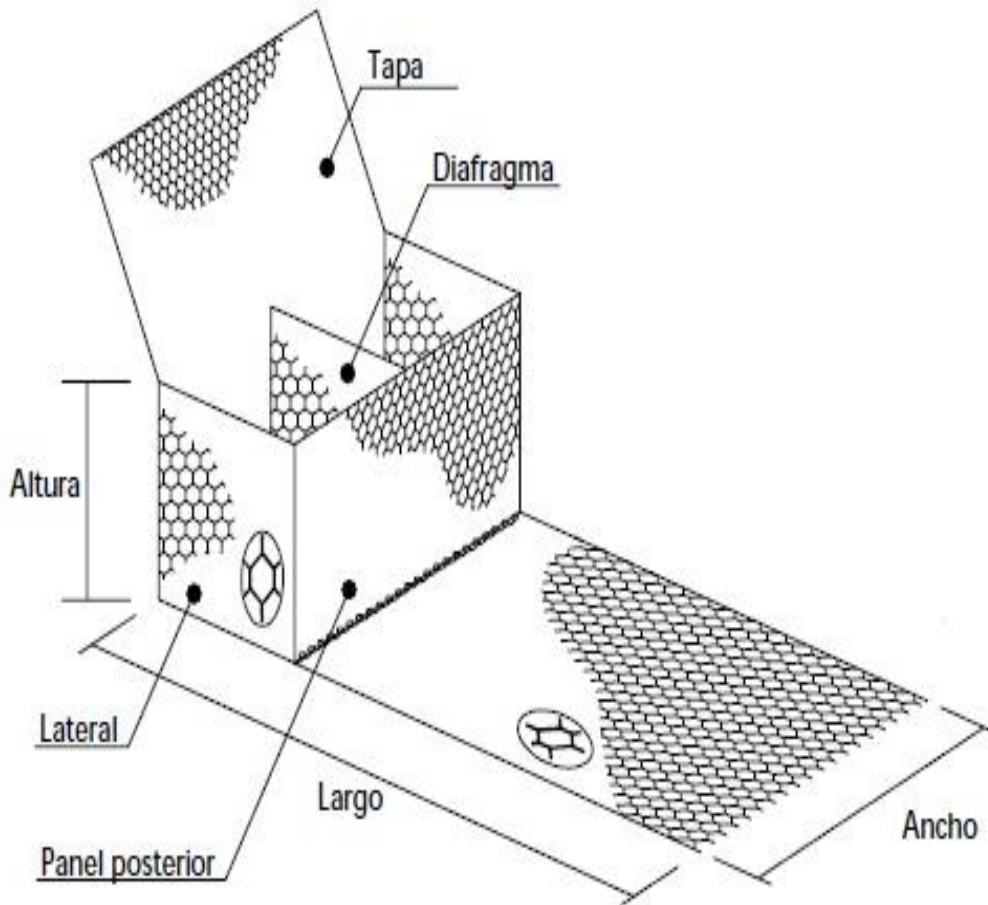
<sup>29</sup> MACCAFERRI. *Especificaciones técnicas terramesh system*. p. 1.

Tabla XIII. **Dimensiones estándar del Terramesh System**

<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>	<b>Unidad</b>
Largo	4,00 – 6,00	m
Ancho	2,00	m
Altura	1,00	m
Lateral	1,00	m

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 26. Partes del Terramesh System



Fuente: MACCAFERRI, *especificaciones técnicas terramesh system*. p. 1.

La caja del sistema en la parte frontal es dividida en dos celdas por un diafragma que deberá ser amarrado durante la construcción del proyecto.



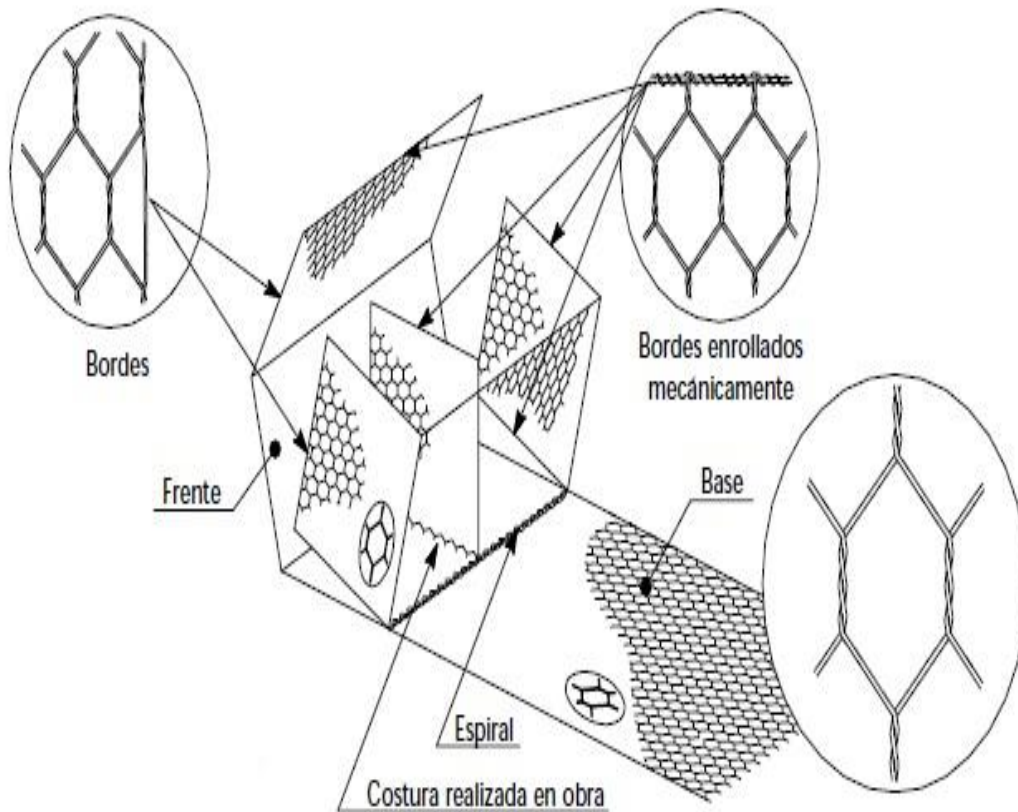
Tabla XIV. **Diámetros que forma el Terramesh System**

DESCRIPCION	DIAMETRO	RECUBRIMIENTO PLASTICO	UNIDAD
Red	2,7		mm
Bordes enrollados mecánicamente	3,4		mm
Terramesh System	2,0		mm
Amarre y atiramiento	2,2		mm
Espesor Mínimo		0,40	mm

Fuente: elaboracion propia, empleando Excel.

La elongación del alambre no deberá ser menor al 12 %. El paño de malla que conforma el elemento de este sistema es de malla hexagonal a doble torsión, estas torsiones están entrelazadas por dos medios giros y de esta forma mantiene la firmeza de destejer por alguna rotura accidental de los alambres que la conforman el sistema. Como parte de la garantía del material tiene muchas ventajas de protección contra la corrosión, debido a los ataques del suelo, agua, agentes atmosféricos y todo esto es mediante un revestimiento adicional que es el Galfan y PVC, finalmente proporciona seguridad al usuario.

Figura 27. **Detalles de las partes del Terramesh System**



Fuente: MACCAFERRI. *Especificaciones técnicas terramesh system*. p.1.

#### 4.3.2. **Gavión tipo caja**

Gaviones marca Maccaferri tipo caja confeccionada en malla hexagonal de doble torsión, tipo 8x10 basándose en la norma ASTM 975-97, a partir de alambres de acero BCC (Bajo contenido de carbono) fuertemente galvanizado, en el diámetro de 2,70 mm. Los gaviones tipo caja presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación y son acompañados del alambre del mismo tipo, para las operaciones de amarre y bordes, con diámetro de 2,20 mm y en la proporción de 8 % sobre el peso de los gaviones con un metro de altura y de 6 % para los de 0,50 m de altura<sup>30</sup>.

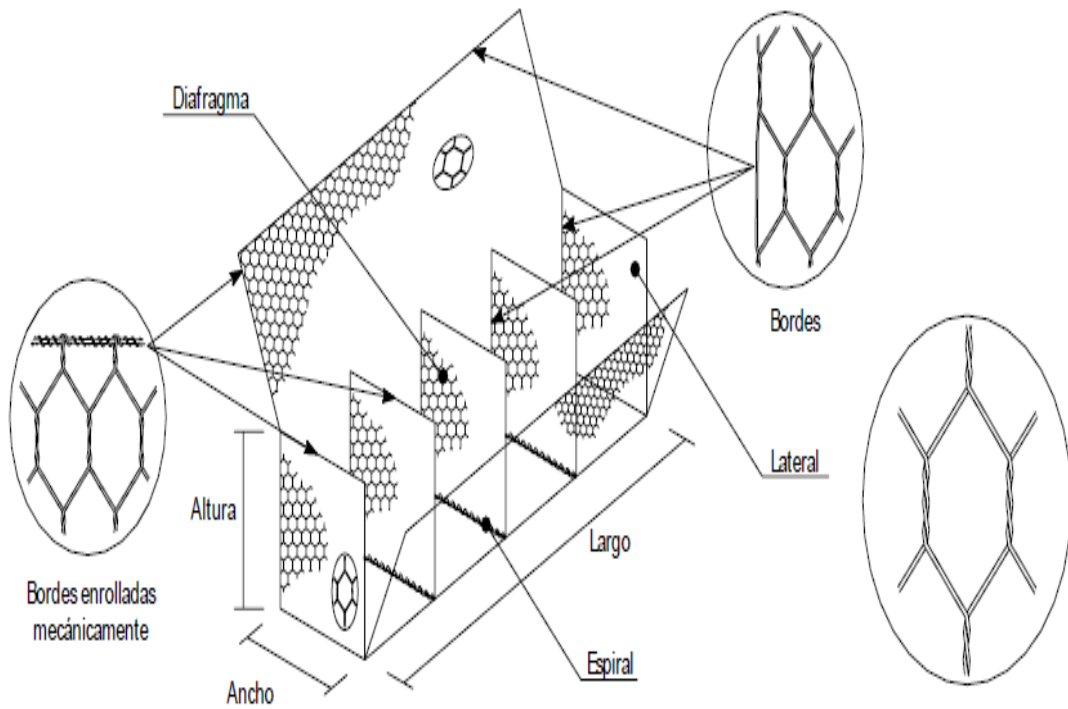
<sup>30</sup> MACCAFERRI. *Especificaciones técnicas gavion caja*. p. 1. 2010)

Tabla XV. Dimensiones estándar de gavión tipo caja

<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>	<b>Unidad</b>
Largo	2,00 – 4,00	m
Ancho	1,00 – 1,50	m
Altura	1,00	m

Fuente: elaboracion propia, empleando Excel.

Figura 28. **Detalles de gavión tipo caja**



Fuente: MACAFERRI. *Especificaciones técnicas gavión caja*. p. 1.

Tabla XVI. **Diámetros que forma el gavión tipo caja**

DESCRIPCION	DIAMETRO	UNIDAD
Red	2,7	mm
Bordes enrollados mecánicamente	3,4	mm
Gavión caja	2,2	mm
Amarre y atiramiento	2,2	mm

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

### **4.3.3. Alambre de amarre**

Todo alambre que se utiliza en la fabricación del Terramesh System y en las operaciones de amarre y atiramiento durante su construcción, debe ser de acero dulce recocido de acuerdo a las especificaciones NBR 8964, ASTM A641M-98 y NB 709-00, deberá tener una tensión de ruptura media de 38 a 48 kg/mm<sup>2</sup><sup>31</sup>.

Para ambos sistemas el alambre debe de tener un diámetro de 2,2 milímetros.

### **4.3.4. Geotextil no tejido**

Geotextil no tejido, MacTex N 40,1 agujado producido con hilos de polipropileno, debe tener una resistencia de tracción ASTM D4632 de 580N, con flujo de agua ASTM D4491 de 6,11 Lts/minxm<sup>2</sup> y una permeabilidad normal de acuerdo a ASTM D4491 de 0,42 m/s<sup>32</sup>.

### **4.3.5. Piedra**

La piedra utilizada para el llenado de las cajas de malla de Terramesh System y gavión tipo caja, se considera como propiedades mecánicas la calidad, densa, tenaz, sana esto quiere decir que esté libre de grietas y sustancias extrañas o químicas que puede afectar la estabilidad del bloque que conforma el proyecto en ejecución y la vida útil del mismo.

El tamaño de las piedras debe ser lo más regular posible de tal manera que la persona que este instalando no le afecte el peso, es por ello que las medidas contempladas deben ser mayores que las aberturas de la malla o el doble. También el tamaño de las piedras se recomienda que esté en un parámetro de 15 centímetros a 30 centímetros. Con el objetivo de darle

---

<sup>31</sup> MACCAFERRI. *Especificaciones técnicas gavion caja*. p. 1.

<sup>32</sup> DIRECCION GENERAL DE CAMINOS. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Sección 211.03 a.

estabilidad a la estructura y una buena presentación visual como parte de la estética.

Bajo la dirección del profesional que está a cargo de la obra, el personal que está en el sitio debe tomar en cuenta la selección de las piedras, lo cual indica buscar algunos de sus lados que sean planas principalmente en las caras o laterales de las cajas de malla para darle un acabado uniforme.

## **5. COMPARACION DEL COSTO DE LA CONSTRUCCION DE UN MURO CON TERRAMESH SYSTEM Y GAVION TIPO CAJA**

### **5.1. Presupuesto**

Es el conjunto de costos que sirve para la elaboración de un proyecto, ya que surge de la derivación de los renglones en donde se especifican las actividades a realizar, tomando en cuenta los materiales y procesos constructivos. De esta manera se identifican los costos de materiales y mano de obra determinados por la cantidad de materiales en base a dimensiones lineales, superficie o volumen en planos, su costo unitario y la unidad dentro de los renglones de trabajo necesarios.

El cálculo de esta actividad nos da una formulación anticipada de los gastos a realizar, en una acción dirigida a cumplir la obra en términos financieros.

Los renglones de trabajo son las actividades que componen los procesos o etapas dentro del desarrollo de la ejecución.

En la realización del presupuesto es realizado en base a los planos definidos de la obra, los costos de material y mano de obra del mismo.

#### **5.1.1. Presupuesto con Terramesh System.**

A continuación, se presentan los renglones de trabajo para el sistema Terramesh System.

Tabla XVII. **Presupuesto con Terramesh System**

No.	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	COSTO UNITARIO Q.	COSTO TOTAL Q.
<b>1</b>	<b>Trabajos preliminares</b>				
1.1	Trazo y replanteo topográfico	72	m2	Q20,00	Q1 440,00
1.2	Excavación de base Muro	252	m3	Q80,00	Q20 160,00
1.3	Colocación y conformación de base de material selecto	72	m2	Q30,00	Q2 160,00
1.4	Compactación de la base	72	m2	Q30,00	Q2 160,00
	<b>Total de Trabajos Preliminares</b>				<b>Q25 920,00</b>
<b>2</b>	<b>Muro Terramesh System</b>				
2.1	Suministro e instalación del Terramesh con piedra bola.	156	m3	Q774,00	Q120 744,00
2.2	Suministro de relleno estructural compactado de material selecto	1052	m3	Q135,00	Q142 020,00
	<b>Total de Trabajos Preliminares</b>				<b>Q262 764,00</b>
	<b>TOTAL GENERAL</b>				<b>Q288 684,00</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

### 5.1.2. Presupuesto con Gavión tipo caja.

A continuación, se presentan los renglones de trabajo del muro con gavión tipo caja.



Tabla XVIII. Presupuesto con Gavión tipo caja

No.	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	COSTO UNITARIO Q.	COSTO TOTAL Q.
<b>1</b>	<b>Trabajos preliminares</b>				
1.1	Trazo y replanteo topográfico	72	m2	Q20,00	Q1 440,00
1.2	Excavación de base Muro	252	m3	Q80,00	Q20 160,00
1.3	Colocación y conformación de base de material selecto	72	m2	Q30,00	Q2 160,00
1.4	Compactación de la base	72	m2	Q30,00	Q2 160,00
	<b>Total de Trabajos Preliminares</b>				<b>Q25 920,00</b>
<b>2</b>	<b>Muro Gavión tipo caja</b>				
2.1	Suministro e instalación del Gavión con piedra bola.	462	m3	Q608,00	Q280 896,00
2.2	Suministro de relleno estructural compactado de material selecto	639	m3	Q135,00	Q86 265,00
	<b>Total de Trabajos Preliminares</b>				<b>Q367 161,00</b>
	<b>TOTAL GENERAL</b>				<b>Q393 081,00</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

### 5.1.3. Comparación de Costos

Se utilizó la tabla XVII y XVIII para poder analizar los resultados que a continuación se presenta.

En el cálculo de los dos presupuestos se consideró una longitud de 12 metros lineales, contemplando la misma sección volumétrica del terraplén. En ambos sistemas tal como se muestra en las figuras 14 y 20 considerándose la misma altura y ancho a estabilizar; en las tablas mencionadas se pudo observar que el Terramesh System con respecto con el sistema de Gavión tipo caja hay una diferencia del 36 % más económica. En base a las tablas anteriores se puede observar los costos reales de la obra de dos sistemas diferentes y como

objetivo del trabajo de graduación es obtener ventajas que minimicen costos financieros.

Debido a la cantidad de cajas de gavión que forma el bloque, se elevan los costos a comparación del Terramesh System, nos indican que el sistema es viable por la significativa reducción de costos y tiempo de ejecución.

#### **5.1.4. Cronograma**

El cronograma tiene como fin describir cada etapa de trabajo y el tiempo en el cual se debe llevar a cabo dicha actividad. También es una herramienta muy importante que permite armar toda la planificación del proyecto. Nos permite un estimado de tiempo de cada proceso de trabajo y un control de las actividades en base al tiempo asignado para cada una de las mismas, esto nos da una visión clara de cada fase en desarrollo de la obra.

##### **5.1.4.1. Terramesh System**

En la realización del Terramesh System se hizo una planificación de un mes con veintiún días de ejecución, trabajando cinco días y medio de la semana.

Figura 29. Cronograma Terramesh System

No.	DESCRIPCION	COSTO Q.	MES 01																																	
			L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI			
<b>1.00</b>	<b>Trabajos Preliminares</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
1.10	Trazo y replanteo topográfico	Q1 440,00	■	■																																
1.20	Excavacion de base Muro	Q2 0160,00			■	■	■																													
1.30	Colocacion y conformacion de base de material selecto	Q2 160,00							■	■	■																									
1.40	Compactacion de la base	Q2 160,00									■	■	■	■																						
<b>2.00</b>	<b>Muro Terramesh System</b>																																			
2.10	Suministro e instalacion del Terramesh con piedra bola.	Q120 744,00																																		
2.20	Suministro de relleno estructural compactado de material selecto	Q142 020,00																																		
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>Q288 684,00</b>																																		

Fuente: elaboracion propia, empleando Excel.

Figura 30. Cronograma Terramesh System

No.	DESCRIPCION	COSTO Q.	MES 02																																		
			J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI							
<b>1.00</b>	<b>Trabajos Preliminares</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28							
1.10	Trazo y replanteo topográfico	Q1 440,00																																			
1.20	Excavacion de base Muro	Q2 0160,00																																			
1.30	Colocacion y conformacion de base de material selecto	Q2 160,00																																			
1.40	Compactacion de la base	Q2 160,00																																			
<b>2.00</b>	<b>Muro Terramesh System</b>																																				
2.10	Suministro e instalacion del Terramesh con piedra bola.	Q120 744,00	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2.20	Suministro de relleno estructural compactado de material selecto	Q142 020,00	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>Q288 684,00</b>																																			

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

### 5.1.4.2. Gavión tipo caja

En la realización de los trabajos para el Gavión tipo caja se hizo una planificación de cuatro meses de ejecución, trabajando cinco días y medio de la semana.

Figura 31. Cronograma Gavión tipo caja

No.	DESCRIPCION	COSTO Q.	MES 01																																
			L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI		
<b>1.00</b>	<b>Trabajos Preliminares</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1.10	Trazo y replanteo topográfico	Q1 440,00	■	■																															
1.20	Excavación de base Muro	Q20 160,00			■	■	■																												
1.30	Colocación y conformación de base de material selecto	Q2 160,00						■	■	■																									
1.40	Compactación de la base	Q2 160,00								■	■	■	■																						
<b>2.00</b>	<b>Muro Gavión tipo caja</b>																																		
2.10	Suministro e instalación del Gavión con piedra bola.	Q280 896,00															■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2.20	Suministro de relleno estructural compactado de material selecto	Q86 265,00																																	
	<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>Q393 081,00</b>																																	

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 32. Cronograma Gavión tipo caja

No.	DESCRIPCION	COSTO Q.	MES 02																											
			J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI
<b>1.00</b>	<b>Trabajos Preliminares</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1.10	Trazo y replanteo topográfico	Q1 440,00																												
1.20	Excavación de base Muro	Q20 160,00																												
1.30	Colocación y conformación de base de material selecto	Q2 160,00																												
1.40	Compactación de la base	Q2 160,00																												
<b>2.00</b>	<b>Muro Gavión tipo caja</b>																													
2.10	Suministro e instalación del Gavión con piedra bola.	Q280 896,00																												
2.20	Suministro de relleno estructural compactado de material selecto	Q86 265,00																												
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>Q393 081,00</b>																												

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 33. Cronograma Gavión tipo caja

No.	DESCRIPCION	COSTO Q.	MES 03																														
			J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S
<b>1.00</b>	<b>Trabajos Preliminares</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1.10	Trazo y replanteo topográfico	Q1 440,00																															
1.20	Excavación de base Muro	Q20 160,00																															
1.30	Colocación y conformación de base de material selecto	Q2 160,00																															
1.40	Compactación de la base	Q2 160,00																															
<b>2.00</b>	<b>Muro Gavión tipo caja</b>																																
2.10	Suministro e instalación del Gavión con piedra bola.	Q280 896,00																															
2.20	Suministro de relleno estructural compactado de material selecto	Q86 265,00																															
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>Q393 081,00</b>																															

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Figura 34. Cronograma Gavión tipo caja

No.	DESCRIPCION	COSTO Q.	MES 04																													
			D	L	M	Mi	J	V	S	D	L	M	Mi	J	V	S	D	L	M	Mi	J	V	S	D	L	M	Mi	J	V	S	D	L
<b>1.00</b>	<b>Trabajos Preliminares</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1.10	Trazo y replanteo topográfico	Q1 440,00																														
1.20	Excavación de base Muro	Q20 160,00																														
1.30	Colocación y conformación de base de material selecto	Q2 160,00																														
1.40	Compactación de la base	Q2 160,00																														
<b>2.00</b>	<b>Muro Gavión tipo caja</b>																															
2.10	Suministro e instalación del Gavión con piedra bola.	Q280 896,00																														
2.20	Suministro de relleno estructural compactado de material selecto	Q86 265,00																														
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>Q393 081,00</b>																														

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

## 5.2. Resultados Esperados

A continuación, se analizan los resultados que se obtienen al utilizar el Terramesh System y gaviones tipo caja, que ambos métodos son para estabilizar taludes, contemplando las características del suelo y las condiciones generales de nuestro país.

### 5.2.1. Reducción de recursos.

De acuerdo al análisis y diseño estructural de un muro de contención usando Macstars, en lo que se refiere a materiales seleccionados que en este

caso son las cajas de malla galvanizada y la cantidad de piedras. Se determinó que al utilizar el Terramesh System la cantidad de materia prima a utilizar es menor a diferencia del sistema de gavión tipo caja. Ver tabla XVII y XVIII.

#### **5.2.1.1 Financieros.**

En lo que se refiere la reducción de recursos financieros se puede verificar en las tablas XVII y XVIII que hay una reducción considerable en la comparación de costos del Terramesh System y el gavión tipo caja, siendo el primero el más favorable con una diferencia de 36 % además de una significativa reducción de tiempo de 68 días, este sistema garantiza la resistencia y la estabilidad del muro de contención, no importando la pendiente del talud que al final es el objetivo de trabajo. Definitivamente la reducción del recurso financiero se visualiza luego del planteamiento de ambos sistemas y a la realización del elemento estructural.

Con este método constructivo del Terramesh System nos da la idea de ahorro, ya que es factible exclusivamente en proyectos de taludes de grandes alturas.

#### **5.2.1.2. Humanos**

La reducción de recursos humanos se puede contemplar que para llevar a cabo la instalación del Terramesh System se tomó en consideración que se necesita de 6 personas, mientras que para la realización del sistema de gavión tomando en cuenta la misma cantidad del personal incrementa un 235 por ciento de tiempo de mano de obra para llevar a cabo el proyecto a ejecutar.

### **5.2.1.3. Físicos**

En la reducción de recursos físicos se tiene una característica de suma importancia que dependiendo del tipo de suelo que existe en el sitio de donde se ejecutará el proyecto, se puede aprovechar la reutilización del suelo excavado en la cimentación o en la conformación de la base de ambos sistemas. Utilizando el material excavado con una mezcla de otros materiales para su propia estabilización, transformando sus propiedades físicas y mecánicas, que al final es uno de los objetivos del proceso.

### **5.2.1.4. Materiales.**

Dentro de los rubros de materiales se considera de suma importancia la maquinaria y el equipo necesario para llevar a cabo los dos tipos de sistemas de muro de contención.

En la instalación del Terramesh System es ligeramente más barato que el gavión tipo caja, esto se debe a que el sistema constructivo del gavión lleva mayor cantidad de metros cúbicos de piedra bola, como se puede observar en las gráficas anteriores de diseño Macstars de Maccaferri debido a que el sistema Terramesh tiene una sección uniforme desde su base hasta la corona del muro, no así el sistema tipo gavión que llevara mayor cantidad de material debido a que su base es mucho más amplia y no uniforme en su sección.

En cuanto al renglón del relleno estructural para el Terramesh System requiera más material que el sistema de gavión tipo caja.

Así mismo de todos los materiales necesarios son: la piedra bola, la malla y selecto para el relleno estructural los que generan la mayor inversión, ya que



los demás materiales requeridos como los alambres de amarre galvanizados y geotextil, tienen un costo bastante menor.

### **5.2.2. Reducción de tiempo.**

Aunque uno de los factores más importantes es el tiempo de ejecución ya que en las imágenes realizadas en Excel, donde representa el cronograma de actividades.

Al comparar las diferencias de los renglones de cada sistema constructivo se puede ver claramente que, para realizar los trabajos de gaviones tipo caja, por el tamaño del bloque a instalar, esto nos indica una mayor cantidad de cajas a rellenar de piedra bola, por lo tanto, esto implica más tiempo para la instalación del sistema.



## CONCLUSIONES

1. Se concluye a través del informe desarrollado la viabilidad económica y constructiva de un muro de contención con Terramesh System y Gavión Tipo Caja, el primero presenta ventajas significativas en recursos financieros, materiales y tiempo de ejecución, por lo tanto, la implementación de este sistema debe ser recomendable para la contención de pendientes o taludes donde se requiera.
2. En el análisis de estabilidad se puede apreciar ejemplos donde representa gráficamente los detalles desarrolladas a través del programa MacStars W – Rel. 4,0, Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls (Análisis de Estabilidad de muros con pendiente, Maccaferri), donde se puede observar una sección más angosta del sistema Terramesh con relleno estructural, no así el sistema de gavión tipo caja tradicional donde se muestra una base más extensa de igual manera con un relleno estructural de material selecto o material mezclado con algún aglomerante con una proporción relativamente baja, tomando en cuenta las fuerzas de deslizamiento y estabilizante, por lo que favorece con mayor estabilidad además del anclaje al suelo estabilizado y terreno natural el sistema Terramesh System respecto del gavión tipo caja.

Con el software se realizó el análisis de estabilidad global lo cual es de suma importancia porque se consideró un área con talud donde pueden provocar deslizamientos; en áreas donde los terrenos son planos no hay necesidad de realizar este análisis porque no se espera una falla de este tipo. También se realizó el análisis de estabilidad interna para determinar

los esfuerzos excesivos provocados por las cargas de empuje y las sobrecargas aplicadas, garantizando la seguridad contra el deslizamiento de las filas o camadas superiores sobre las inferiores.

3. Las ventajas en material relativamente es la disminución de material de piedra bola ya que la sección del sistema Terramesh System a partir de la base tiene una sección o perfil uniforme hasta la corona del muro, no así la base y desarrollo de un gavión tradicional tipo caja que es una base más extensa en reducción hasta la corona, empleándose más material, cumpliendo la misma base estructural del muro de contención.
4. Se concluye conociendo la importancia de los costos de los sistemas constructivos de muro de contención Terramesh System y Gavión tipo caja, en este se hace el análisis del primero ya que evidentemente el costo es menor que el gavión tipo caja en base a los cuadros anteriores de costos de cada uno siendo una diferencia de 36 % entre los sistemas constructivos este resultado sin duda es uno de los más importantes a considerar a la hora de hacer una elección sin sacrificar componentes estructurales importantísimos en la obra. Comparando los dos sistemas de muros de contención, teniendo las mismas alturas, longitud, el muro de Terramesh System resulto ser la mejor alternativa debido a su menor tiempo de ejecución, de tal manera que aumenta la eficiencia del proceso constructivo y además también de ser el más económico que el Gavión tipo caja.

## RECOMENDACIONES

1. Considerar que los materiales a utilizar sean del sitio tales como la piedra y el material del relleno estructural, para que no haya aumento de costos en los mismos.
2. Evitar la instalación de piedra bola o rocas cuya dimensión es menor a 10 cm en las caras externas del gavión o Terramesh System.
3. Armar el Terramesh System y el gavión tipo caja en el lugar donde se llevará acabo el proyecto, verificando el proceso de amarre como parte de la garantía y calidad.
4. Proporcionar una presentación agradable para los dos sistemas, tanto en lo visual y ambiental por lo que no hay necesidad de darle mantenimiento a la estructura.
5. Tomar en cuenta que los gaviones tipo caja son para pequeñas alturas y el Terramesh System es para taludes de grandes alturas.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BRAJA, Das. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 4a ed. México: International Thomson editores, 2001. 862 p.
2. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México: Limusa, 2004. 650 p.
3. DA SILVA DURAN, Jaime; SANTOS JUNIOR, Petrucio. *Estructuras en suelo reforzado con el sistema terramesh*. Departamento técnico de la Maccaferri America Latina. Brasil: Departamento técnico de la Maccaferri América Latina, 2005. 28 p.
4. Dirección General de Caminos, Ministerio de comunicaciones, infraestructura y vivienda. República de Guatemala. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: 2001. 807-10 p.
5. MACCAFERRI. *Especificaciones técnicas Gavión caja*. Brasil: 2010. 1 p.
6. \_\_\_\_\_. *Especificaciones técnicas terramesh system*. Brasil: 2008. 1 p.
7. \_\_\_\_\_. *Obras de Contención*. Brasil: 2008. 19 p.
8. \_\_\_\_\_. *Refuerzo y estabilización de suelos*. Brasil : 2010. 23 p.

9. MCCORMAC, Jack; BROWN, Russell. *Diseño de concreto reforzado*. 8a ed. México: Alfaomega, 2011. 710 p.
10. MONTEJO FONSECA, Alfonso. *Ingeniería de Pavimentos*. 2a ed. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2006. 612 p.
11. WIRSHING, James; WIRSHING, Roy. *Teoría y problemas de introducción a la topografía*. México: McGraw-Hill, 1987. 361 p.
12. WOLF, Paul; GHILANI, Charles. *Topografía*. 14a ed. México: Alfaomega, 2008. 936 p.

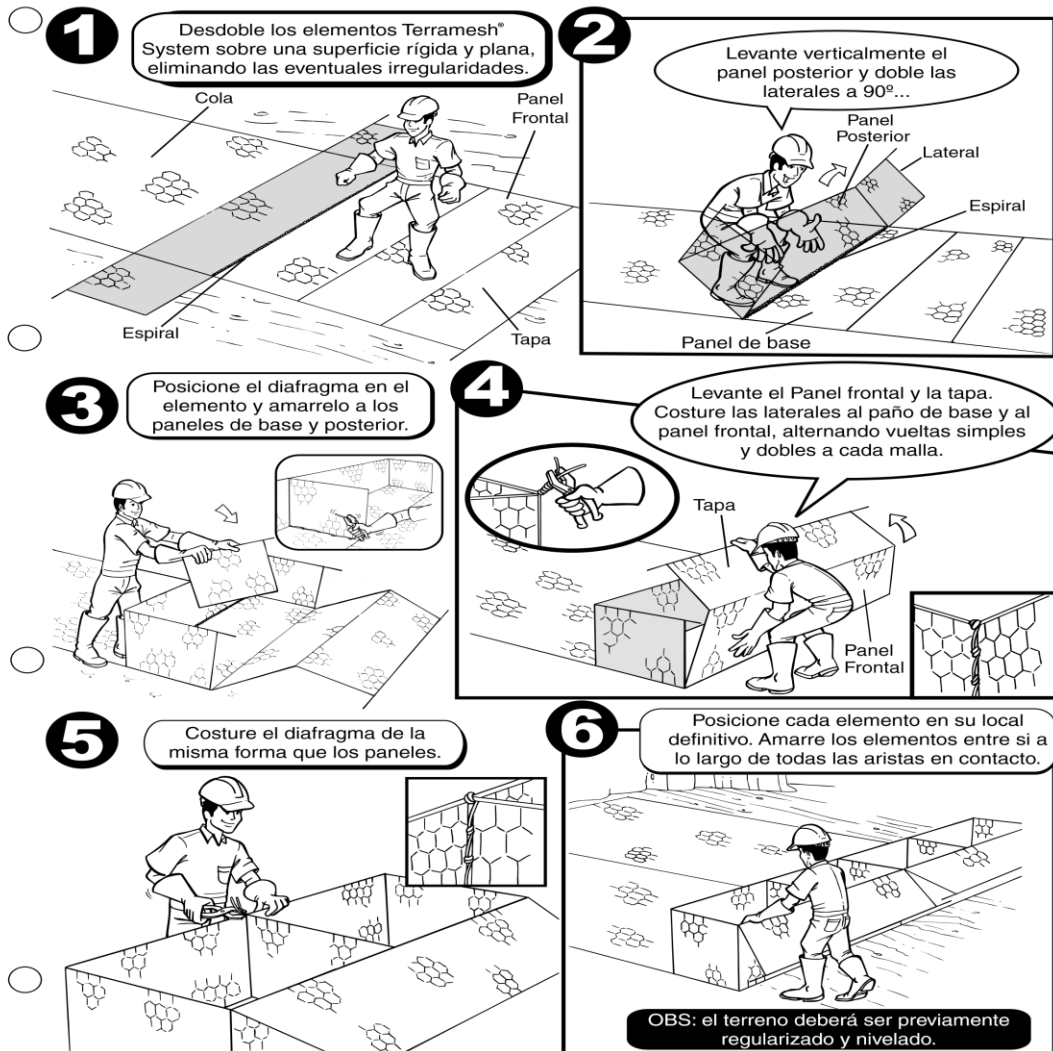


# ANEXO

## Anexo 1. Instalación de Terramesh System

### Como colocar el Terramesh® System

MACCAFERRI



Continuación anexo 1.

**7** **Llene en 3 etapas.**

1 Llène hasta 1/3 de la capacidad total

2 Coloque los tirantes y llene hasta 2/3 de la capacidad total

3 Coloque nuevamente los tirantes y acabe de llenar hasta 3 a 5cm por arriba de la altura del elemento

**8**

**RECUERDE**  
No llene un elemento sin que el siguiente esté parcialmente llenado.

**9** Doble la tapa y amárrela con el mismo tipo de costura.

Para obtener un buen acabado de paramento frontal, utilice un encofrado de madera.

**10** Para facilitar el lanzamiento del relleno, fije las colas con algunas grapas.

Grapas  
Cola

**11** El filtro geotextil junto al panel posterior de la caja. El filtro debe ser mayor que el panel para permitir que envuelva el suelo de relleno.

**12** Proceda con el relleno.

El relleno debe ser compactado en capas de 20 a 30cm.

geotextil

**13** Los equipos pesados de compactación deben mantener una distancia mínima de un metro del paramento frontal.

La compactación próxima al paramento frontal debe ser hecha manualmente o con equipos livianos..

**14** Doble el geotextil sobre el terreno compactado y repita todas las operaciones para las capas siguientes.

OBS: Amarre los elementos de la capa superior a los elementos de la capa inferior a lo largo de todas las aristas en contacto.

Fuente: MACCAFERRI. *Estructuras en suelo reforzado con el sistema terramesh.* p. 26.