

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**MURO DE SUELO REFORZADO APLICADO A LA VÍA DE  
ACCESO AL PUENTE EL TORO DE LA CARRETERA  
VECINAL AL C.P. EL TORO - AREQUIPA**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Retamozo Saenz, Luis Angel

**Línea de Investigación Institucional:**

Transporte y Vías de Comunicación

**Línea de Investigación de la Escuela Profesional:**

Transporte y Vías de Comunicación

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERU**

**2023**

## **CONTRATAPA**

---

**ING. ESPINOZA FLORES CARLOS GERARDO**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a nuestro divino creador, quien me ha otorgado la vida, salud y sabiduría para el logro de mis metas trazadas en esta investigación.



**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**

*“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”*

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

**CONSTANCIA N° 322**

Que, el (la) bachiller: Bachilleres, **LUIS ANGEL, RETAMOZO SAENZ**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada: **“MURO DE SUELO REFORZADO APLICADO A LA VÍA DE ACCESO AL PUENTE EL TORO DE LA CARRETERA VECINAL AL C.P. EL TORO – AREQUIPA”**, la misma que cuenta con **116 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **15%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 17 de Octubre del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas  
Director de la Unidad de Investigación

# HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

**Dr. RUBEN TAPIA SILGUERA**  
**PRESIDENTE**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA**  
**SECRETARIO GENERAL**

# ÍNDICE

CONTRATAPA.....	II
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV
CAPITULO I.....	17
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.1. Planteamiento del problema.....	17
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	18
1.2.1. Problema general.....	18
1.2.2. Problemas específicos.....	18
1.3. Justificación.....	19
1.3.1. Práctica.....	19
1.3.2. Teórica.....	19
1.3.3. Metodológica.....	19
1.4. Delimitaciones.....	19
1.4.1. Espacial.....	19
1.4.2. Temporal.....	21
1.4.3. Económica.....	21
1.5. Limitaciones.....	21
1.6. Objetivos.....	22
1.6.1. Objetivo general.....	22
1.6.2. Objetivos específicos.....	22
CAPITULO II.....	23
MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes.....	23
2.1.1. Internacionales.....	23
2.1.2. Nacionales.....	24

2.2. Marco conceptual .....	26
2.2.1. Teorías de la Investigación.....	26
2.2.1.1 Suelo reforzado .....	26
2.2.1.2 Metodología para el diseño de muro de suelo reforzado inclinado	32
2.2.1.3 Diseño estándar de muro de suelo reforzado.....	39
2.3. Marco normativo .....	45
2.4. Definición de términos .....	46
2.5. Hipótesis.....	47
2.5.1. Hipótesis general.....	47
2.5.2. Hipótesis específicos.....	47
2.6. Variables.....	48
2.6.1. Definición conceptual de la variable .....	48
2.6.2. Definición operacional de la variable .....	48
2.6.3. Operacionalización de la Variable .....	48
CAPÍTULO III .....	50
METODOLOGÍA .....	50
3.1. Método de investigación .....	50
3.2. Tipo de Investigación.....	50
3.3. Nivel de investigación .....	50
3.4. Diseño de investigación.....	51
3.5. Población y muestra .....	51
3.5.1. Población.....	51
3.5.2. Muestra .....	51
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	51
3.7. Procesamiento de la información.....	52
3.8. Técnicas y análisis de datos.....	52
CAPÍTULO IV.....	53
RESULTADOS.....	53
4.1. Presentación de resultados específicos .....	53
CAPÍTULO V.....	109
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	109
5.1. Discusión de resultados específicos.....	109
CONCLUSIONES .....	111



RECOMENDACIONES .....	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
ANEXOS .....	116

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Variables de investigación.....	48
Tabla 2 – Operacionalización de las variables.....	48
Tabla 3 – Hoja de resumen de metrados.....	107
Tabla 4 – Costo unitario por partida.....	108
Tabla 5 – Presupuesto del muro de suelo reforzado.....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ubicación geográfica de la zona de investigación. ....	20
Figura 2- Localización de la zona de intervención de la investigación. ....	20
Figura 3- Zona de estudio. ....	21
Figura 4- Talud con suelo reforzado, para un proyecto vial. ....	29
Figura 5- Aplicaciones de los muros de suelo reforzado.....	30
Figura 6- Modos de falla para un talud reforzado.....	33
Figura 7- Método del equilibrio límite, para el análisis de un talud reforzado...	34
Figura 8- Análisis de estabilidad para un talud sin refuerzo. ....	35
Figura 9- Modelo de muro reforzado con múltiples capas de refuerzo. ....	37
Figura 10- Análisis de círculo de falla usando el método de Bishop Simplificado en taludes reforzados.....	37
Figura 11- Ubicación de calicatas. ....	53
Figura 12- Excavación de calicata 01. ....	54
Figura 13- Registro estratigráfico de calicata 01. ....	54
Figura 14- Excavación de calicata 02. ....	55
Figura 15- Registro estratigráfico de calicata 02. ....	56
. Figura 16- Excavación de calicata 03. ....	57
Figura 17- Registro estratigráfico de calicata 03. ....	57
Figura 18- Análisis granulométrico por tamizado. ....	58
Figura 19- Curva granulométrica.....	58
Figura 20- Límites de consistencia (Atterberg).....	59
Figura 21- Densidad, peso específico y absorción del agregado grueso.....	59
Figura 22- Relación humedad - densidad. ....	60
Figura 23- Relación de soporte CBR. ....	60
Figura 24- Corte directo. ....	60
Figura 25- Datos de los ensayos realizados. ....	61
Figura 26- Sección 00+080 acceso izquierdo. ....	61
Figura 27- Verificación de la estabilidad global.....	64
Figura 28- Verificación como muro de gravedad.....	65
Figura 29- Verificación de la estabilidad interna TM-01. ....	65
Figura 30- Verificación de la estabilidad interna TM-02. ....	66

Figura 31- Verificación de la estabilidad global.....	69
Figura 32- Verificación como muro a gravedad. ....	70
Figura 33- Verificación de la estabilidad interna TM-01. ....	71
Figura 34- Verificación de la estabilidad interna TM-02. ....	71
Figura 35- Verificación de la estabilidad global.....	75
Figura 36- Verificación como muro a gravedad TM-01. ....	75
Figura 37- Verificación como muro a gravedad TM-04. ....	76
Figura 38- Verificación de la estabilidad interna TM-01. ....	77
Figura 39- Verificación de la estabilidad interna TM-02. ....	77
Figura 40- Verificación de la estabilidad interna TM-03. ....	78
Figura 41- Verificación de la estabilidad interna TM-04. ....	78
Figura 42- Verificación de la estabilidad interna TM-05. ....	79
Figura 43- Verificación de la estabilidad interna TM-06. ....	79
Figura 44- Verificación de la estabilidad global.....	83
Figura 45- Verificación como muro a gravedad TM-01. ....	83
Figura 46- Verificación como muro a gravedad TM-04. ....	84
Figura 47- Verificación de la estabilidad interna TM-01. ....	85
Figura 48- Verificación de la estabilidad interna TM-02. ....	85
Figura 49- Verificación de la estabilidad interna TM-03. ....	86
Figura 50- Verificación de la estabilidad interna TM-04. ....	86
Figura 51- Verificación de la estabilidad interna TM-05. ....	87
Figura 52- Verificación de la estabilidad interna TM-06. ....	87
Figura 53- Verificación de la Estabilidad global. ....	90
Figura 54- Verificación como muro a gravedad TM-01. ....	90
Figura 55- Verificación de la estabilidad interna TM-01. ....	91
Figura 56- Verificación de la estabilidad interna TM-02. ....	92
Figura 57- Verificación de la estabilidad interna TM-03. ....	92
Figura 58- Verificación de la Estabilidad global. ....	95
Figura 59- Verificación como muro de gravedad TM-01. ....	95
Figura 60- Verificación estabilidad interna TM-01. ....	96
Figura 61- Verificación estabilidad interna TM-02. ....	97
Figura 62- Verificación estabilidad interna TM-03. ....	97
Figura 63- Verificación de la estabilidad global.....	100

Figura 64- Verificación como muro a gravedad TM-01. ....	100
Figura 65- Verificación de la estabilidad interna TM-01. ....	101
Figura 66- Verificación de la estabilidad interna TM-02. ....	102
Figura 67- Verificación de la estabilidad global. ....	104
Figura 68- Verificación como muro de gravedad.....	105
Figura 69- Verificación de estabilidad interna TM-01. ....	106
Figura 70- Verificación de estabilidad interna TM-02. ....	106

## RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿Cómo aplicar el muro de suelo reforzado a la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa?, el objetivo general fue: Aplicar el muro de suelo reforzado a la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa, y la hipótesis general fue: El muro de suelo reforzado resulta aplicable en la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa.

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicado, el nivel de investigación fue descriptivo y el diseño de investigación fue no experimental de corte transversal. La población correspondió a la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa, se tomó como muestra el puente el toro ubicado entre las progresivas km 00+349 y km 00+444 de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa.

La conclusión general fue: La mejor alternativa técnica y funcional aplicable para el sector Km 00+349 y km 00+444 de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa, es el diseño y la post construcción de los muros de suelo reforzado, con el propósito de reducir la afectación de terrenos y obras existentes.

**Palabras claves:** muro de suelo reforzado, taludes verticales.

## ABSTRACT

The general problem of the investigation was: What will be the technical proposal for the protection against undermining in the dice of the El Toro bridge of the C.P. El Toro - Islay Province - Arequipa ?, the general objective was: To elaborate an adequate technical proposal for the protection against undermining in the data of the Toro bridge of the C.P El Toro – Islay Province - Arequipa, and the general hypothesis was: The technical proposal for the design of gabions will be a protection measure against undermining in the dice of the El Toro bridge of the C.P. El Toro - Islay Province - Arequipa.

The research had as a general problem: How to apply the reinforced soil wall to the access road to the bridge el toro from the neighboring road to C.P. El Toro - Arequipa ?, the general objective was: Apply the reinforced soil wall to the access road to the El Toro bridge from the neighboring highway to C.P. El Toro - Arequipa, and the general hypothesis was: The reinforced soil wall is applicable on the access road to the El Toro bridge from the neighboring highway to C.P. El Toro - Arequipa.

The research method was scientific, the type of research was applied, the research level was descriptive, and the research design was non-experimental, cross-sectional. The population corresponded to the neighborhood road to C.P. El Toro - Arequipa, the el toro bridge located between the progressive km 00 + 349 and km 00 + 444 of the neighborhood road to C.P. El Toro - Arequipa.

The general conclusion was: The best technical and functional alternative applicable for the sector Km 00 + 349 and km 00 + 444 of the neighboring highway to C.P. El Toro - Arequipa, is the design and post-construction of reinforced soil walls, with the purpose of reducing the impact on existing land and works.

**Keywords:** reinforced soil wall, vertical slopes.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo investigativo se desarrolló en plena aplicación al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de la Universidad Peruana Los Andes; se elaboró con mucho beneplácito la investigación titulado “Muro de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro - Arequipa”; investigación que establece como propósito fundamental: Aplicar el muro de suelo reforzado a la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa.

Un suelo reforzado, es aquel que internamente está compuesto por elementos de refuerzo en tensión. En la mayoría de los muros de suelo reforzado se emplea suelos granulares, limpios, no cohesivos.

Esta investigación de tipología aplicada, considera el nivel descriptivo; como diseño de investigación no experimental de corte transversal, y como técnicas de recopilación de data a las fuentes documentales, registros teniendo como instrumentos a las fichas técnicas. Como técnica para el análisis de datos se aplicó la estadística descriptiva el cual nos permitió conocer los resultados.

El trabajo desarrollado y presentado se justifica en razón de que no existen trabajos investigativos rigurosos en relación con el tema tratado, considerando que las conclusiones y recomendaciones buscaran mejorar la utilización de los muros de suelo reforzado, razón por el que se hace un planteamiento de diseño de los muros de suelo reforzado, a fin de dar a conocer aquellos factores influyentes en el correcto funcionamiento de los muros de suelo reforzado, tomando para el caso de la investigación como referente el acceso vial al puente el toro.

Con el diseño de los muros de suelo reforzado, se tiene una propuesta de acceso vial al puente el toro, para ello es importante desarrollar los estudios básicos de ingeniería, elaborar el planteamiento estructural de los muros de suelo reforzado, así como desarrollar su viabilidad como proyecto a nivel de ejecución mediante el cálculo del costo de construcción.



Para el entendimiento del tema investigado, la tesis se encuentra dividido mediante capítulos, explicándose cada capítulo de una manera directa y concreta en relación al tema investigado.

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones, limitaciones y los objetivos de la investigación.

En el capítulo II, se describe la zona del proyecto, se redacta los antecedentes (internacionales y nacionales), el marco conceptual, la definición de términos, el planteamiento de las hipótesis y la identificación de variables de la investigación.

En el capítulo III, se redacta la metodología aplicada, describiéndose el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas de análisis de datos de la investigación.

En el capítulo IV, se plasma los resultados obtenidos sobre el diseño de los muros de suelo reforzado.

En el capítulo V, se da la discusión de los resultados obtenidos sobre el diseño de los muros de suelo reforzado, y poder formular las respectivas conclusiones y recomendaciones a la investigación desarrollada, y finalmente redactar las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de la investigación.

En la parte final de la investigación, se anexan la documentación que sustenta el desarrollo de la investigación.

Bach. Retamozo Sáenz, Luis Ángel.

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

La red vial del Perú consta de más de 78.000 kilómetros de carreteras, divididas en tres categorías: carreteras longitudinales, carreteras de penetración y carreteras de conexión. La clasificación de las carreteras la realiza el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) del Perú. La mayoría de las rutas son operadas por PROVIAS, que es la agencia descentralizada del Ministerio responsable del mantenimiento y expansión de las carreteras. De acuerdo con un contrato con el estado, ciertas rutas han sido licenciadas a empresas privadas para su construcción o modificación y su respectivo mantenimiento durante varios años.

En los últimos años, en comparación con otros sistemas constructivos tradicionales, nuestras carreteras se han implementado por su bajo costo y alta velocidad de construcción, por lo que hemos estado implementando un sistema de cerco de gaviones para estabilizar taludes y suelo reforzado como elementos para completar el ancho de la carretera.

Los suelos reforzados son suelos compuestos por elementos de refuerzo tensados en el interior. Se usa suelo granular limpio y no pegajoso para la mayoría de las paredes de suelo reforzado. Para seleccionar correctamente el material de relleno a utilizar y posteriormente reforzarlo, es importante considerar el comportamiento del material de relleno a largo plazo, su correspondiente fase de construcción y su degradación. Los productos de mejora ambiental afectan directamente a la estabilidad de la estructura.

Debido al crecimiento de la zona sur del país, en especial la región Arequipa por ser el escenario de grandes inversiones públicas y privadas se tiene la obra; “Construcción del puente vehicular y peatonal el toro en la carretera vecinal al centro poblado El Toro, ubicado en el departamento de Arequipa”, que es el nexo de comunicación vial que requiere de infraestructura como mejoras y ampliaciones en la vía.

La construcción del puente se ubica entre la ruta vecinal AR836 empalme PE-1S Cachendo – El toro y la ruta vecinal AR838; empalme PE-1S Caraquen – La Pasana – El Toro. El acceso al puente el toro se emplaza entre las progresivas km 00+349 y km 00+444, donde se encuentran terrenos agrícolas con presencia de un canal de regadío, por cuanto los propietarios no quieren que se vean afectados sus terrenos agrícolas y mucho menos el canal de regadío, se plantea como alternativa de solución la construcción del sistema de tierra armada con talud vertical “muro de suelo reforzado”, y así asegurar el diseño geométrico adecuado de acuerdo a las normas vigente.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

Ante esta disposición se plantea la siguiente interrogante como problema general:

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo aplicar el muro de suelo reforzado a la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa?

### **1.2.2. Problemas específicos**

a) ¿Qué ensayos de mecánica de suelos se realizarán para el diseño del muro de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa?

b) ¿Cómo realizar el cálculo estructural del muro de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa?

c) ¿Cómo determinar el costo de construcción del muro de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Práctica**

Motivado por la perspectiva profesional, así como considerando la gravedad del problema mencionado y en el sentido de contribuir a su solución en beneficio del C.P. El Toro, se plantea desarrollar el proyecto de investigación, puesto que, es una herramienta fundamental en estabilización de taludes verticales.

#### **1.3.2. Teórica**

Con la ayuda de diferentes métodos que se pueden utilizar para estabilizar taludes, esta investigación propone una solución alternativa que ha resonado en todo el mundo en las últimas décadas y en el Perú. Es un sistema eficaz que apoya la implementación. El aporte técnico y económico de proyectos integrales y estabilizadores de taludes. El propósito de esta tesis es ilustrar la aplicación de muros de tierra reforzada en la carretera que conduce al Puente El Toro-Arequipa.

#### **1.3.3. Metodológica**

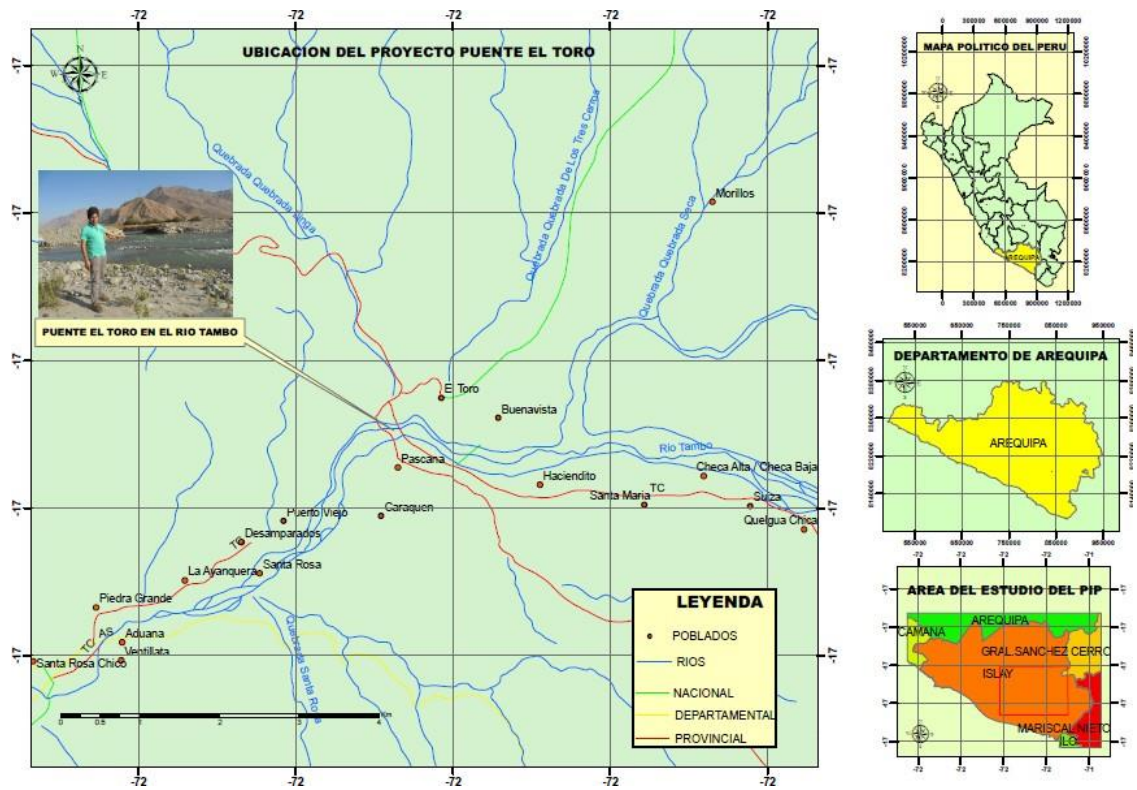
Los resultados del estudio continuarán estudiando métodos para que otros profesionales utilicen otras tecnologías y materiales para mejorar la estabilidad del suelo.

### **1.4. Delimitaciones**

#### **1.4.1. Espacial**

La investigación se realizará en la ejecución de la obra: Construcción del puente vehicular y peatonal el toro en la carretera vecinal al centro poblado El Toro, ubicado en el departamento de Arequipa.

**Figura 1- Ubicación geográfica de la zona de investigación.**



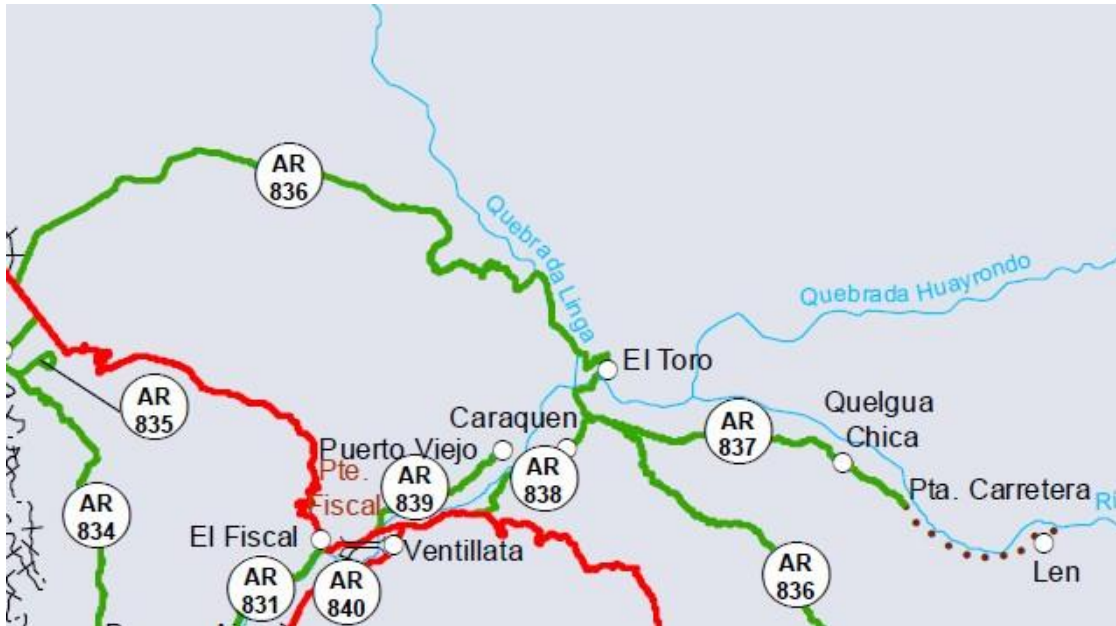
Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

**Figura 2- Localización de la zona de intervención de la investigación.**



Fuente: <https://www.google.com/maps>

**Figura 3- Zona de estudio.**



Fuente: Expediente técnico “construcción del puente vehicular y peatonal el toro, en la carretera vecinal al Centro Poblado El Toro”, ubicado en el departamento de Arequipa”.

#### **1.4.2. Temporal**

El trabajo de investigación se llevó a cabo en 06 meses, iniciando en noviembre del 2020 hasta abril del Año 2021.

#### **1.4.3. Económica**

Los gastos financieros incurridos en la elaboración del presente trabajo de investigación, no fue inconveniente económico alguno. El gasto mencionado fue asumido en su totalidad por el investigador de la presente tesis.

#### **1.5. Limitaciones**

Básicamente la limitación de la investigación se centró en la no accesibilidad a la información del expediente técnico “construcción del puente vehicular y peatonal el toro, en la carretera vecinal al Centro Poblado El Toro”, ubicado en el departamento de Arequipa”.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Aplicar el muro de suelo reforzado a la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa

### **1.6.2. Objetivos específicos**

a) Realizar los ensayos de mecánica de suelos para el diseño del muro de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa.

b) Realizar el cálculo estructural del muro de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa.

c) Determinar el costo de construcción del muro de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Internacionales

**Rendón E. (2005)**, quien para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad de San Carlos de Guatemala desarrolló la tesis titulada **Taludes reforzados con geosintéticos utilizados en carreteras**, Tiene como objetivo estudiar las normas, métodos, normas, especificaciones y procedimientos necesarios para el correcto mantenimiento vial de taludes hechos de geosintéticos. El primer método utilizado es determinar los parámetros de ingeniería geotécnica, luego diseñó el modelo de talud en base a los parámetros, factores de seguridad internos y externos, y luego explicó el proceso de construcción del talud y los factores externos que afectan el talud. La conclusión es que el principal destructor de esta estructura es el agua, por lo que debe contar con una estructura de drenaje para poder vaciar rápidamente el agua y controlar la erosión.

**Morataya L. (2011)**, quien para conseguir el título de Ingeniero Civil en la Universidad de San Carlos de Guatemala desarrolló la tesis **Sistema de tierra armada con geomalla**. Sugirió utilizar el sistema Terramesh para preservar los dos taludes mediante muros de tierra reforzada, ubicados en las áreas Las Rosas Quetzaltenango y San Cristóbal Mixo, que permiten el paso de vehículos. El propósito es analizar los métodos de diseño y construcción de muros de tierra armada utilizando geomallas como materiales de refuerzo en las áreas mencionadas. El método utilizado es determinar los parámetros geotécnicos del suelo ( $\phi$ ,  $c$ ,  $\gamma$ ), determinar el factor de seguridad y monitorear el proceso constructivo. Concluyó que los materiales sintéticos reforzados tienen una gran resistencia a la tracción, pueden limitar



eficazmente la estructura y tienen menos impacto en el medio ambiente. También se concluyó que es necesario implementar sistemas de drenaje, como zanjas de drenaje, formaciones de tierra, etc. Estos sistemas no permiten la pérdida de materiales finos y no afectan la estabilidad general de la estructura. Su fácil construcción y bajo coste hace que este tipo de estructura se utilice cada vez más en comparación con los sistemas cerrados tradicionales.

**Contramaestre H. y Gonzales O. (2007), quienes para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Católica Andrés Bello desarrollaron la tesis “Análisis comparativo de sistemas de estabilización de taludes bajo el concepto de suelos reforzados, comparando los sistemas de tierra armada y Terramesh® System para un talud ubicado en Granjería de la Trinidad, Caracas, Edo, Miranda”, el objetivo fue las diferencias económicas que existen entre la construcción de un muro con Terramesh® System y un muro con Tierra Armada para la estabilización de un talud, la metodología fue descriptiva experimental, en la cual se procedió a determinar los parámetros geotécnicos necesarios para su diseño y posteriormente a su comparación, los investigadores llegaron a la conclusión de que ambos sistemas son igual de eficientes a la hora de resistir los efectos de volteo, deslizamiento o hundimiento, la diferencia radica en el ámbito económico pues, el sistema de tierra armada es un 7.71% en promedio más barato que el Terramesh® System, para muros de hasta 5 m de altura.**

### **2.1.2. Nacionales**

**Altamirano G. y Rivas J. (2015), quienes para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Ricardo Palma realizaron la tesis “Propuesta de remediación geotécnica de un talud incorporando un muro de suelo reforzado con el sistema Terramesh para el proyecto de la carretera Matarani – El**

**Arenal”**; el objetivo de la tesis fue estabilizar los taludes de un terraplén introduciendo fuerzas resistentes mediante refuerzos (geomallas y geosintéticos), un muro de suelo reforzado empleando el sistema Terramesh para el proyecto de la carretera del sub-tramo 1 Matarani-El Arenal, para dicho problema se planteó la construcción de un muro de suelo reforzado tipo Terramesh System que cubriría un largo de 300 m aproximadamente, desde el KM2+762.05 hasta el KM3+070.

La metodología para este proyecto fue determinar en primer lugar la estabilidad interna, referente al espaciamiento de los geosintéticos, su longitud y la distancia de traslape; en segundo lugar, fue determinar la estabilidad externa contra el volteo, deslizamiento y falla de fundación. La conclusión de este trabajo fue que el sistema propuesto por los tesisistas y la empresa Odebrecht (empresa a cargo de la construcción) presentan factores de seguridad interno similares a diferencia del análisis de estabilidad global con el que, si presentan diferencias significativas, también se concluyó que, debido a las características del proyecto, el sistema propuesto es más barato que los tradicionales.

**Pinedo M. (2012), quien para optar el título de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú desarrolló la tesis “Comparación entre Muros de Suelos Reforzado, con elementos extensibles y no extensibles”**; el objetivo de esta investigación fue, diseñar un mismo muro con refuerzos extensibles e inextensibles y determinar quién presenta mejor factor de seguridad y, por ende, cuál es el más económico. La metodología empleada fue el diseño de un muro con ambos refuerzos, donde se determinó y se comparó las longitudes de los refuerzos y la estabilidad global de la estructura. La conclusión de la investigación fue, que los muros con refuerzos extensibles (geomallas) están afectadas por factores de reducción que disminuyen su resistencia a tracción hasta en un 72%, generando un mayor factor de

seguridad para la estructura, otra conclusión fue, que los muros con refuerzos inextensibles son entre 23% a 34% más baratos, que los muros con refuerzos extensibles, para longitudes de hasta 11.25m.

**Vásquez Y. (2014), quien para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Cajamarca elaboró la tesis “Evaluación de los muros de contención con concreto armado y suelo reforzado(Terramesh), en la carretera San Marcos – Cajabamba”, la presente tesis tiene lugar en la carretera de San Marcos – Cajabamba del KM 40+103,70 hasta el KM 40+193,70, el objetivo de la investigación es comparar los muros de suelo reforzado y concreto armado, respecto a su funcionabilidad, economía y tiempo de construcción, la metodología empleada fue diseñar los muros de concreto armado y de suelo reforzado, comparar sus factores de seguridad, así también como el costo de construcción y el tiempo de ejecución, se concluyó que los muros de suelos reforzados se construyen entre 57, 87% a 73.06% más rápido que los muros de concreto armado, para alturas de entre 2 m a 5 m por metro lineal. También se constató que los muros de suelos reforzados con sistema terramesh son un 24.90% a 51.57% más baratos que los muros de concreto armado, para alturas de entre 2 m a 5 m. Los muros de suelo reforzado son igual de eficientes que un muro de concreto armado, pero son más económicos y presentan un tiempo de ejecución menor.**

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Teorías de la Investigación**

#### **2.2.1.1 Suelo reforzado**

Según la Administración Federal de Carreteras, cuando se colocan barras de acero paralelas en la dirección de deformación principal para compensar la falta de resistencia a la tracción del suelo, la calidad de las barras de acero es similar a la del hormigón armado porque se

mejorarán sus propiedades mecánicas. Instituto de Investigación de Carreteras (FHWA-NHI-00-043, 2001).

Las propiedades de tracción mejoradas son el resultado de la interacción entre la barra de acero y el suelo. Los materiales compuestos tienen las siguientes características:

- ✓ La transferencia del esfuerzo entre el suelo y el refuerzo se realiza continuamente a lo largo del refuerzo.
- ✓ Los refuerzos se distribuyen a lo largo de toda la masa de suelo con un grado de regularidad y no deben estar expuestos.

Braja M. Das (2008) señaló que la estructura del suelo reforzado es un sistema compuesto por suelo compactado y elementos reforzados bajo estrés. El refuerzo puede ser listones de metal galvanizado, geotextiles o geocompuestos (pág. 358).

**Ventajas del refuerzo del suelo:** Braja M. Das (2008) “nos dice que los efectos benéficos del refuerzo del suelo se derivan de (p.359)”:

- ✓ Una mayor resistencia a tensión del suelo.
- ✓ La resistencia al corte desarrollado por la fricción en la interface suelo-refuerzo. Este refuerzo es comparable con el de las estructuras de concreto.

**Elementos de refuerzo del suelo:** Braja M. Das (2008) “manifiesta las siguientes consideraciones sobre los principales refuerzos del suelo (p.360)”:

- ✓ **Tiras metálicas:** En la mayoría de los casos, se utilizan tiras de acero galvanizado para reforzar el suelo. Sin embargo, el acero galvanizado es propenso a la corrosión.

- ✓ **Tejidos no biodegradables:** Las telas no biodegradables se denominan geotextiles. Los tejidos suelen estar hechos de derivados del petróleo. Pueden estar hechos de fibra de vidrio. Los geotextiles no están hechos de fibras naturales porque se degradan rápidamente. Pueden ser tejidos, tejidos o no tejidos.
- ✓ **Geomallas:** Son materiales poliméricos de alto módulo elástico (mejoran la respuesta elástica inmediata del suelo), como el polipropileno y el polietileno, que se preparan mediante estiramiento. Su función principal es el refuerzo. Son materiales relativamente duros, en forma de red, con grandes espacios (llamados aberturas) que son lo suficientemente grandes para entrelazarse con el suelo o las rocas circundantes para realizar la función de refuerzo y / o aislamiento.

**Consideraciones para el diseño:** Braja M. Das (2008) “sostiene que el procedimiento general de diseño de cualquier muro de retención mecánicamente estabilizado se puede dividir en dos partes (p.409)”:

- ✓ Satisfacer los requerimientos de estabilidad interna.
- ✓ Revisar la estabilidad externa del muro.

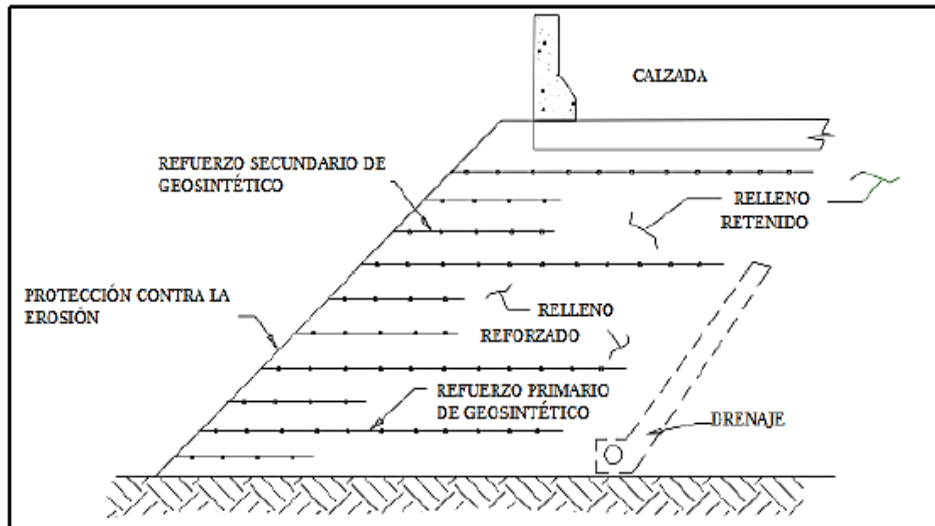
El control de estabilidad interna incluye determinar la resistencia a la tracción y la resistencia a la tracción de los elementos de refuerzo y evaluar la integridad de los elementos de la fachada.

La verificación de estabilidad externa incluye verificaciones de vuelco, deslizamiento y falla de carga.

**Análisis y diseño estructural de un muro de suelo reforzado:** El muro de suelo reforzado o talud de suelo reforzado (RSS) es un tipo de suelo reforzado en el que

los elementos reforzados se incorporan a una estructura con un ángulo de revestimiento inferior a  $70^\circ$  (ver imagen).

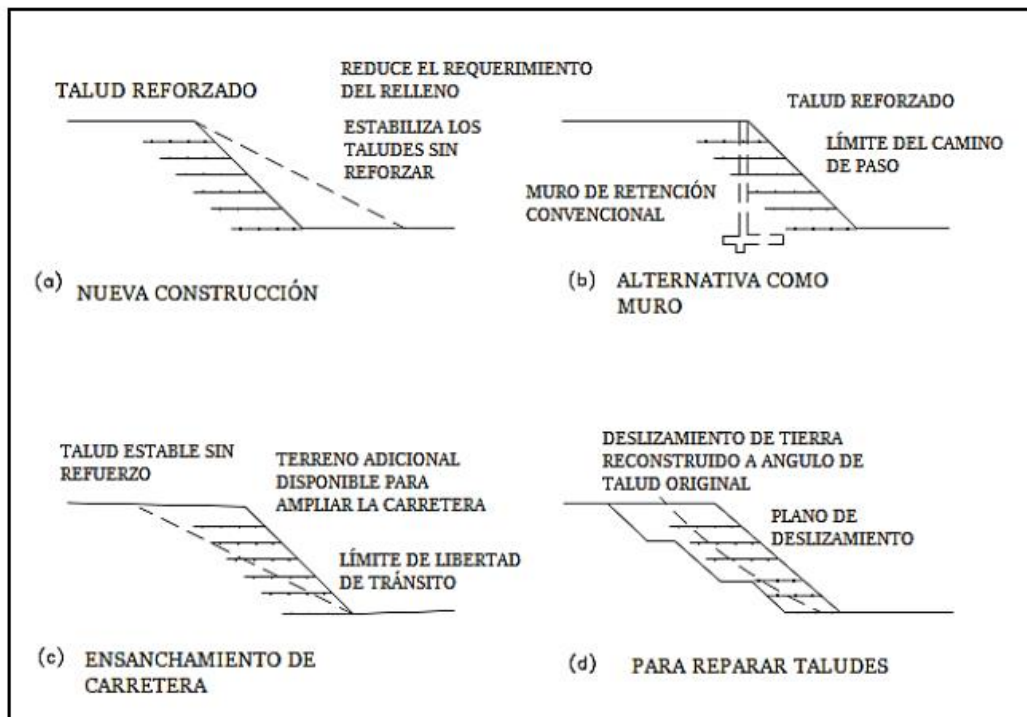
**Figura 4- Talud con suelo reforzado, para un proyecto vial.**



Fuente: FHWA-NHI-00-043.

El muro de RSS, emplea refuerzos que permiten la construcción de terraplenes con mayor ángulo de inclinación, la integración de estos refuerzos incrementa la estabilidad de la estructura permitiendo la construcción de pendientes empinadas sobre cimientos firmes para nuevas autopistas y también como muros de contención. En la figura 02, se observa los principales usos para el muro tipo RSS, en (a) se emplea para reparar una falla de pendiente, la nueva pendiente será más segura y reutilizará los residuos de la anterior, en (b) se emplea como alternativa de muro de retención, en (c) se emplea para ampliar el ancho de vía de una existente y (d) se emplea para reparar los taludes dañados (Kim Y. Russell A. Cho B. Wilde J. and Hee You B, Geosynthetics Reinforced Steep Slopes: Current Technology in the United States, 2019).

**Figura 5- Aplicaciones de los muros de suelo reforzado.**



Fuente: FHWA-NHI-00-043.

Se ha visto, cuán efectivos pueden ser este tipo de sistemas en la estabilización de terraplenes u otros proyectos similares. Hay aspectos necesarios que se tienen que tomar en consideración como parámetros para su diseño y construcción, tales como la evaluación de la zona de construcción, hacer una evaluación del campo y obtener la mayor cantidad de datos que nos ayuden a diseñar la estructura. En otros casos tiene que ver hasta el aspecto estético y los efectos medio ambientales.

Para el diseño del muro de suelo reforzado es necesario ejecutar investigaciones preliminares del subsuelo y recolectar cualquier dato existente relativo a las condiciones del subsuelo e ir a una visita de campo para obtener datos sobre:

- ✓ Límites e intervalos para secciones transversales topográficas.

- ✓ Condiciones de acceso para equipos y fuerza de trabajo.
- ✓ Patrones de drenaje superficial, filtración y características de la vegetación.
- ✓ Las características geológicas superficiales, incluyendo afloramiento de rocas y formas de tierra, y los cortes existentes.
- ✓ Excavaciones que nos puedan dar información del subsuelo.

Es necesario además hacer ensayos de laboratorio de las muestras recolectadas, para determinar características del suelo. Las pruebas índices incluyen:

- ✓ Determinación del contenido de humedad.
- ✓ Límites de Atterberg.
- ✓ Resistencia a la compresión y gradación.
- ✓ Peso específico seco.

Todas estas pruebas deben de realizarse, en concordancia a la norma ASTM D 2488-75.

Es importante evaluar cualquier material que pueda usarse como relleno. La distribución del tamaño de grano y la plasticidad son características que deben considerarse cuando se usa en la construcción de terraplenes. El tamaño de partícula efectivo (D<sub>10</sub>) se puede utilizar para estimar la permeabilidad de materiales no pegajosos. Además, es necesario realizar otras pruebas, como prueba de cizallamiento directo o triaxial, y prueba de compactación para posibles materiales de relleno según normas AASHTO T 99 o 180 (FHWA-NHI-00-043, 2001).

La compactación debe lograrse dentro de  $\pm 2\%$  del contenido de humedad óptimo de aproximadamente el



95% de la densidad seca máxima estándar. Luego repita este paso para la siguiente capa de geotextil y relleno, y así sucesivamente (Das, 2011).

Además, se realizan pruebas para mostrar la potencial erosionabilidad del material de relleno y el suelo in situ cerca del área. La prueba debe medir:

- ✓ PH del suelo.
- ✓ Resistividad Eléctrica.
- ✓ Contenido de sales incluido de sulfatos, sulfuros y cloruros.

#### **2.2.1.2 Metodología para el diseño de muro de suelo reforzado inclinado**

Existen diferentes metodologías para diseñar los muros de suelo reforzados inclinados, el que se empleó en esta tesis es la metodología que propone la FHWA (The Federal Highway Administration, 2009) el cual se basa en la teoría del equilibrio límite para analizar la estabilidad del talud.

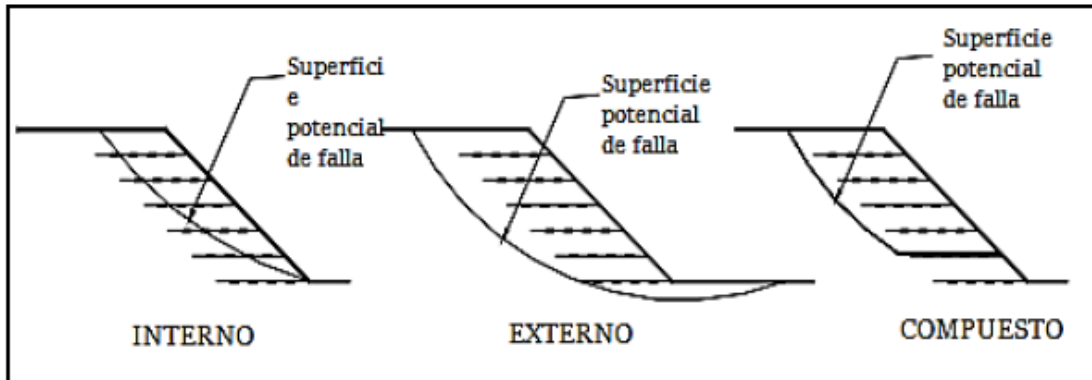
Los requisitos generales para el diseño de este tipo de muro son muy similares a los que no llevan refuerzo. El factor de seguridad debe ser adecuado para las condiciones tanto a corto como a largo plazo y para todos los posibles modos de falla de la estructura.

Como está ilustrado en la figura 06, hay tres modos de falla para este tipo de muros.

- ✓ Interno, donde el plano de falla pasa por los elementos de refuerzo.
- ✓ Externo, donde la superficie de falla pasa por detrás y por debajo de la zona de suelo reforzada.

- ✓ El compuesto, donde la superficie de falla pasa por detrás y a través de la zona de suelo reforzada (STRATA Global GeoSolutions, 2012).

**Figura 6- Modos de falla para un talud reforzado.**



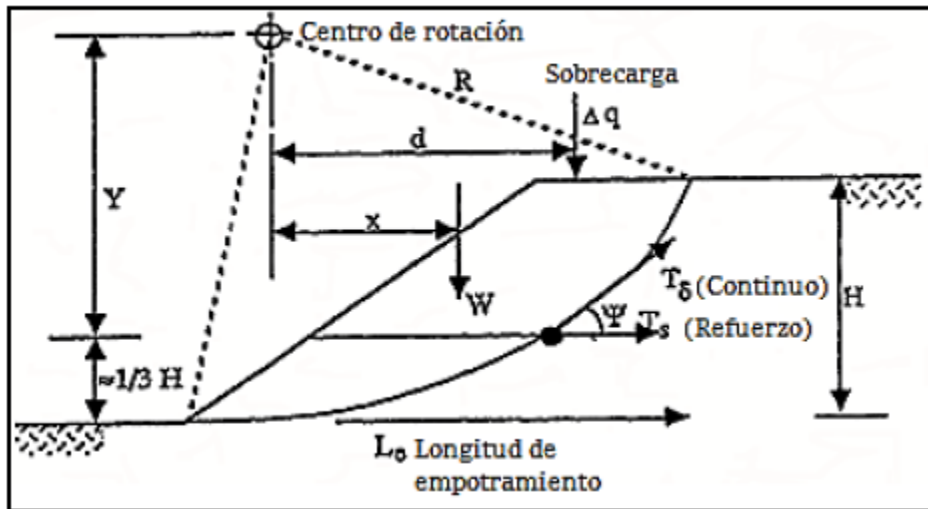
Fuente: STRATA Global GeoSolutions: Reinforced Soil Slopes and Embankments.

Para analizar este tipo de muro (cara inclinada a 70 °) se diseñó una versión modificada del método clásico basado en el método de equilibrio límite, ver Figura 07.

- ✓ Se asume una superficie de falla circular o tipo cuña.
- ✓ La relación entre el momento resistente y momento que impulsa la desestabilización del talud, determinan el factor de seguridad.

Cuando la superficie de falla se cruza con la capa de refuerzo, el momento resistivo adicional se agrega al momento de equilibrio general. En el método conservador no se considera la deformación de la barra de acero, por lo que se asume que la tensión actúa horizontalmente como se muestra en la Figura 07.

**Figura 7- Método del equilibrio límite, para el análisis de un talud reforzado.**

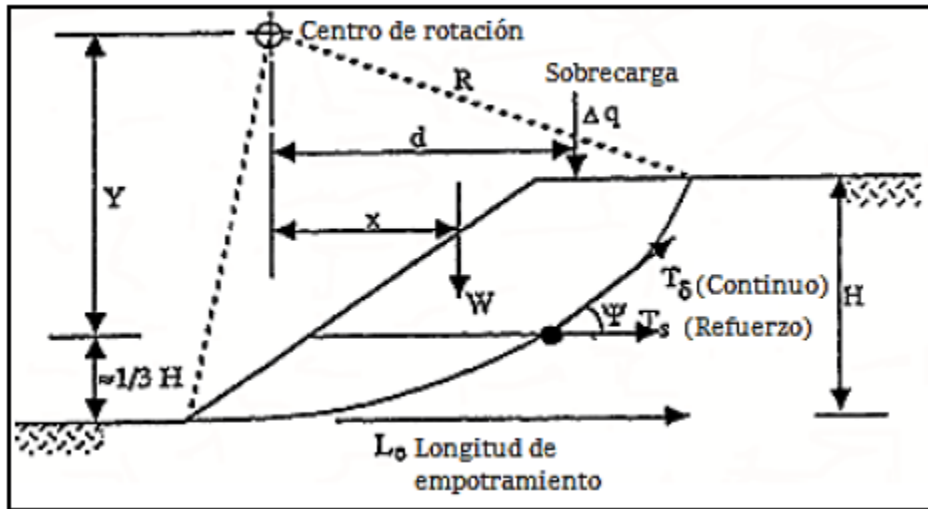


Fuente: FHWA-NHI-00-043.

Se debe considerar una variedad de superficies de falla potencial, incluidas las superficies de posicionamiento profundo que pasan a través o detrás del área reforzada. El factor clave de seguridad proviene de la superficie de daño no reforzada que necesita ser reforzada en la mayor medida. Esta es la superficie de falla del momento desequilibrado con mayor momento de resistencia, es decir, es la superficie con menor factor de seguridad (FHWA-NHI-00-043, 2001).

En la figura 08 se muestra el análisis de estabilidad para un talud sin reforzar empleando el método de Bishop, Simplificado.

Figura 8- Análisis de estabilidad para un talud sin refuerzo.



Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica-M. Braja Das.

El factor de seguridad para la zona sin reforzar ( $FS_u$ ) se calcula como sigue:

$$FS_u = \frac{M_R}{M_D} = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (cb + W_n \tan \phi) \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \operatorname{sen} \alpha_n}$$

$$m_{\alpha(n)} = \cos \alpha_n + \frac{\tan \phi \operatorname{sen} \alpha_n}{FS_u}$$

Donde:

$M_R$  = Momento Resistente proporcionado por las fuerzas del suelo.

$M_D$  = Momento de fuerza actuante respecto al centro de círculo de falla para causar la inestabilidad del talud.

$c$  = Cohesión.

$b$  = Ancho de la dovela enésima.

$\phi$  = Ángulo de fricción del relleno.

$W_n$  = Peso de la enésima dovela.

$\alpha$  = Ángulo de inclinación de la dovela con respecto a la horizontal.

$FS_u$  = Factor de seguridad del talud sin reforzar.

Como se observa en la ecuación, el factor de seguridad del talud sin reforzar ( $FS_u$ ), se encuentra ubicado en ambos lados de la ecuación por lo que para resolverlo es necesario emplear un método iterativo de prueba y error para encontrar el valor de  $FS_u$ . Se deben de investigar varias superficies de falla para encontrar la superficie crítica que proporcione el mínimo factor de seguridad (Duncan y otros, 2014).

La contribución del refuerzo puede ser añadido directamente al momento resistente y al factor de seguridad ( $FS_r$ ) para la sección reforzada es calculada como sigue:

$$FS_r = \frac{M_R + M_G}{M_D} = \frac{M_R + \sum_{n=1}^{n=p} (T_n \times Y_n)}{M_D}$$

Donde:

$M_G$  = Momento resistente que otorga el refuerzo a la estructura.

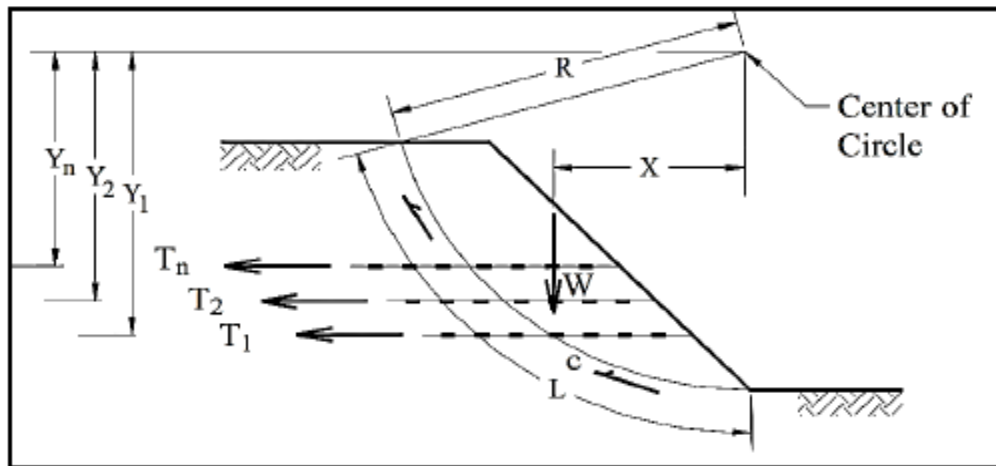
$T_n$  = Resistencia a la tracción del enésimo refuerzo.

$Y_n$  = Brazo de palanca del enésimo refuerzo con respecto al centro del círculo de falla, ver figura 09.

Tener en cuenta que la orientación de la fuerza de tracción del refuerzo influye en el cálculo del momento resistente debido al refuerzo y, por lo tanto, al factor de seguridad. Como se mencionó anteriormente, un enfoque conservador es considerar que la fuerza de tensión del refuerzo ( $T_{hor}$ ) actúa horizontalmente. El máximo valor del momento resistente que puede tener debido al refuerzo se calcula como sigue:

$$M_G = \sum_{n=1}^{n=p} T_n \times Y_n$$

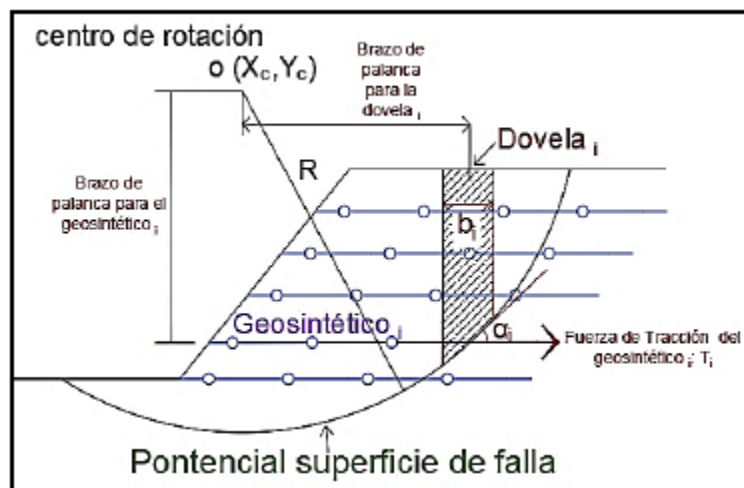
**Figura 9- Modelo de muro reforzado con múltiples capas de refuerzo.**



Fuente: STRATA Global GeoSolutions: Reinforced Soil Slopes.

**Método de Bishop, Simplificado modificado para el análisis de muros de suelo con refuerzo:** El método simplificado de Bishop es un método de equilibrio límite que puede incorporar al análisis, como se muestra en la Figura 10, la influencia de las barras de acero en la estabilidad del talud (Das, 2001).

**Figura 10- Análisis de círculo de falla usando el método de Bishop Simplificado en taludes reforzados.**



Fuente: Federal Highway Administration – NHI – 00 – 043.

El factor de seguridad se determina como sigue:

$$FS_R = \frac{M_R}{M_D} = \frac{\sum_{i=1}^{i=p} (cb_i + (W_i - u_i b_i) \tan \phi) \frac{1}{m_{\alpha(i)}} + \sum_{i=1}^{i=p} T_i (Y_c - Y_i)}{\sum_{i=1}^{i=p} W_i \text{ sen } \alpha_i}$$

Donde:

$FS_R$  = Factor de Seguridad Requerido.

$c$  = Cohesión efectiva del suelo en la base de la dovela.

$b_i$  = Ancho de la dovela  $i$ -ésima,  $W_i$  = Peso de la dovela  $i$ -ésima

$\phi$  = Ángulo de fricción en la base de la dovela  $i$ -ésima.

$\alpha_i$  = Angulo de inclinación de la dovela respecto a la horizontal.

$T_i$  = Resistencia a la tracción de la geosintético.

$Y_c$  = La coordenada  $Y$  del centro del círculo de falla.

$Y_i$  = La coordenada  $Y$  de la geosintético  $i$ .

$i$  = Número total de dovelas consideradas.

$u_i$  = Presión de poros en la  $i$ -ésima dovela.

$$u_i = h_i \gamma_w$$

Donde:

$h_i$  = Altura del agua en la  $i$ -ésima dovela.

$\gamma_w$  = Peso específico del agua, 9.81 kN/m<sup>3</sup>.

Consideraciones a tomar con respecto al análisis:

- En el análisis las fuerzas de corte son obviadas.
- El factor de Seguridad debería de estar entre 1.25 a 1.6.
- Para el análisis se asume que la presión de poros es nula (Suarez, 2016).

Finalmente, la longitud de empotramiento para cada capa de refuerzo más allá de la falla de superficie crítica debe ser lo suficientemente adecuado para resistir la extracción o Pullout (Pinedo, 2012). La ecuación más usada

frecuentemente para determinar la longitud de empotramiento ( $L_e$ ) de los refuerzos es como sigue:

$$L_e = \frac{P_r \times FS}{2 \times C_i \times \sigma_n \times \tan \phi_i}$$

Donde:

$P_r$  = Resistencia a la extracción o Pullout.

$C_i$  = Coeficiente de interacción por extracción o Pullout, para geomallas  $C_i$  es igual a 0.9.

$\sigma_n$  = Tensión normal que actúa sobre la longitud de anclaje de la geogrilla.

$\phi_i$  = Ángulo de fricción del suelo reforzado.

$FS$  = Factor de Seguridad por extracción o Pullout (1.5)

Dependiendo de las especificaciones de diseño, la longitud mínima de empotramiento  $L_e$  es de 1m más allá de la superficie de falla.

Actualmente, se cuentan con una infinidad de software que facilitan el cálculo de los factores de seguridad de las superficies de falla, la mayoría de ellos tiene programado métodos del equilibrio límite como, Bishop Simplificado, Spencer, Janbu, etc. La FHWA también ha desarrollado softwares como el ReSSA y el RSS.

### 2.2.1.3 Diseño estándar de muro de suelo reforzado

En esta sección, se describirá el diseño paso a paso de muros de tierra reforzada. La Administración Federal de Carreteras (FHWA) ha desarrollado un modelo de diseño que ha sido validado a través de extensas evaluaciones experimentales. El siguiente diagrama de flujo muestra estos pasos:

**Paso 1: Establecer la geometría, cargas y factores de seguridad para el diseño:**

a. Requisitos geométricos y de carga



Altura del muro,  $H$ .

Ángulo de inclinación,  $\theta$ .

Cargas Externas y sobrecargas (S/C)

Sobrecarga,  $q$

Carga viva temporal,  $\Delta q$

Diseño de aceleración sísmica,  $A_m$

Cargas puntuales

b. Establecer el Factores de Seguridad requerido

Estabilidad externa y asentamiento.

Deslizamiento: F.S.  $\geq 1.3$ .

Estabilidad general: F.S.  $\geq 1.3$ .

Falla de capacidad de carga local: F.S.  $\geq 1.3$ .

Diseño Pseudo estático: F.S.  $\geq 1.1$ .

Asentamiento post – construcción, efecto de licuación.

Estabilidad compuesta: F.S.  $\geq 1.3$ .

Estabilidad interna: F.S.  $\geq 1.3$ .

**Paso 2: Determinar las propiedades mecánicas del suelo de fundación:**

Determinar los parámetros geotécnicos del suelo de fundación

y del material retenido (suelo).

Suelo de fundación

Propiedades de ingeniería ( $\gamma_f$ ,  $\phi_f$ ,  $C_f$ )

Condiciones de la napa freática.

Material retenido

Propiedades de ingeniería ( $\gamma_c$ ,  $\phi_c$ ,  $C_c$ )

**Paso 3: Determinar las propiedades del material de relleno en el refuerzo:**

Índice de plasticidad y gradación.

Proctor modificado al 95% de compactación, con  $\pm 2\%$  de humedad óptima. AASHTO T -180.

Propiedades de ingeniería ( $\gamma_r$ ,  $\phi_r$ ,  $C_r$ ).

Composición química del suelo (Ph)

#### **Paso 4: Evaluar los parámetros de diseño del refuerzo**

Para los materiales reforzados con geosintéticos, la vida útil del diseño se logra formulando cargas de diseño permisibles, que tienen en cuenta todas las pérdidas por resistencia relacionadas con el tiempo durante el ciclo de vida del proyecto (FHWA-NHI-09-087, 2009).

$$T_a = \frac{T_{ULT}}{RF \cdot FS} = \frac{T_{al}}{FS}$$

Donde  $T_a$  es el diseño a tensión a largo plazo para el estado límite.  $T_{ULT}$  es la resistencia última a la tracción del geosintético y  $RF$  es el producto de todos los factores de reducción aplicables,  $FS$  es el factor de seguridad global.  $T_{al}$  es la fuerza del material a largo plazo o más específicamente:

$$T_{al} = \frac{T_{ULT}}{RF_{CR} \cdot RF_D \cdot RF_{ID}}$$

Donde:

$T_{al}$ = Resistencia a la tracción a largo plazo de una carga por unidad de ancho de base de refuerzo.

$T_{ULT}$ = Resistencia última del refuerzo, proporcionada por el fabricante del refuerzo. (ASTM D 4595)

$RF_{CR}$ = Factor de reducción por fluencia para Sistema Terramesh (1).

$RF_{ID}$ = Factor de reducción por daño a la instalación (1.1-2)

$RF_D$ = Factor de reducción por degradación química y biológica (1-1.5)

Para muros de suelo reforzados con una inclinación de 70° o menor el  $FS = 1$ , esto hace que  $T_a = T_{al}$

*Tal*, a menudo se obtiene de la empresa fabricante. Por lo general, incluyen factores de reducción, pero no incluyen el diseño o el factor de seguridad del material.

Para rellenos granulares que cumplen con las propiedades electroquímicas y de escala de grises recomendadas, puede usar el valor de  $RF = 7$ , que es un valor bastante conservador y se puede usar para el diseño preliminar. Para estructuras más críticas, se deben realizar cálculos más precisos.

Se debe enfatizar que, si obtiene un *the* menor de los datos proporcionados por el fabricante y / o agencia de evaluación, obtendrá un costo menor en el proyecto.

**Resistencia contra la extracción:**

F.S.= 1.5 para suelo granulares.

F.S.= 2.0 para suelos cohesivos.

Longitud mínima de anclaje,  $Le = 1m$  (3ft).

**Paso 5: Comprobar la estabilidad del talud sin refuerzo:**

Evalúe la estabilidad del talud no reforzado para determinar: si se requiere refuerzo, la naturaleza clave del diseño ( $FSu \leq 1$  o  $\geq 1$ ), posibles fallas profundas de asentamiento y la extensión del área de refuerzo.

Algunos programas de computadora pueden evaluar rápidamente la estabilidad, como GEO 5, SLIDE, etc. Se debe realizar una verificación manual para verificar que el software proporcione resultados reales.

Determinar el tamaño del área clave a reforzar Verificar todos los rangos de la superficie de posible daño encontrada y cumplir con el factor de seguridad de la

pendiente no reforzada  $FSU \leq$  el factor de seguridad requerido  $FSR$  en este rango.

**Paso 6: Diseño del refuerzo para proporcionar un talud estable:**

Calcule el esfuerzo total por unidad de pendiente  $TS$  requerido para el factor de seguridad  $FSR$  requerido para cada superficie de falla potencial que se extiende a través o debajo del pie en el área crítica descrita en el paso 5. La pendiente.

$$T_S = (FS_R - FS_U) \frac{MD}{D}$$

Donde:

$TS$  = La suma de la fuerza de tracción requerida por unidad de ancho del refuerzo (considerando la fuerza de extracción o pullout) en todas las capas de refuerzo que se intersecan la superficie de falla.

$MD$  = Momento que induce el volteo sobre el centro de círculo de falla.

$D$  = Brazo de palanca de la fuerza  $TS$ .

= Radio del círculo  $R$ , para capa de refuerzo extensible continuo.

= Radio del círculo  $R$ , para capa de refuerzo inextensible continuo.

= Distancia vertical  $Y$ , al centroide de  $TS$  para elementos de refuerzo discontinuos tipo tira.

= Asumir una distancia  $H/3$  sobre la base de la pendiente para cálculos preliminares (es decir, se asume que actúan en un plano horizontal que intersecan la superficie de falla en  $H/3$  por encima de la base del talud).

$FSU$  = Factor de seguridad para talud no reforzado.

$FSR$  = Mínimo factor de seguridad para talud que se aplica tanto al refuerzo como al suelo.

$TS-MÁX$  es el mayor  $TS$  calculado y establece la fuerza de tensión total de diseño.

El factor de seguridad mínimo generalmente no controla la posición de  $TS - MÁX$ ; la superficie más crítica es la superficie que necesita mucho refuerzo.

#### **Paso 7: Verificar la estabilidad externa:**

**Resistencia al deslizamiento:** Se evalúa la resistencia al deslizamiento del suelo reforzado bajo cualquier pendiente. Se puede utilizar un método computarizado para realizar este tipo de análisis, que tiene en cuenta todas las capas del suelo y los valores de fricción en la interfaz. Para el análisis, considerando la superficie de falla en forma de cuña definida por el límite de refuerzo, el ángulo de inclinación de la parte posterior de la cuña con respecto al plano horizontal debe ser de  $45 + \phi / 2$ .

Puede utilizar el método del control deslizante para un análisis sencillo. En este método, se asume que hay una cuña activa (presión activa) en la parte trasera del suelo reforzado y la parte trasera de la cuña se extiende hacia arriba en un ángulo de  $45 + \phi / 2$ . Usando esta suposición, la fuerza impulsora que causa el deslizamiento es la presión efectiva del suelo, y la resistencia es la fricción más débil, ya sea un suelo reforzado, un suelo de cimentación o una relación de suelo reforzado.

#### **Paso 8: Estabilidad Sísmica:**

**Estabilidad Dinámica:** Utilice el coeficiente sísmico del suelo y diseñe la aceleración sísmica para que sea igual a  $A_m = A / 2$  obtenido de la prueba sísmica en el área para el análisis pseudoestático.

La estructura de la pendiente es más flexible que la pared, por lo que de acuerdo con la Especificación estándar del puente de la autopista AASHTO (1-A Division-Seismic Design, 6.4.3. Cojinete),  $A_m$  puede considerarse  $A / 2$ .

**Paso 9: Evaluación de requisitos para el control de aguas superficiales y subterráneas en el talud:** En términos de control de aguas superficiales, el diseño del sistema de drenaje debe considerar aspectos como la evacuación e infiltración de aguas superficiales, su ubicación y detalles de salida.

### 2.3. Marco normativo

En esta investigación se empleó las siguientes normas:

#### a. AASHTO Standards

- ✓ T 88 – Análisis Granulométrica de Suelos por Tamizado.
- ✓ T 90 – Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos.
- ✓ T 180 – Compactación con Proctor Modificado.

#### b. American Society for Testing and Materils (ASTM)

- ✓ D 4995 – D Ensayo Estándar para las propiedades de Tracción de Geotextiles por el método de banda de ancho grande.

#### c. Geosynthetic Research Institute

- ✓ GRI – GT6: Geotextile Pullout.
- ✓ GRI – GT7: Determinación de la resistencia de diseño a largo plazo del geotextil.
- ✓ GRI – GG4(b): Determinación de la resistencia de diseño a largo plazo de geomallas flexibles.

#### d. Federal Highway Administration (FHWA)

- ✓ FHWA NHI – 00 – 044 Sept. 2009 – Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes Design and Construction Guidelines.

- ✓ FHWA NHI – 00 – 044 Sept. 2009 – Corrosion/Degradation of Soil Reinforcements for Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes.

#### **e. Norma Técnica Peruana**

- ✓ CE.020 Estabilización de suelos y taludes

### **2.4. Definición de términos**

- 1. Suelo reforzado:** Es un sistema de estabilización de suelos que utiliza materiales de refuerzo metálicos o no metálicos para proporcionar estabilidad a la masa del suelo.
- 2. Muro de suelo reforzado:** Es un sistema de cerramiento que sirve para estabilizar el talud, está compuesto por tres elementos principales que constituyen toda su estructura y son: el enchapado (es decir, el frente del muro), cuya función principal es proteger el muro de factores externos; Y para evitar la fuga de finos; el material de relleno es un elemento que constituye la estructura y debe reunir ciertas características para ser utilizado en la pared; finalmente tenemos un material de refuerzo, que puede ser un material sintético o acero, cuya finalidad es dar resistencia a tracción al terreno.
- 3. Factores de seguridad (FS):** El factor de seguridad es la relación entre la capacidad máxima del sistema y el valor real requerido que soportará el sistema, por lo que su valor es siempre mayor que 1, asegurando así que el sistema puede operar con normalidad y que no colapsará.
- 4. Empuje del suelo:** Es la presión lateral que ejerce el suelo sobre la superficie horizontal, y es producto de sus características inherentes de movimiento horizontal. Hay dos tipos de empuje activo, empuje pasivo y empuje estático.
- 5. Método del equilibrio límite:** Es un método de análisis utilizado para analizar la estabilidad de un talud, utiliza un método que es fácil de entender y utilizar para el análisis estático del talud.

6. **Cohesión:** Esta es la masa de partículas del suelo que se mantienen unidas por fuerzas internas.
7. **Tierra armada:** Está compuesto internamente por elementos de refuerzo tensados. Se usa suelo granular limpio y no pegajoso para la mayoría de las paredes de suelo reforzado.
8. **Geotextil:** Se pueden definir como un material textil plano, permeable y polimerizado que puede estar en contacto con el suelo y otros materiales y utilizarse en la ingeniería geotécnica en la ingeniería civil.
9. **Geosintético:** Geosintéticos es el nombre de materiales hechos de polímeros, utilizados para mejorar, incrementar y hacer más económicos varios tipos de proyectos, como el medio ambiente, infraestructura de transporte, geotécnica, hidráulica, carreteras, etc.

## 2.5. Hipótesis

### 2.5.1. Hipótesis general

El muro de suelo reforzado resulta aplicable en la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa.

### 2.5.2. Hipótesis específicos

a) Los ensayos de mecánica de suelos son aplicables para el diseño del muro de suelo reforzado en la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa.

b) El cálculo estructural es aplicable para el diseño del muro de suelo reforzado en la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa.

c) El costo de construcción del muro de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa, está en función de los metrados y costos unitarios de las partidas que contempla el diseño.



## 2.6. Variables

### 2.6.1. Definición conceptual de la variable

Se considera variable a aquella que presenta una característica, cualidad o propiedad sobre un fenómeno o hecho que tiende a variar y que puede ser medido y/o evaluado.

**Muro de suelo reforzado (X):** Debido a la interacción entre estos elementos, se pueden utilizar sistemas de refuerzo y muros para manejar la estabilidad mecánica del terraplén. Cuando el suelo se vaya a deslizar, será sostenido por el elemento de refuerzo, y el elemento de refuerzo soportará la fuerza de tracción, formando un bloque mecánicamente estable o un suelo grande.

**Serviciabilidad de Talud (Y):** La serviciabilidad de un talud es una medida de su capacidad para resistir vuelcos, deslizamientos o asentamientos durante el diseño.

### 2.6.2. Definición operacional de la variable

Para la investigación se ha considerado las siguientes variables:

**Tabla 1 – Variables de investigación.**

<b>Variable Independiente</b>	<b>Variable Dependiente</b>
Muro de suelo reforzado	Serviciabilidad de Talud

Fuente: Elaboración propia.

### 2.6.3. Operacionalización de la Variable

**Tabla 2 – Operacionalización de las variables.**

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES (FACTORES)</b>
Muro de suelo reforzado	Debido a la interacción entre estos elementos, se pueden utilizar sistemas de refuerzo y muros para manejar la	Propiedades mecánicas del suelo Calculo estructural

---

	estabilidad mecánica del terraplén. Cuando el suelo se vaya a deslizar, será sostenido por el elemento de refuerzo, y el elemento de refuerzo soportará la fuerza de tracción, formando un bloque mecánicamente estable o un suelo grande.	Costo de construcción.
Serviciabilidad de Talud	de para resistir vuelcos, deslizamientos o asentamientos durante el diseño.	Confort vehicular.

---

**Fuente: Elaboración propia.**

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

El método de investigación fue científico ya que nos indica que el conjunto de procedimientos racionales y sistemáticos encaminados a hallar solución a un problema y, finalmente, verificar o demostrar la verdad de un conocimiento. Estos procedimientos implican la aplicación de técnicas e instrumentos, válidos y confiables según el tipo de investigación (Barrientos, 2013).

#### **3.2. Tipo de Investigación**

Según (Ñaupas, y otros, 2013) en su libro “Metodología de la investigación Cuantitativa – Cualitativa y Redacción de la Tesis”, define que la investigación aplicada o tecnológica es “aquella que está orientada a resolver objetivamente los problemas de los procesos de producción, distribución, circulación y consumo de bienes y servicios, de cualquier actividad humana, principalmente de tipo industrial, infraestructural, comercial, etc.”

La tesis fue aplicada o tecnológica, porque se basa en los conocimientos obtenidos en investigaciones básicas para resolver los problemas planteados y comprobar las hipótesis. Se llama también tecnológica pues el producto obtenido no es conocimiento puro más bien tecnológico.

#### **3.3. Nivel de investigación**

De acuerdo a (Velásquez, y otros, 2007) en su libro Métodos de investigación científica, define que la investigación básica descriptiva tiene como objetivo principal “el de recopilar datos e informaciones sobre las características, propiedades, aspectos o dimensiones, clasificación de objetos, personas agentes e instituciones o de los procesos naturales o sociales”.

Por ende, la presente tesis se definió como descriptiva, pues comprende la colección de datos para probar hipótesis o responder a preguntas concernientes a la situación corriente de los sujetos de estudio.

### **3.4. Diseño de investigación**

De acuerdo con (Ñaupas, y otros, 2013) en su en su libro Metodología de la investigación Cuantitativa – Cualitativa y Redacción de la Tesis, define como diseño de investigación a un plan o modelo que permite evaluar la viabilidad o factibilidad de las hipótesis y problemas planteados, además determina que variables van a ser estudiadas.

$$[RI] + [EMS] + [DI] \rightarrow [DM]$$

Donde:

[RI] = Recopilación de información.

[EMS] = Estudio de mecánica de suelos.

[DI] = Método del diseño de muros de suelo reforzado

[DM] = Diseño finalizado de los muros de suelo reforzado

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población en estudio fue la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa.

#### **3.5.2. Muestra**

La muestra fue el puente el toro ubicado entre las progresivas km 00+349 y km 00+444 de la carretera vecinal al C.P. El Toro – Arequipa.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la elaboración del proyecto de investigación se tuvo en cuenta lo siguiente:

**Fuentes de información:** Las fuentes de información fueron fuentes primarias (del lugar de origen), proporcionado por los trabajadores de la construcción del proyecto: “construcción del puente vehicular y peatonal el

toro, en la carretera vecinal al Centro Poblado El Toro”, ubicado en el departamento de Arequipa”.

El estudio se amplió con las recomendaciones de los autores y su punto de vista, de estudios de ingeniería que sirvió para obtener una idea clara de los alcances de los objetivos.

**Técnicas:** Primeramente, se tuvo en cuenta el análisis documental, para lo cual se consideró las fichas bibliográficas, fichas de resumen, fichas de párrafo; el cual sirvió para estructurar el marco teórico referencial y conceptual de la presente investigación.

**La observación:** La técnica de la observación se aplicó durante los estudios topográficos y estudios de suelos en el proyecto: “construcción del puente vehicular y peatonal el toro, en la carretera vecinal al Centro Poblado El Toro”, ubicado en el departamento de Arequipa”.

### 3.7. Procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información, se tuvo en cuenta lo siguiente programas:

**Microsoft Excel:** Para exportar cuadros y datos estadísticos de los resultados, diseño de gaviones y datos obtenidos.

**Microsoft Word:** Para la elaboración de la parte descriptiva de las fichas de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en campo y de los ensayos realizados.

**AutoCAD:** Para establecer la localización, delimitación, puntos de investigación y área de influencia del proyecto.

**S-10:** Para determinar el costo del proceso constructivo de los gaviones.

### 3.8. Técnicas y análisis de datos

Para la elaboración y procesamiento de los datos se emplearon programas como, autocad, hojas Excel, Word y costos y presupuestos - S10, Macstars 2000, los que sirvieron para ordenar los datos obtenidos a fin de realizar las interpretaciones y estas se puede apreciar en los anexos respectivos.

## CAPÍTULO IV

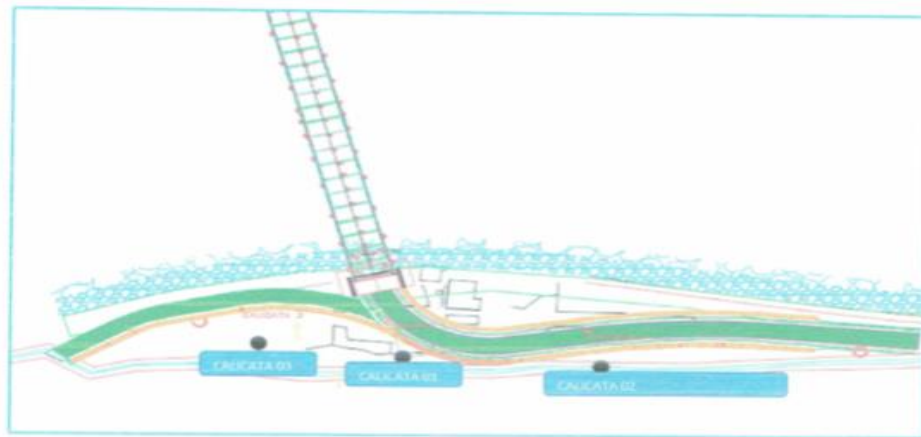
### RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de resultados específicos

A) **Ensayo de mecánica de suelos para el diseño del muro de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro:**

Se realizaron 3 calicatas en la margen izquierda, donde ira el terraplén reforzado, ubicados de la siguiente manera:

**Figura 11- Ubicación de calicatas.**



CALICATA	NORTE	ESTE
1	8119588.286	219002.268
2	8119585.538	219047.891
3	8119591.398	218969.271

**Fuente: Elaboración Propia.**

Donde se observó lo siguiente:

**Figura 12- Excavación de calicata 01.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 13- Registro estratigráfico de calicata 01.**

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	SUCS	N° MUESTRA
0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50 1.60		MATERIAL RELLENO ARENA LIMOSA DE CLASIFICACIÓN SUCS SM DE COLOR BEIGE, CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIA, NO PRESENTA PLASTICIDAD, ESTADO SUELTO, PRESENCIA DE MATERIAL GRANULAR DE 4" Y RAICES	SM	E-1
1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00		MATERIAL RELLENO ARENA LIMOSA DE CLASIFICACIÓN SUCS GP-GM DE COLOR BEIGE, CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIA-ALTA, NO PRESENTA PLASTICIDAD, ESTADO SEMICOMPACTO, PRESENCIA DE MATERIAL GRANULAR DE 4" Y RAICES	GP-GM	E-2
		MATERIAL RELLENO ARENA LIMOSA DE CLASIFICACIÓN SUCS GP-GM DE COLOR BEIGE, CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIA-ALTA, NO PRESENTA PLASTICIDAD, ESTADO COMPACTO, PRESENCIA DE MATERIAL GRANULAR DE 4" Y RAICES		

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados en la figura 13, podemos mencionar que el suelo hasta la profundidad de 1.60 m, está compuesto por material relleno arena limosa de clasificación SUCS SM de color beige, contenido de

humedad media, no presenta plasticidad, de estado suelto, con presencia de material granular de 4" y raíces.

De los resultados mostrados en la figura 13, podemos mencionar que el suelo desde la profundidad de 1.70 m hasta los 2.40 m, está compuesto por material relleno arena limosa de clasificación SUCS GP-GM de color beige, contenido de humedad media alta, no presenta plasticidad, de estado semi compacto, con presencia de material granular de 4" y raíces.

De los resultados mostrados en la figura 13, podemos mencionar que el suelo desde la profundidad de 2.50 m hasta los 3.00 m, está compuesto por material relleno arena limosa de clasificación SUCS GP-GM de color beige, contenido de humedad media alta, no presenta plasticidad, de estado compacto, con presencia de material granular de 4" y raíces.

**Figura 14- Excavación de calicata 02.**



**Fuente: Elaboración Propia.**



**Figura 15- Registro estratigráfico de calicata 02.**

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO:	SUCS	N° MUESTRA
0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50		MATERIAL RELLENO ARENA LIMOSA DE CLASIFICACIÓN SUCS SM DE COLOR GRIS, CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIA, NO PRESENTA PLASTICIDAD, ESTADO SUELTO.	SM	E-1
1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30		MATERIAL RELLENO GRAVA LIMOSA DE CLASIFICACIÓN SUCS GM DE COLOR GRIS, CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIA-ALTA, NO PRESENTA PLASTICIDAD, ESTADO SEMICOMPACTO, PRESENCIA DE MATERIAL GRANULAR DE 2" A 4", CON PIEDRAS DE 30CM	GP-GM	E-2
2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00		MATERIAL RELLENO GRAVA LIMOSA DE CLASIFICACIÓN SUCS GM DE COLOR GRIS, CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIA-ALTA, NO PRESENTA PLASTICIDAD, ESTADO COMPACTO, PRESENCIA DE MATERIAL GRANULAR DE 2" A 4", CON PIEDRAS DE 30CM		

**Fuente: Elaboración Propia.**

De los resultados mostrados en la figura 15, podemos mencionar que el suelo hasta la profundidad de 1.60 m, está compuesto por material relleno arena limosa de clasificación SUCS SM de color gris, contenido de humedad media, no presenta plasticidad y de estado suelto.

De los resultados mostrados en la figura 15, podemos mencionar que el suelo desde la profundidad de 1.70 m hasta los 2.20 m, está compuesto por material relleno grava limosa de clasificación SUCS GP-GM de color gris, contenido de humedad media alta, no presenta plasticidad, de estado semi compacto, con presencia de material granular de 2" a 4" y piedras de 30 cm.

De los resultados mostrados en la figura 15, podemos mencionar que el suelo desde la profundidad de 2.30 m hasta los 3.00 m, está compuesto por material relleno grava limosa de clasificación SUCS GP-GM de color gris, contenido de humedad media alta, no presenta plasticidad, de estado compacto, con presencia de material granular de 2" a 4" y piedras de 30 cm.

**. Figura 16- Excavación de calicata 03.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

**Figura 17- Registro estratigráfico de calicata 03.**

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO:	SUCS	N° MUESTRA
0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50 1.60		MATERIAL RELLENO ARENA LIMOSA DE CLASIFICACIÓN SUCS SM DE COLOR GRIS, CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIA, NO PRESENTA PLASTICIDAD, ESTADO SUELTO.	SM	E-1
1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00		MATERIAL RELLENO GRAVA LIMOSA DE CLASIFICACIÓN SUCS GM DE COLOR GRIS, CONTENIDO DE HUMEDAD ALTA, NO PRESENTA PLASTICIDAD, ESTADO SEMICOMPACTO, PRESENCIA DE MATERIAL GRANULAR DE 2" A 4", CON PIEDRAS DE 30CM	GP-GM	E-2

**Fuente: Elaboración Propia.**

De los resultados mostrados en la figura 17, podemos mencionar que el suelo hasta la profundidad de 1.60 m, está compuesto por material relleno arena limosa de clasificación SUCS SM de color gris, contenido de humedad media, no presenta plasticidad y de estado suelto.

De los resultados mostrados en la figura 17, podemos mencionar que el suelo desde la profundidad de 1.70 m hasta los 2.40 m, está compuesto por material relleno grava limosa de clasificación SUCS GP-GM de color

gris, contenido de humedad alta, no presenta plasticidad, de estado semi compacto, con presencia de material granular de 2" a 4" y piedras de 30 cm.

Se realizó el ensayo al material zarandeado de cauce de río que presenta un tamaño máximo nominal de 3":

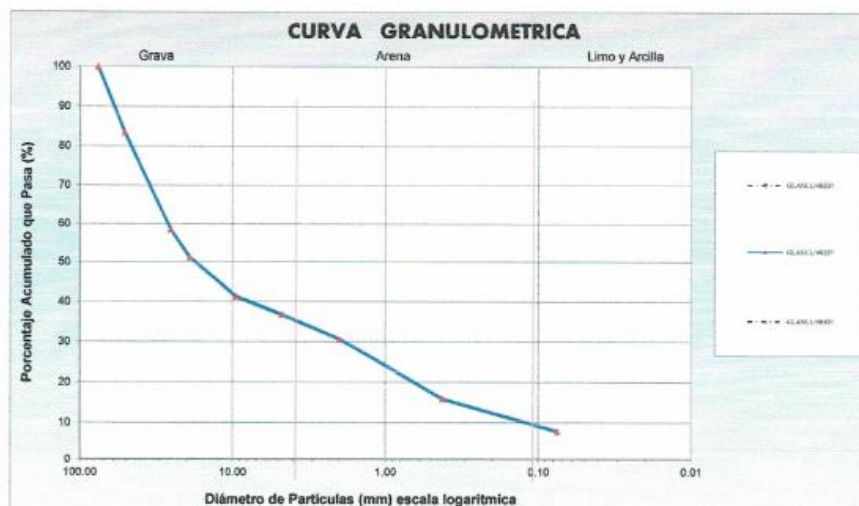
a. El ensayo de análisis granulométrico por tamizado, es el siguiente:

**Figura 18- Análisis granulométrico por tamizado.**

Malla	Abertura (mm)	Análisis Granulométrico por Tamizado				
		Peso Retenido	% Porcentaje Retenido	% Acumulado que Pasa		
				RIO		
3"	76.200	0	0.00	100.0		
2"	50.800	1580.0	16.50	83.5		
1	25.400	2394.0	25.00	58.5		
3/4"	19.050	708.0	7.37	51.1		
3/8"	9.525	941.0	9.83	41.3		
N° 4	4.760	429.9	4.49	36.8		
N° 10	2.000	595.4	6.22	30.6		
N° 40	0.425	1397.5	14.59	16.0		
N° 200	0.075	790.5	8.25	7.7		
LIMITE LIQUIDO	NP					
LIMITE PLASTICO	NP					
INDICE PLASTICO	NP					

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 19- Curva granulométrica.**



Fuente: Elaboración Propia.

b. El ensayo de límite de consistencia, es el siguiente:

Figura 20- Límites de consistencia (Atterberg).

LÍMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)									
NORMA ( ASTM D - 4318 )									
<b>OBRA</b>		: "CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE VEHICULAR Y PEATONAL EL TORO EN LA CARRETERA VECINAL AL CENTRO POBLADO EL TORO, DISTRITO DE COCACHACRA, ISLAY - AREQUIPA"							
<b>SOLICITA</b>		: CONSORCIO PUENTES VEHICULARES							
<b>MUESTRA</b>		: MATERIAL AFIRMADO ZARANDEADO DE RIO							
<b>UBICACIÓN</b>		: COCACHACRA- AREQUIPA							
<b>FECHA</b>		: ENERO 2019							
		LÍMITE LIQUIDO				LÍMITE PLASTICO			
No.DE GOLPES	Nº								
Peso de Tara	g								
Peso de Tara + suelo Humedo	g								
Peso de Tara + suelo Seco	g								
Peso de Agua	g								
Peso de suelo Seco	g								
Humedad	%								
L.L.=	NP	%	L.P.=	NP	%	I.P.=	NP	%	

Fuente: Elaboración Propia.

c. El ensayo de densidad, peso específico y absorción del agregado grueso, es el siguiente:

Figura 21- Densidad, peso específico y absorción del agregado grueso.

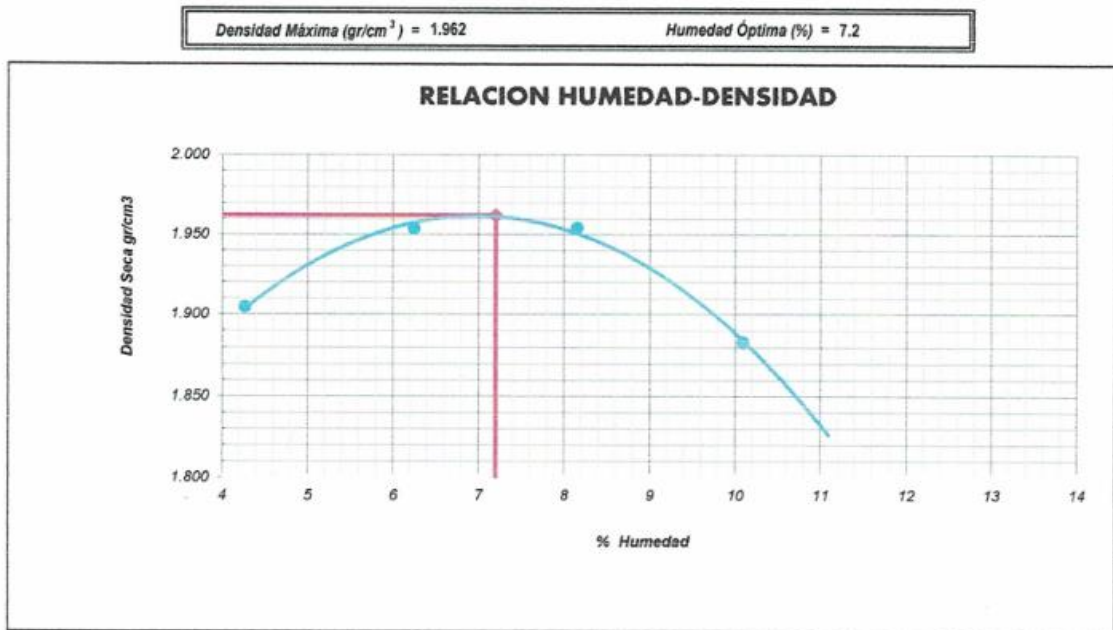
**RESULTADOS OBTENIDOS**

Peso específico bulk (base seca)	2.601	<b>ESPECIFICACIONES</b>
Peso específico bulk (base saturada)	2.630	
Peso específico aparente (base seca)	2.678	
Absorción (%)	1.1	

Fuente: Elaboración Propia.

d. El ensayo de densidad máxima y óptimo contenido de humedad, es el siguiente:

**Figura 22- Relación humedad - densidad.**



Fuente: Elaboración Propia.

e. El ensayo de relación de soporte CBR, es el siguiente:

**Figura 23- Relación de soporte CBR.**

Numero de Golpes	CBR 0.2"	CBR 0.1"	DENSIDAD gr/cm <sup>3</sup>
12 GOLPES	48.3	40.0	1.772
25 GOLPES	64.7	52.3	1.869
55 GOLPES	76.8	64.5	1.962

GRADO DE COMPACTACION	CBR 0.2"	CBR 0.1"	DENSIDAD gr/cm <sup>3</sup>
95%	64.0	52.0	1.864
100%	76.8	64.5	1.962

Fuente: Elaboración Propia.

f. El ensayo de corte directo, es el siguiente:

**Figura 24- Corte directo.**

Descripcion	valor	und
Cohesion	0	kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de friccion $\phi$	28.46	°
Densidad	1.96	g/cc
Humedad	7.2	%

Fuente: Elaboración Propia.

**B) Cálculo estructural del muro de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro:**

Para el cálculo del diseño del suelo de refuerzo se considera los siguientes datos obtenidos de los ensayos realizados a los materiales que formaran parte del suelo reforzado, ver figura 25:

**Figura 25- Datos de los ensayos realizados.**

<b>Suelo: PIEDRA</b>	Descripción:		
Cohesión.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	:	17.50
Ángulo de Fricción.....	[°]	:	40.00
Peso unitario – Natural.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	:	18.00
Peso unitario – Saturado.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	:	18.00

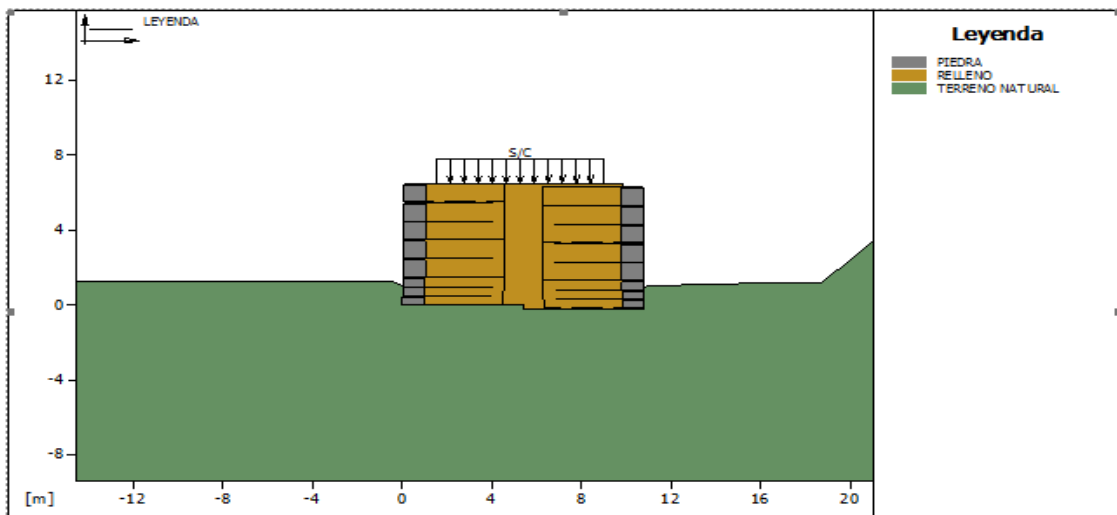
<b>Suelo: RELLENO</b>	Descripción:		
Cohesión.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	:	3.80
Ángulo de Fricción.....	[°]	:	28.46
Peso unitario – Natural.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	:	16.20
Peso unitario – Saturado.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	:	16.20

<b>Suelo: TERRENO NATURAL</b>	Descripción:		
Cohesión.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	:	3.80
Ángulo de Fricción.....	[°]	:	28.46
Peso unitario – Natural.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	:	16.20
Peso unitario – Saturado.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	:	16.20

Fuente: Elaboración Propia.

**a. Análisis estático para el diseño de suelo reforzado en el acceso izquierdo sección 00+080:**

**Figura 26- Sección 00+080 acceso izquierdo.**



Fuente: Elaboración Propia.



**Sobrecargas:****Cargas Distribuidas: S/C** Descripción:Intensidad [kN/m<sup>2</sup>] = 20.00 Inclinación [°] = 0.00

Abscisa [m]: de = 1.50 hasta = 9.00

**Propiedades de los refuerzos utilizados:**

Linear Composites - ParaGrid - 80

Resistencia a la Tracción	[kN/m]	: 80.00
Tasa de deformación plástica		: 0.00
Coefficiente de deformación elástica	[m <sup>3</sup> /kN]	: 1.10e-04
Rigidez del refuerzo	[kN/m]	: 665.00
Largo de anclaje Mínimo	[m]	: 0.15
Factor de seg. contra la rotura (grava)		: 1.67
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)		: 1.00
Factor de seg. contra la rotura (arena)		: 1.54
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)		: 1.00
Factor de seg. contra la rotura (arena limosa)		: 1.54
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)		: 1.00
Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa)		: 1.54
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)		: 1.00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo		: 0.16
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		: 0.40

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.4P - 0.5x1.0

Resistencia a la Tracción	[kN/m]	: 32.60
Tasa de deformación plástica		: 2.00
Coefficiente de deformación elástica	[m <sup>3</sup> /kN]	: 1.10e-04
Rigidez del refuerzo	[kN/m]	: 325.00
Largo de anclaje Mínimo	[m]	: 0.15
Factor de seg. contra la rotura (grava)		: 1.44
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)		: 1.00
Factor de seg. contra la rotura (arena)		: 1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)		: 1.00
Factor de seg. contra la rotura (arena limosa)		: 1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)		: 1.00
Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa)		: 1.30
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

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 0.5x1.0

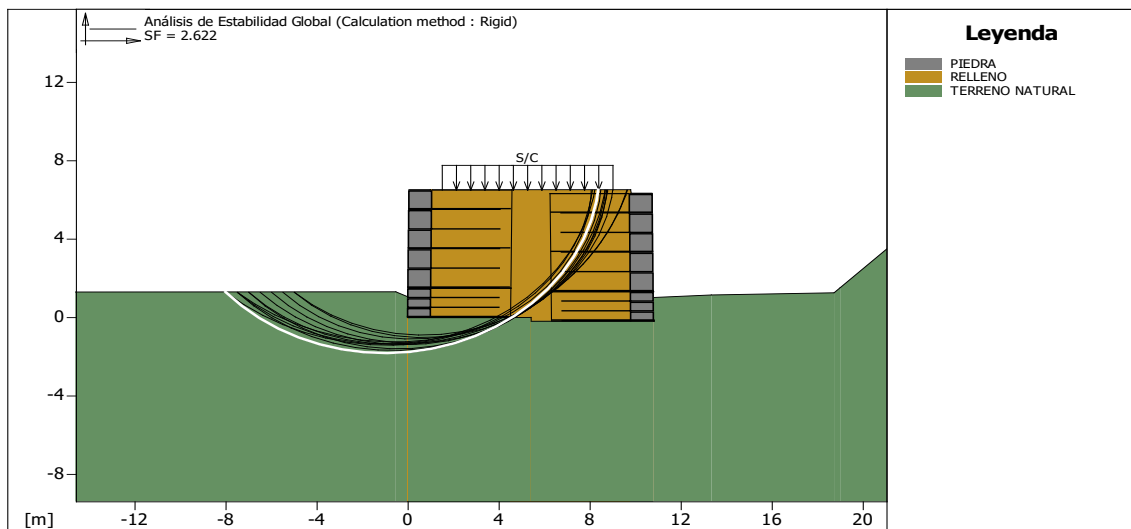
Resistencia a la Tracción	[kN/m]	: 41.30
Tasa de deformación plástica		: 2.00
Coefficiente de deformación elástica	[m <sup>3</sup> /kN]	: 1.10e-04
Rigidez del refuerzo	[kN/m]	: 420.00
Largo de anclaje Mínimo	[m]	: 0.15
Factor de seg. contra la rotura (grava)		: 1.44
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)		: 1.00
Factor de seg. contra la rotura (arena)		: 1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)		: 1.00
Factor de seg. contra la rotura (arena limosa)		: 1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)		: 1.00
Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa)		: 1.30



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
Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0		
Resistencia a la Tracción..... [kN/m]	:	41.30
Tasa de deformación plástica.....	:	2.00
Coeficiente de deformación elástica..... [m <sup>3</sup> /kN]	:	1.10e-04
Rigidez del refuerzo..... [kN/m]	:	420.00
Largo de anclaje Mínimo..... [m]	:	0.15
Factor de seg. contra la rotura (grava).....	:	1.44
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....	:	1.00
Factor de seg. contra la rotura (arena).....	:	1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....	:	1.00
Factor de seg. contra la rotura (arena limosa).....	:	1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....	:	1.00
Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa).....	:	1.30
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

**Verificación de los resultados:**

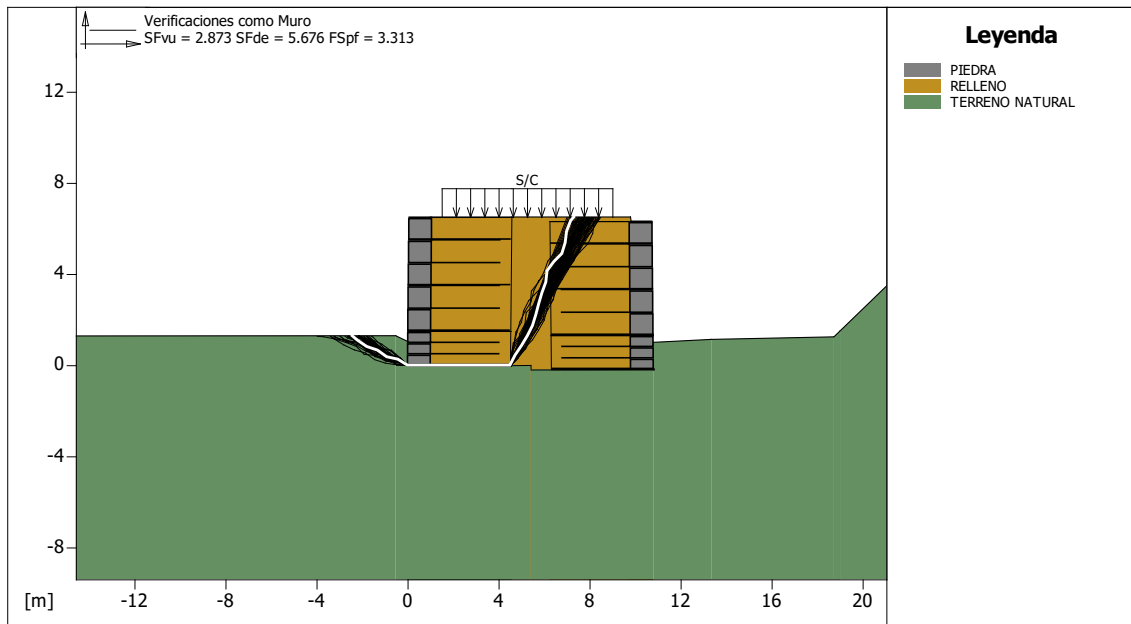
**Figura 27- Verificación de la estabilidad global.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado..... : 2.622

**Figura 28- Verificación como muro de gravedad.**

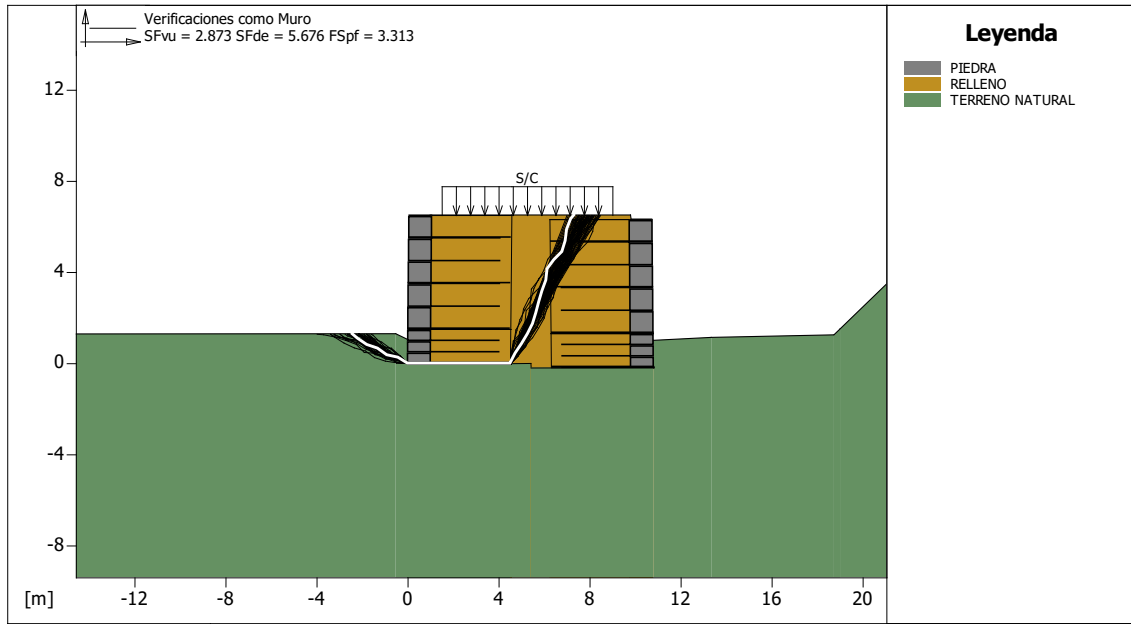


**Fuente: Elaboración Propia.**

Bloque Considerado: TM-01

Fuerza Estabilizante .....	[kN/m]	:	313.55
Fuerza Solicitante .....	[kN/m]	:	109.14
Factor de Seguridad contra el Deslizamiento .....		:	2.873
Momento Estabilizante .....	[kN*m/m]	:	1273.70
Momento Solicitante .....	[kN*m/m]	:	224.39
Factor de Seguridad contra el Vuelco .....		:	5.676
Capacidad portante de acuerdo con el método del Equilibrio Limite.			
Capacidad portante .....	[kN/m <sup>2</sup> ]	:	481.41
Presión media .....	[kN/m <sup>2</sup> ]	:	145.33
Factor de seguridad de la capacidad portante del suelo de apoyo:			3.313
Fundación equivalente .....	[m]	:	3.84
Excentricidad fuerza normal .....	[m]	:	0.33
Brazo del momento .....	[m]	:	2.06
Fuerza normal .....	[kN]	:	546.89
Tensión normal (Máxima) en el borde externo .....	[kN/m <sup>2</sup> ]	:	175.24
Tensión normal (Mínima) en el borde interno .....	[kN/m <sup>2</sup> ]	:	67.81

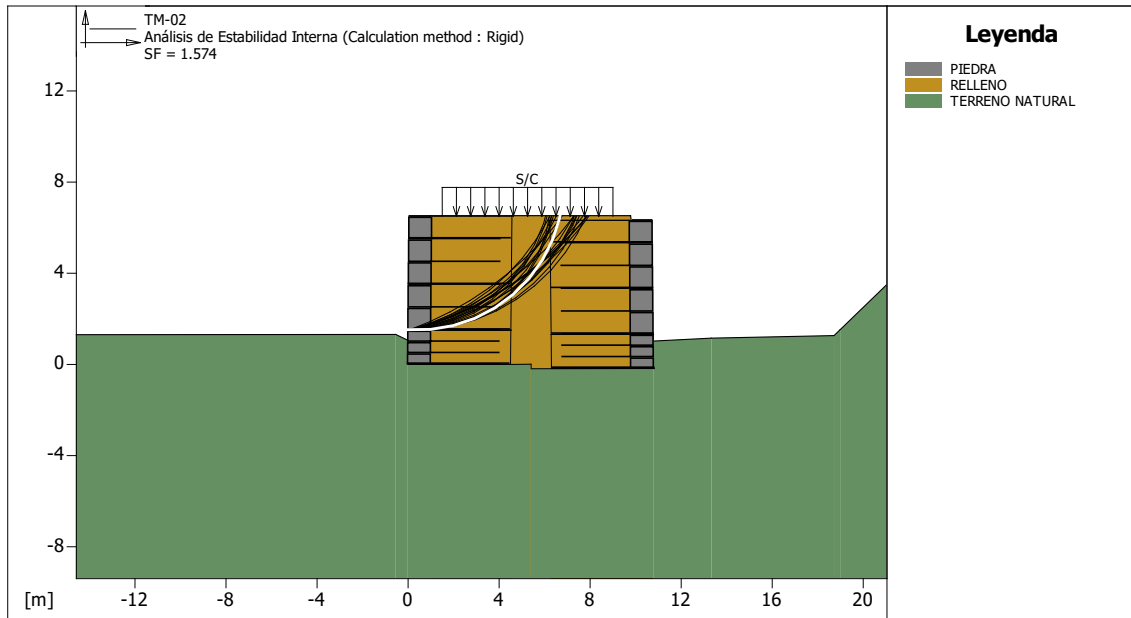
**Figura 29- Verificación de la estabilidad interna TM-01.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado ..... : 2.021

**Figura 30- Verificación de la estabilidad interna TM-02.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Janbu  
 Factor de Seguridad Calculado ..... : 1.574

**b. Análisis pseudo estático para el diseño de suelo reforzado en el acceso izquierdo sección 00+080:**

**Bloques reforzados:**

**Bloque: TM-04**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 4.50                      Altura =                      1.50  
 Origen del Bloque [m] : Abscisa =  
 10.80                      Ordenada =                      -0.18  
 BermaInclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.4P - 0.5x1.0  
 Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 0.50                      Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 4.50  
 Espaciamiento Vertical [m] = 1.50  
 Offset [m] = 0.00

**Bloque: TM-01**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 4.50                      Altura =                      1.50  
 Origen del Bloque [m] : Abscisa =  
 0.00                      Ordenada =                      0.00  
 BermaInclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 0.5x1.0  
 Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 0.50                      Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 4.50  
 Espaciamiento Vertical [m] = 1.50  
 Offset [m] = 0.00

**Bloque: TM-05**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 4.50                      Altura =                      5.00  
 [m] = 0.00 por TM-04  
 Inclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0  
 Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 1.00                      Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 4.50  
 Espaciamiento Vertical [m] = 2.00  
 Offset [m] = 0.00

**Bloque: TM-02**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 4.50                      Altura =                      5.00  
 [m] = 0.00 por TM-01  
 Inclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0  
 Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 1.00                      Ancho = 1.00  
  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 4.50  
 Espaciamiento Vertical [m] = 2.00  
 Offset [m] = 0.00

**Sobrecargas:****Cargas Distribuidas: S/C** Descripción:Intensidad [kN/m<sup>2</sup>] = 20.00      Inclinación [°] = 0.00

Abscisa [m]: de = 1.50 hasta = 9.00

**Efectos Sísmicos:**Aceleración [m/s<sup>2</sup>]: Horizontal = 1.72      Vertical = 0.00**Propiedades de los refuerzos utilizados:**

Linear Composites - ParaGrid - 80

Resistencia a la Tracción [kN/m] : 80.00  
 Tasa de deformación plástica : 0.00  
 Coeficiente de deformación elástica [m<sup>3</sup>/kN] : 1.10e-04  
 Rigidez del refuerzo [kN/m] : 665.00  
 Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15  
 Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.67  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.54  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.54  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) : 1.54  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de interacción refuerzo/refuerzo : 0.16  
 Coeficiente de interacción refuerzo-grava : 0.90  
 Coeficiente de interacción refuerzo-arena : 0.90  
 Coeficiente de interacción refuerzo-limo : 0.70  
 Coeficiente de interacción refuerzo-arcilla : 0.40

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.4P - 0.5x1.0

Resistencia a la Tracción [kN/m] : 32.60  
 Tasa de deformación plástica : 2.00  
 Coeficiente de deformación elástica [m<sup>3</sup>/kN] : 1.10e-04  
 Rigidez del refuerzo [kN/m] : 325.00  
 Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15  
 Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.44  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) : 1.30  
 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

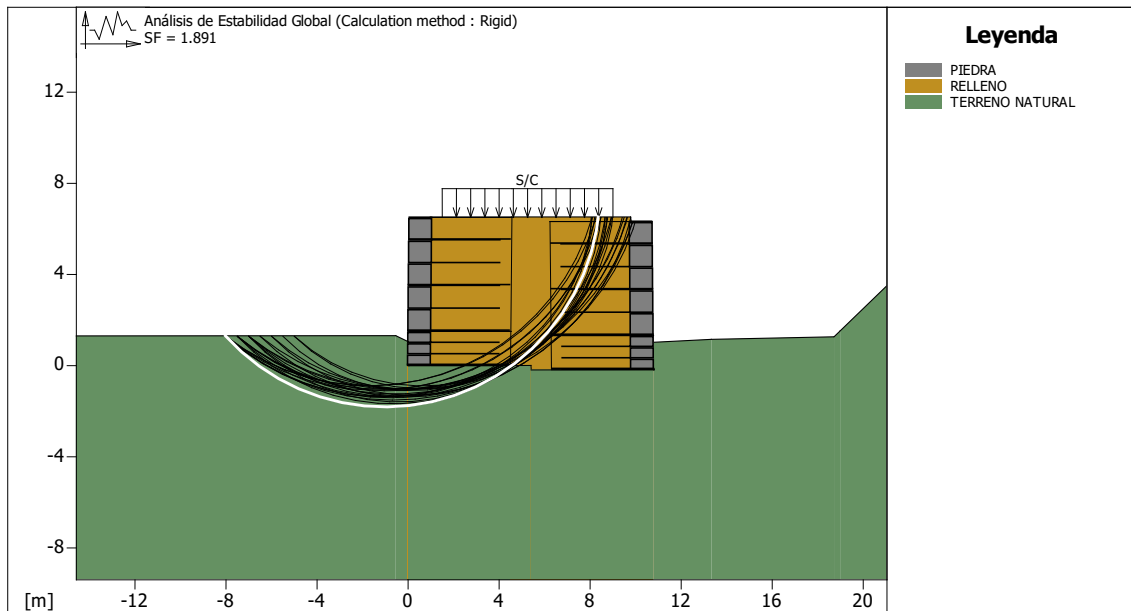
Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 0.5x1.0

Resistencia a la Tracción [kN/m] : 41.30  
 Tasa de deformación plástica : 2.00  
 Coeficiente de deformación elástica [m<sup>3</sup>/kN] : 1.10e-04  
 Rigidez del refuerzo [kN/m] : 420.00  
 Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15  
 Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.44  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.30

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....	: 1.00
Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa).....	: 1.30
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
<b>Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0</b>	
Resistencia a la Tracción.....[kN/m].....	: 41.30
Tasa de deformación plástica.....	: 2.00
Coefficiente de deformación elástica.....[m <sup>3</sup> /kN].....	: 1.10e-04
Rigidez del refuerzo.....[kN/m].....	: 420.00
Largo de anclaje Mínimo.....[m].....	: 0.15
Factor de seg. contra la rotura (grava).....	: 1.44
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....	: 1.00
Factor de seg. contra la rotura (arena).....	: 1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....	: 1.00
Factor de seg. contra la rotura (arena limosa).....	: 1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....	: 1.00
Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa).....	: 1.30
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

**Verificación de los resultados:**

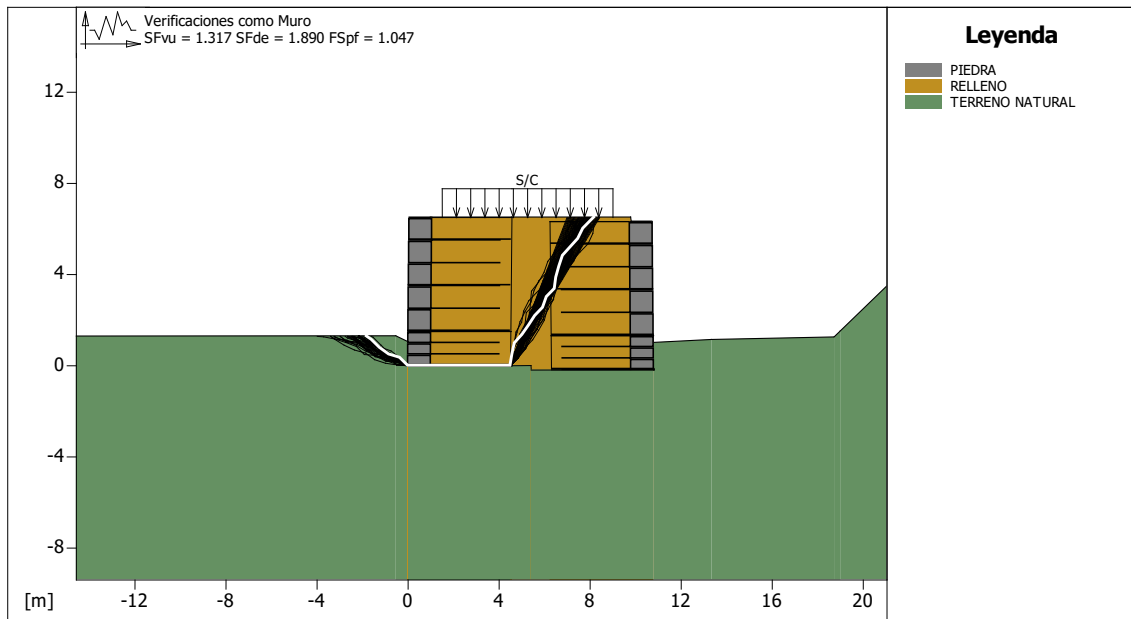
**Figura 31- Verificación de la estabilidad global.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado..... : 1.891

**Figura 32- Verificación como muro a gravedad.**



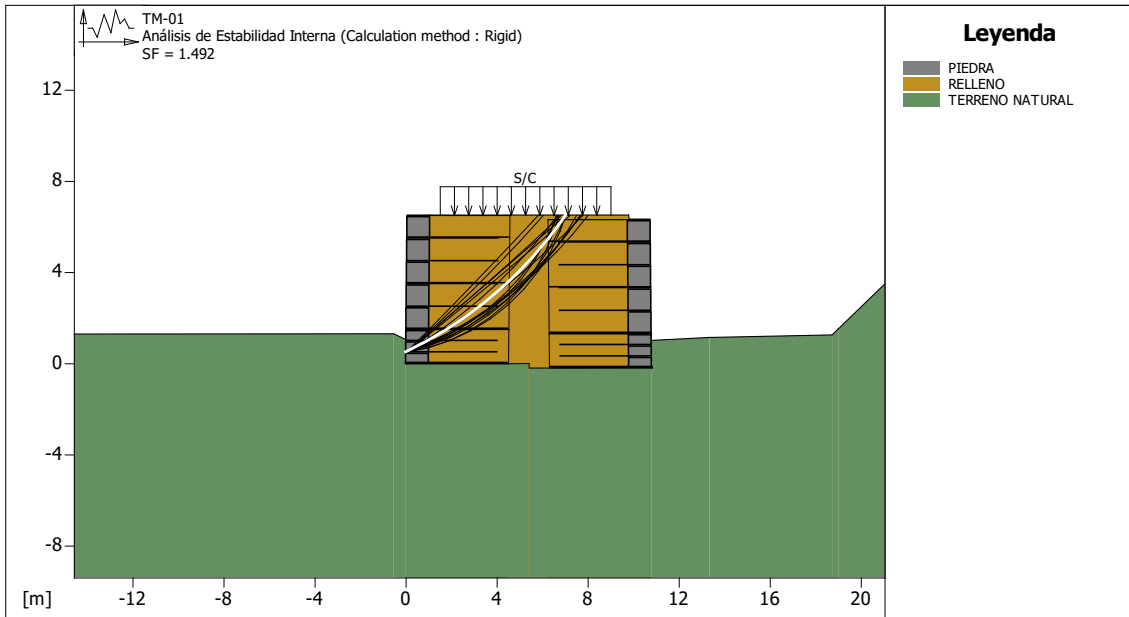
**Fuente: Elaboración Propia.**

Bloque Considerado: TM-01

Fuerza Estabilizante.....	[kN/m]	: 313.55
Fuerza Solicitante.....	[kN/m]	: 238.08
Factor de Seguridad contra el Deslizamiento.....		: 1.317
Momento Estabilizante.....	[kN*m/m]	: 1273.70
Momento Solicitante.....	[kN*m/m]	: 673.79
Factor de Seguridad contra el Vuelco.....		: 1.890
Capacidad portante de acuerdo con el método del Equilibrio Limite.		

Capacidad portante.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 284.63
Presión media.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 271.88
Factor de seguridad de la capacidad portante del suelo de apoyo:		1.047
Fundación equivalente.....	[m]	: 2.19
Excentricidad fuerza normal.....	[m]	: 1.15
Brazo del momento.....	[m]	: 2.83
Fuerza normal.....	[kN]	: 546.89
Tensión normal (Máxima) en el borde externo.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 332.39
Tensión normal (Mínima) en el borde interno.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 0.00

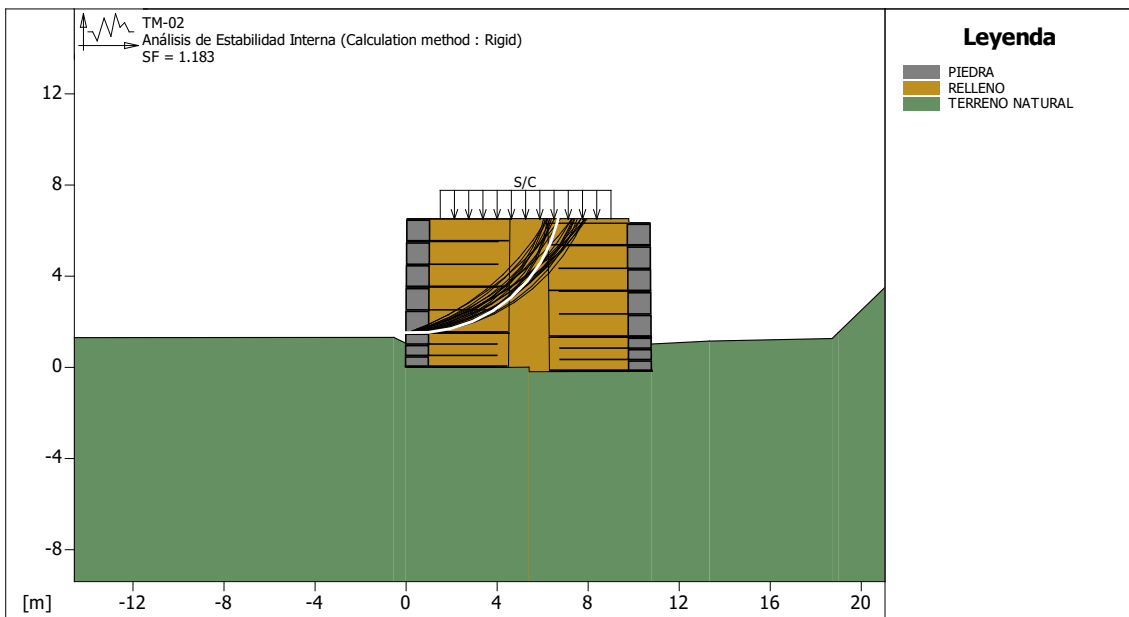
**Figura 33- Verificación de la estabilidad interna TM-01.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
Factor de Seguridad Calculado ..... : 1.492

**Figura 34- Verificación de la estabilidad interna TM-02.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Janbu  
Factor de Seguridad Calculado ..... : 1.183



**c. Análisis estático para el diseño de suelo reforzado en el acceso izquierdo sección 00+115:**

**Bloques reforzados:**

**Bloque: TM-04**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 6.30                      Altura =                      2.00  
 Origen del Bloque [m] : Abscisa =  
 12.39                      Ordenada =                      -0.16  
 Berma Inclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.4P - 0.5x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 0.50                      Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 6.30  
 Espaciamiento Vertical [m] = 1.00  
 Offset [m] = 0.00

**Bloque: TM-01**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 6.30                      Altura =                      2.00  
 Origen del Bloque [m] : Abscisa =  
 0.00                      Ordenada =                      0.00  
 Berma Inclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 0.5x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 0.50                      Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 6.30  
 Espaciamiento Vertical [m] = 1.00  
 Offset [m] = 0.00

**Bloque: TM-05**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 6.30                      Altura =                      4.00  
 [m] = 0.00 por TM-04  
 Inclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 1.00                      Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 6.30  
 Espaciamiento Vertical [m] = 2.00  
 Offset [m] = 0.00

**Bloque: TM-02**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 6.30                      Altura =                      4.00  
 [m] = 0.00 por TM-01  
 Inclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 1.00                      Ancho = 1.00

Linear Composites - ParaGrid - 80

Largo.....[m] = 6.30

Espaciamiento Vertical.....[m] = 2.00

Offset.....[m] = 0.00

**Bloque: TM-06**

Dimensiones del bloque [m].....: Ancho de la Base =  
6.30                    Altura =                    3.00

.....[m] = 0.00 por TM-05

Inclinación Paramento.....[°].....: 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Largo.....[m] = 4.00

Gavión.....[m]: Altura..... = 1.00            Ancho..... = 1.00

Linear Composites - ParaGrid - 80

Largo.....[m] = 6.30

Espaciamiento Vertical.....[m] = 3.00

Offset.....[m] = 0.00

**Bloque: TM-03**

Dimensiones del bloque [m].....: Ancho de la Base =  
6.30                    Altura =                    3.00

.....[m] = 0.00 por TM-02

Inclinación Paramento.....[°].....: 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Largo.....[m] = 4.00

Gavión.....[m]: Altura..... = 1.00            Ancho..... = 1.00

Linear Composites - ParaGrid - 80

Largo.....[m] = 6.30

Espaciamiento Vertical.....[m] = 3.00

Offset.....[m] = 0.00

**Sobrecargas:**

**Cargas Distribuidas: S/C**    Descripción:

Intensidad [kN/m<sup>2</sup>] = 20.00    Inclinación.....[°] = 0.00

Abscisa.....[m].....: de = 2.00 hasta = 10.50

**Propiedades de los refuerzos utilizados:**

Linear Composites - ParaGrid - 80

Resistencia a la Tracción.....[kN/m].....: 80.00

Tasa de deformación plástica.....: 0.00

Coefficiente de deformación elástica.....[m<sup>3</sup>/kN].....: 1.10e-04

Rigidez del refuerzo.....[kN/m].....: 665.00

Largo de anclaje Mínimo.....[m].....: 0.15

Factor de seg. contra la rotura (grava).....: 1.67

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....:1.00

Factor de seg. contra la rotura (arena).....: 1.54

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....:1.00

Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.54

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa): 1.54

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....: 1.00

Factor de interacción refuerzo/refuerzo : 0.16

Coefficiente de interacción refuerzo-grava.....: 0.90

Coefficiente de interacción refuerzo-arena.....: 0.90

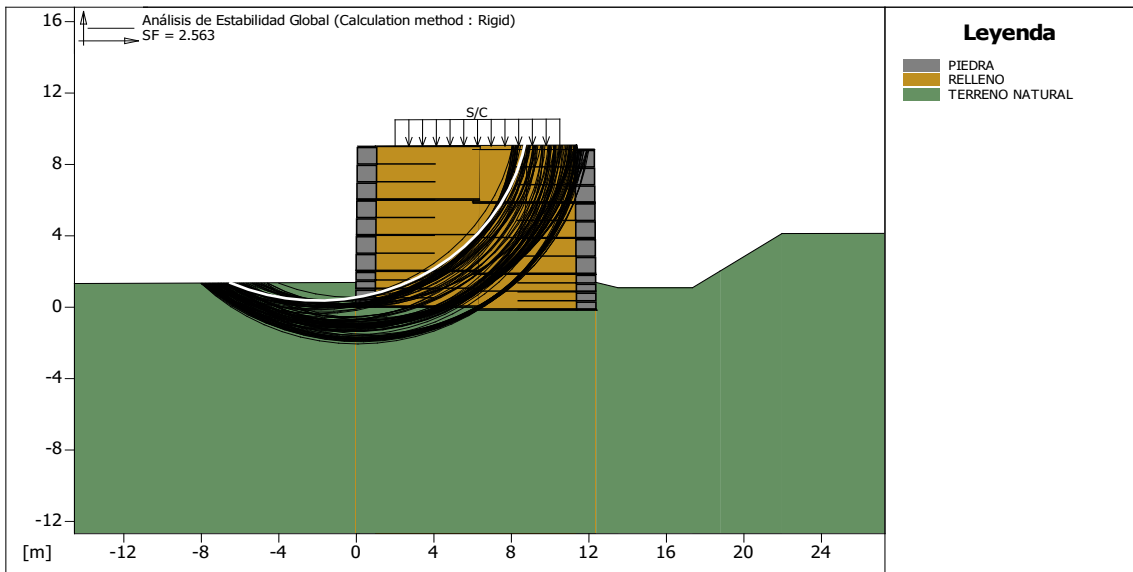
Coefficiente de interacción refuerzo-limo: 0.70

Coefficiente de interacción refuerzo-arcilla.....: 0.40

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.4P - 0.5x1.0  
 Resistencia a la Tracción.....[kN/m].: 32.60  
 Tasa de deformación plástica : 2.00  
 Coeficiente de deformación elástica [m<sup>3</sup>/kN] : 1.10e-04  
 Rigidez del refuerzo [kN/m] : 325.00  
 Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15  
 Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.44  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) : 1.30  
 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  
 Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 0.5x1.0  
 Resistencia a la Tracción.....[kN/m].: 41.30  
 Tasa de deformación plástica : 2.00  
 Coeficiente de deformación elástica [m<sup>3</sup>/kN] : 1.10e-04  
 Rigidez del refuerzo [kN/m] : 420.00  
 Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15  
 Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.44  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) : 1.30  
 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  
 Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0  
 Resistencia a la Tracción [kN/m] : 41.30  
 Tasa de deformación plástica : 2.00  
 Coeficiente de deformación elástica [m<sup>3</sup>/kN] : 1.10e-04  
 Rigidez del refuerzo [kN/m] : 420.00  
 Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15  
 Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.44  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa).: 1.30  
 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

## Verificación de los resultados:

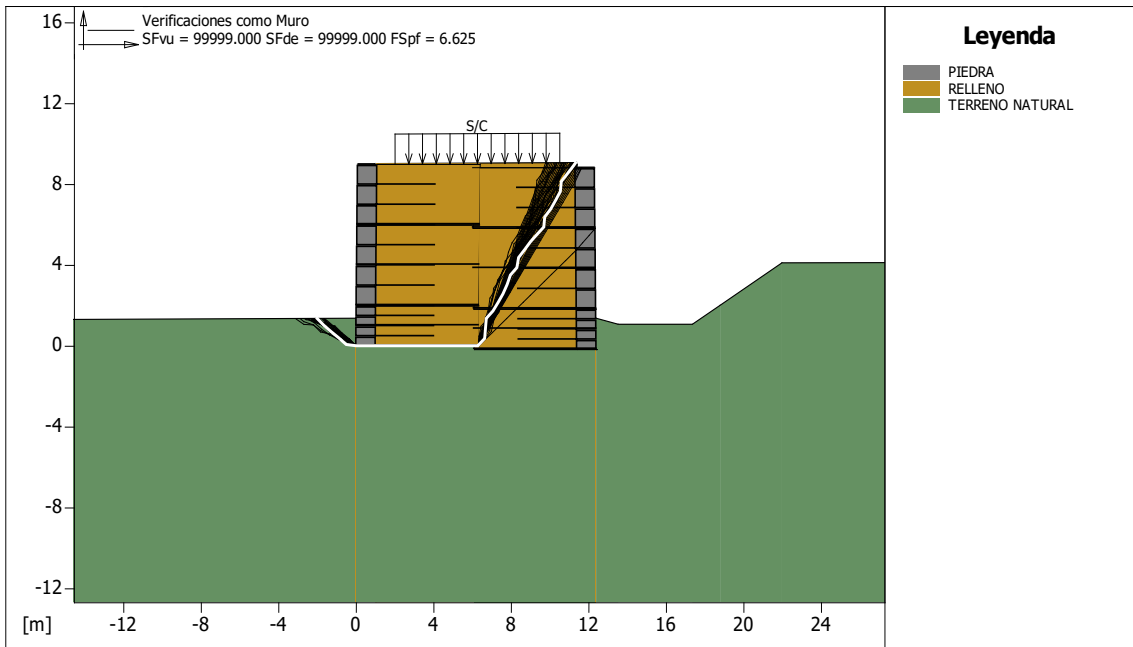
### Figura 35- Verificación de la estabilidad global.



Fuente: Elaboración Propia.

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
Factor de Seguridad Calculado: 2.563

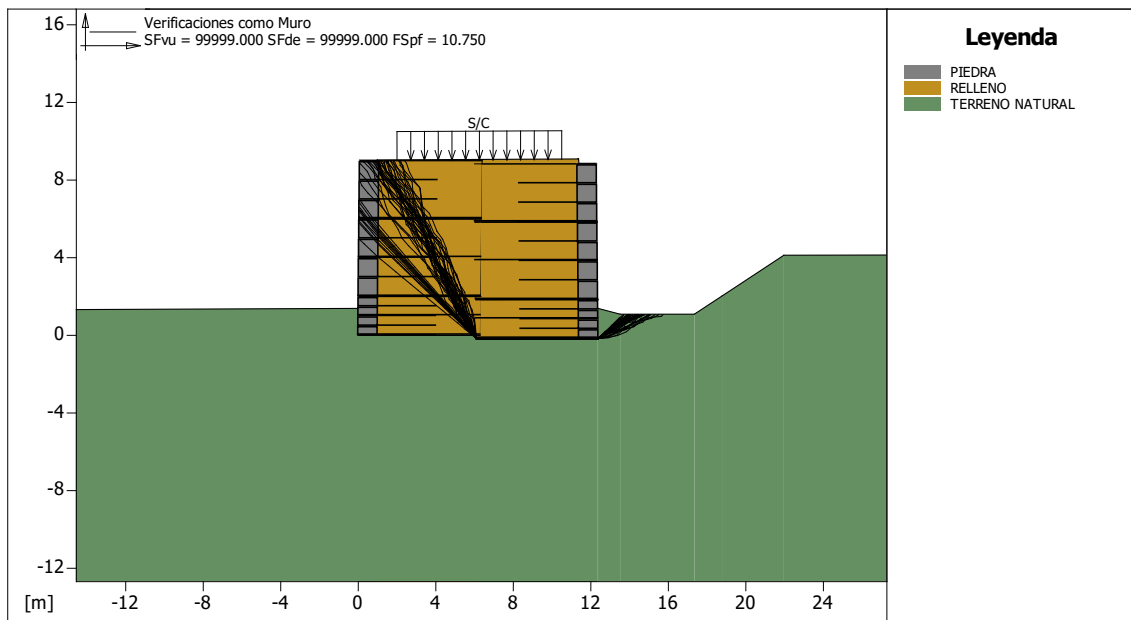
### Figura 36- Verificación como muro a gravedad TM-01.



Fuente: Elaboración Propia.

Bloque Considerado: TM-01		
Fuerza Estabilizante.....	[kN/m]	: 579.34
Fuerza Solicitante.....	[kN/m]	: -39.18
Factor de Seguridad contra el Deslizamiento.....		: 99999.000
Momento Estabilizante.....	[kN*m/m]	: 3320.30
Momento Solicitante.....	[kN*m/m]	: -358.59
Factor de Seguridad contra el Vuelco.....		: 99999.000
Capacidad portante de acuerdo con el método del Equilibrio Limite.		
Capacidad portante.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 1078.30
Presión media.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 162.76
Factor de seguridad de la capacidad portante del suelo de apoyo:		6.625
Fundación equivalente.....	[m]	: 6.30
Excentricidad fuerza normal.....	[m]	: -0.44
Brazo del momento.....	[m]	: 9.15
Fuerza normal.....	[kN]	: 1024.60
Tensión normal (Máxima) en el borde externo.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 96.86
Tensión normal (Mínima) en el borde interno.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 281.29

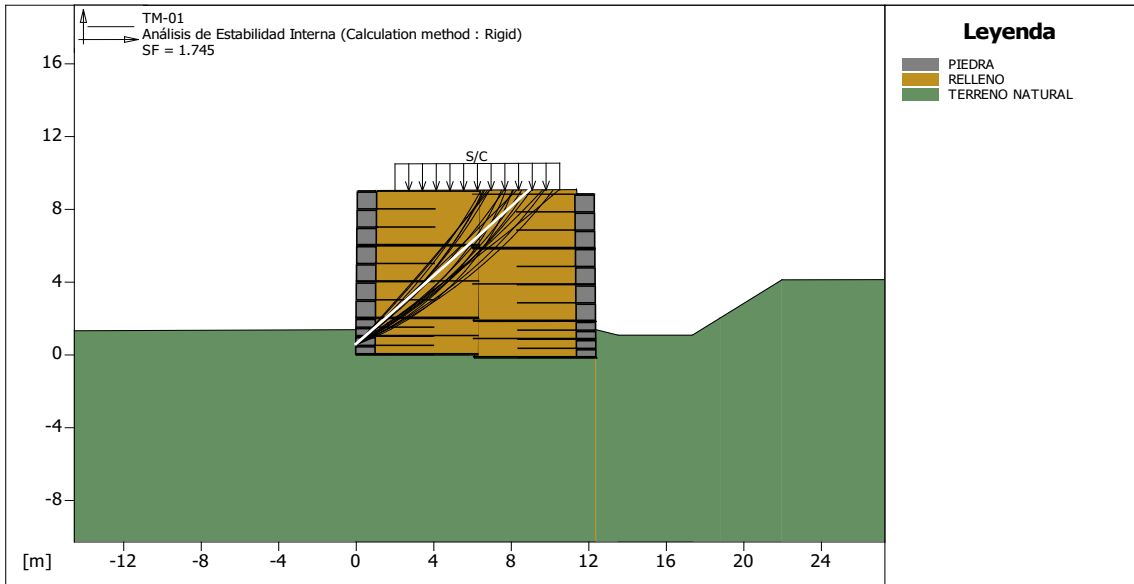
**Figura 37- Verificación como muro a gravedad TM-04.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Bloque Considerado: TM-04		
Fuerza Estabilizante.....	[kN/m]	: 589.39
Fuerza Solicitante.....	[kN/m]	: -118.35
Factor de Seguridad contra el Deslizamiento.....		: 99999.000
Momento Estabilizante.....	[kN*m/m]	: 3383.20
Momento Solicitante.....	[kN*m/m]	: -586.67
Factor de Seguridad contra el Vuelco.....		: 99999.000
Capacidad portante de acuerdo con el método del Equilibrio Limite.		
Capacidad portante.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 1791.40
Presión media.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 166.64
Factor de seguridad de la capacidad portante del suelo de apoyo:		10.750
Fundación equivalente.....	[m]	: 6.30
Excentricidad fuerza normal.....	[m]	: -0.66
Brazo del momento.....	[m]	: 4.96
Fuerza normal.....	[kN]	: 1043.20
Tensión normal (Máxima) en el borde externo.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 44.22
Tensión normal (Mínima) en el borde interno.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 374.00

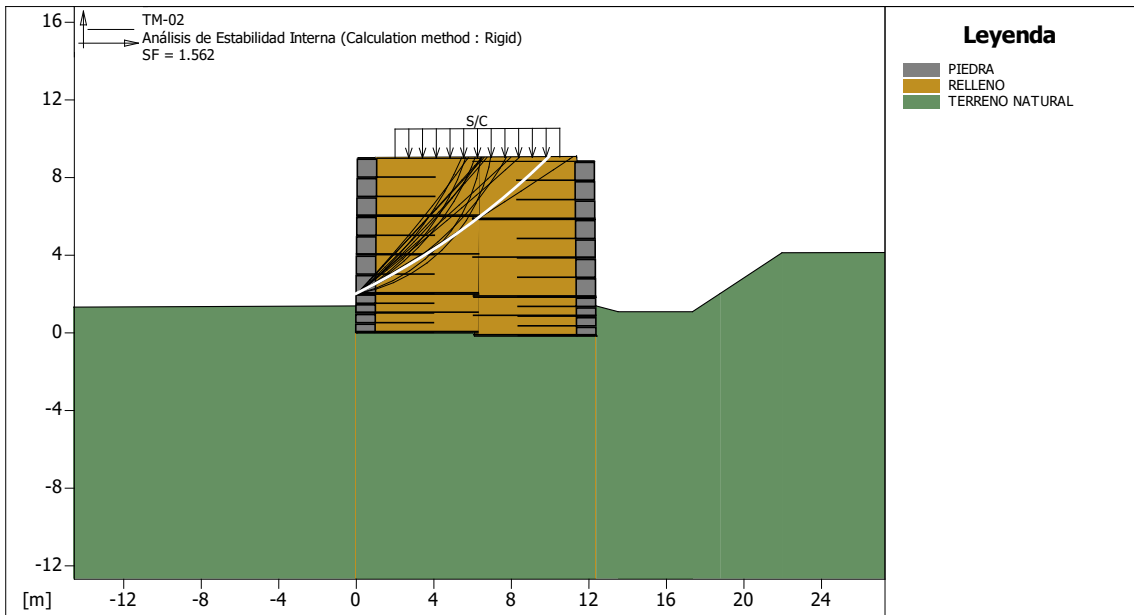
**Figura 38- Verificación de la estabilidad interna TM-01.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado ..... : 1.745

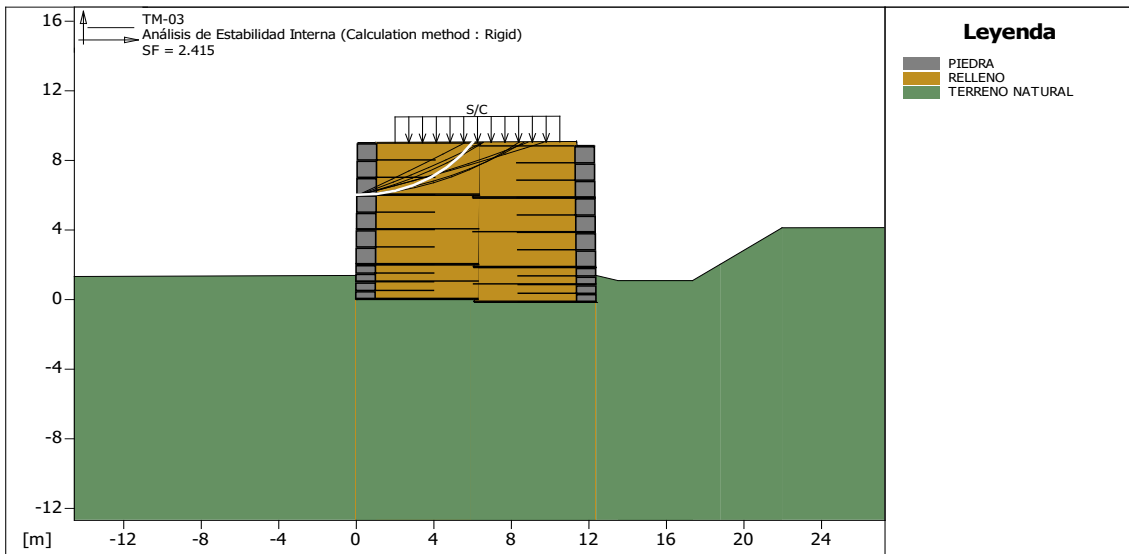
**Figura 39- Verificación de la estabilidad interna TM-02.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado ..... : 1.562

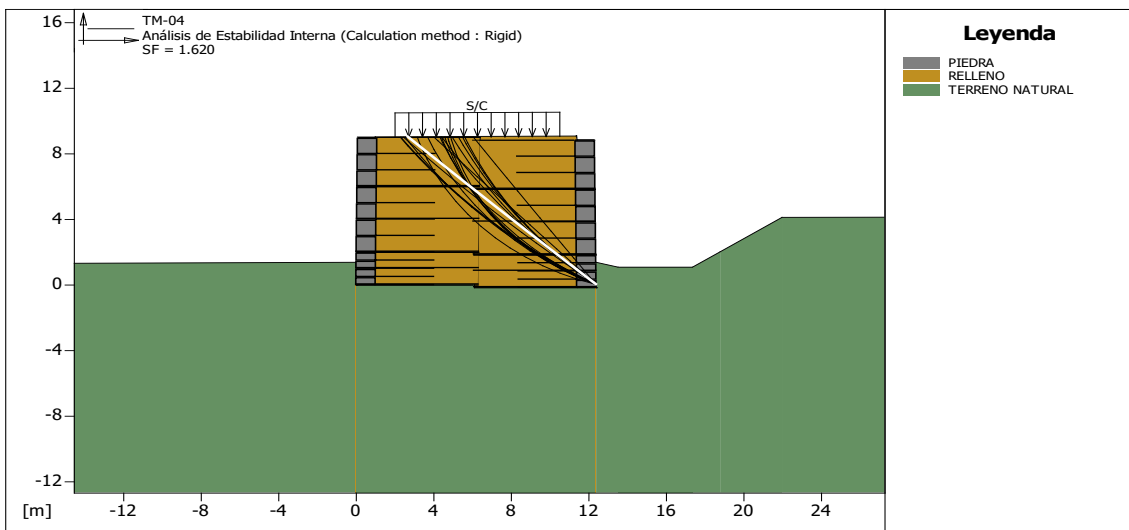
**Figura 40- Verificación de la estabilidad interna TM-03.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado.....: 2.415

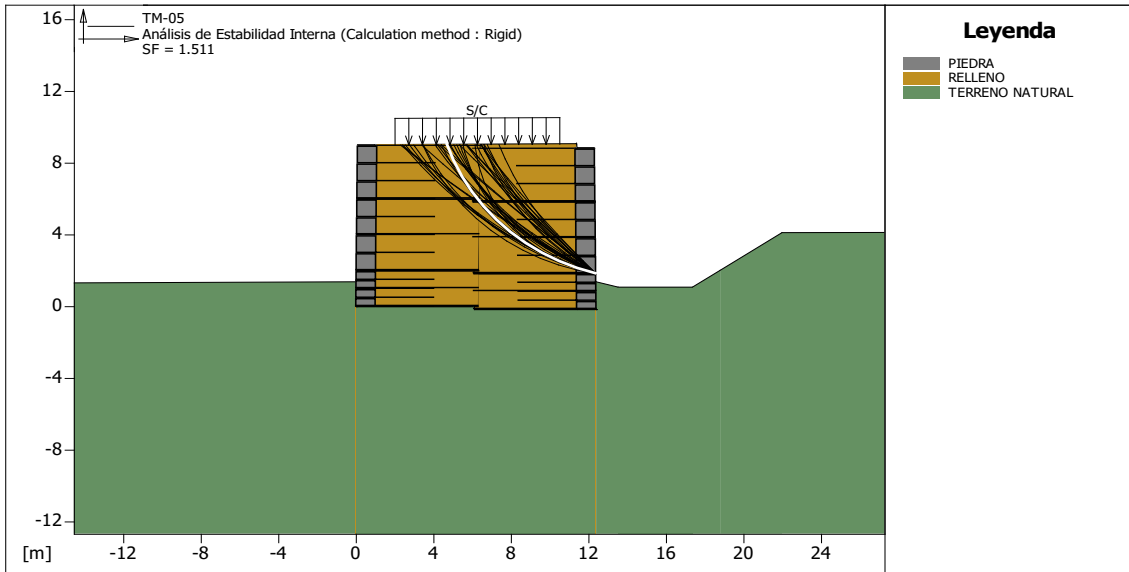
**Figura 41- Verificación de la estabilidad interna TM-04.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado...: 1.620

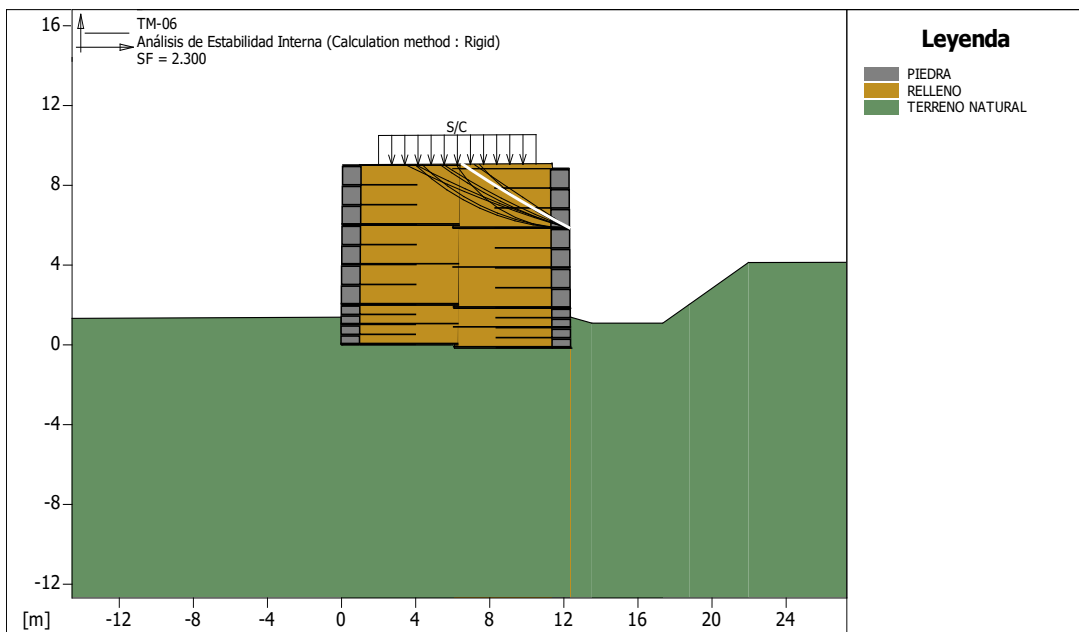
**Figura 42- Verificación de la estabilidad interna TM-05.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado.....: 1.511  
 Determinación de las fuerzas en los refuerzos por el método del Límite Elástico.

**Figura 43- Verificación de la estabilidad interna TM-06.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado.....: 2.300





Largo.....[m]..... = 4.00  
 Gavión.....[m]: Altura..... = 1.00 Ancho..... = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo.....[m]..... = 6.30  
 Espaciamiento Vertical.....[m]..... = 2.00  
 Offset.....[m]..... = 0.00

**Bloque: TM-06**

Dimensiones del bloque [m].....: Ancho de la Base =  
 6.30 Altura = 3.00  
 .....[m]..... = 0.00 por TM-05  
 Inclinación Paramento.....[°].....: 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Largo.....[m]..... = 4.00  
 Gavión.....[m]: Altura..... = 1.00 Ancho..... = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo.....[m]..... = 6.30  
 Espaciamiento Vertical.....[m]..... = 3.00  
 Offset.....[m]..... = 0.00

**Bloque: TM-03**

Dimensiones del bloque [m].....: Ancho de la Base =  
 6.30 Altura = 3.00  
 .....[m]..... = 0.00 por TM-02  
 Inclinación Paramento.....[°].....: 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Largo.....[m]..... = 4.00  
 Gavión.....[m]: Altura..... = 1.00 Ancho..... = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo.....[m]..... = 6.30  
 Espaciamiento Vertical.....[m]..... = 3.00  
 Offset.....[m]..... = 0.00

**Sobrecargas:**

**Cargas Distribuidas: S/C** Descripción:

Intensidad [kN/m<sup>2</sup>] = 20.00 Inclinación.....[°]..... = 0.00  
 Abscisa.....[m].....: de = 2.00 hasta = 10.50

**Efectos Sísmicos:**

Aceleración [m/s<sup>2</sup>].....: Horizontal..... = 1.72 Vertical..... = 0.00

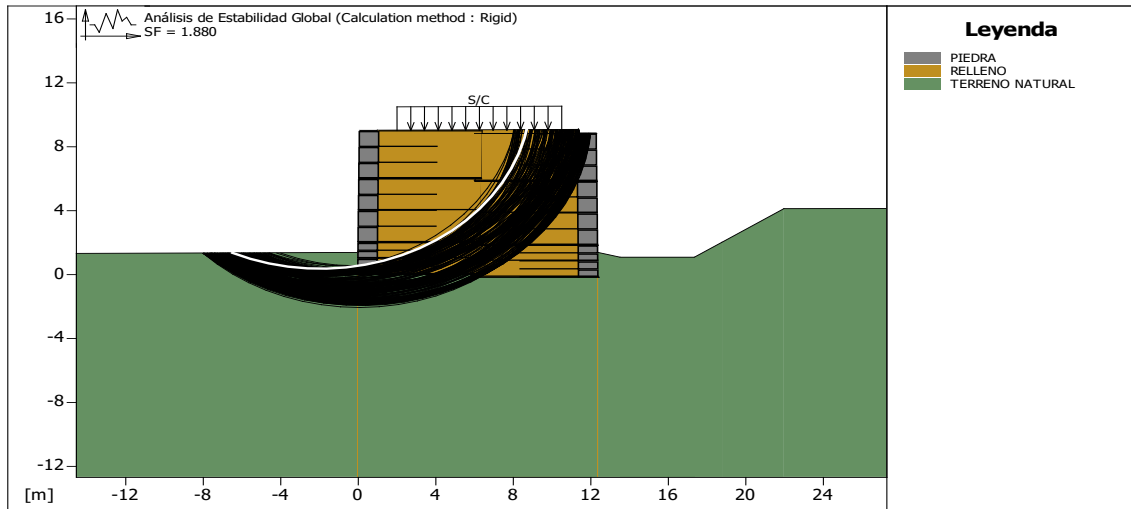
**Propiedades de los refuerzos utilizados:**

Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Resistencia a la Tracción.....[kN/m].....: 80.00  
 Tasa de deformación plástica.....: 0.00  
 Coeficiente de deformación elástica.....[m<sup>3</sup>/kN].....: 1.10e-04  
 Rigidez del refuerzo.....[kN/m].....: 665.00  
 Largo de anclaje Mínimo.....[m].....: 0.15  
 Factor de seg. contra la rotura (grava).....: 1.67  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....: 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena).....: 1.54  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....: 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena limosa).....: 1.54  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....: 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa).....: 1.54  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....: 1.00  
 Factor de interacción refuerzo/refuerzo.....: 0.16

Coeficiente de interacción refuerzo-grava.....: 0.90  
 Coeficiente de interacción refuerzo-arena.....: 0.90  
 Coeficiente de interacción refuerzo-limo.: 0.70  
 Coeficiente de interacción refuerzo-arcilla.....: 0.40  
 Maccaferri - Terramesh System - 10/2.4P - 0.5x1.0  
 Resistencia a la Tracción.....[kN/m].: 32.60  
 Tasa de deformación plástica...: 2.00  
 Coeficiente de deformación elástica [m³/kN] : 1.10e-04  
 Rigidez del refuerzo [kN/m] : 325.00  
 Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15  
 Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.44  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....: 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa).: 1.30  
 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  
 Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 0.5x1.0  
 Resistencia a la Tracción [kN/m] : 41.30  
 Tasa de deformación plástica :2.00  
 Coeficiente de deformación elástica [m³/kN] : 1.10e-04  
 Rigidez del refuerzo [kN/m] : 420.00  
 Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15  
 Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.44  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) : 1.30  
 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  
 Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0  
 Resistencia a la Tracción [kN/m] : 41.30  
 Tasa de deformación plástica :2.00  
 Coeficiente de deformación elástica [m³/kN] :1.10e-04  
 Rigidez del refuerzo [kN/m] :420.00  
 Largo de anclaje Mínimo [m] :0.15  
 Factor de seg. contra la rotura (grava) :1.44  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) :1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena) :1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) :1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) :1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) :1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) :1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....:1.00  
 Factor de interacción refuerzo/refuerzo.:0.30  
 Coeficiente de interacción refuerzo-grava : 0.90

## Verificación de los resultados:

### Figura 44- Verificación de la estabilidad global.



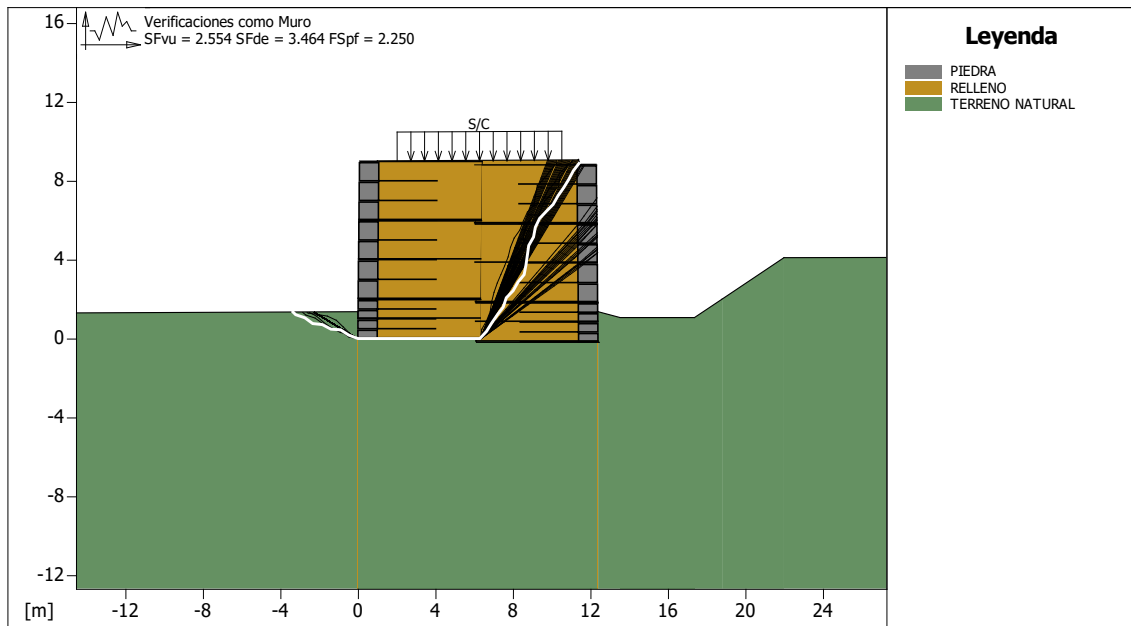
Fuente: Elaboración Propia.

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido

Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop

Factor de Seguridad Calculado...: 1.880

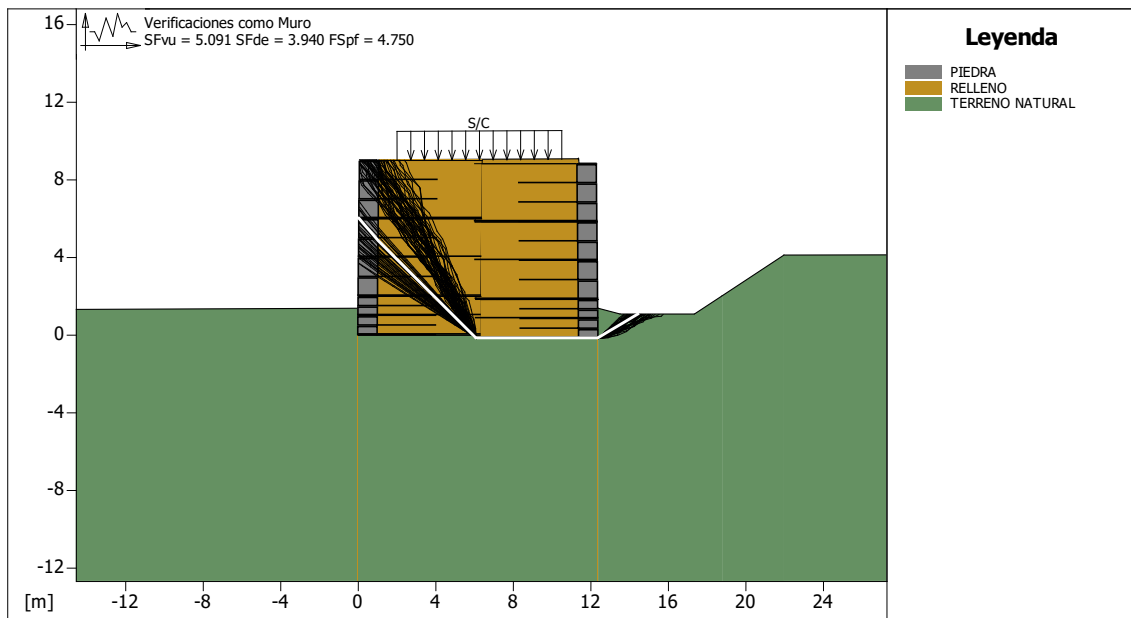
### Figura 45- Verificación como muro a gravedad TM-01.



Fuente: Elaboración Propia.

Bloque Considerado: TM-01		
Fuerza Estabilizante.....	[kN/m]	: 579.34
Fuerza Solicitante.....	[kN/m]	: 226.87
Factor de Seguridad contra el Deslizamiento.....		: 2.554
Momento Estabilizante.....	[kN*m/m]	: 3320.30
Momento Solicitante.....	[kN*m/m]	: 958.59
Factor de Seguridad contra el Vuelco.....		: 3.464
Capacidad portante de acuerdo con el método del Equilibrio Limite.		
Capacidad portante.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 512.20
Presión media.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 227.65
Factor de seguridad de la capacidad portante del suelo de apoyo:		: 2.250
Fundación equivalente.....	[m]	: 4.61
Excentricidad fuerza normal.....	[m]	: 0.85
Brazo del momento.....	[m]	: 4.23
Fuerza normal.....	[kN]	: 1024.60
Tensión normal (Máxima) en el borde externo.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 293.52
Tensión normal (Mínima) en el borde interno.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 31.75

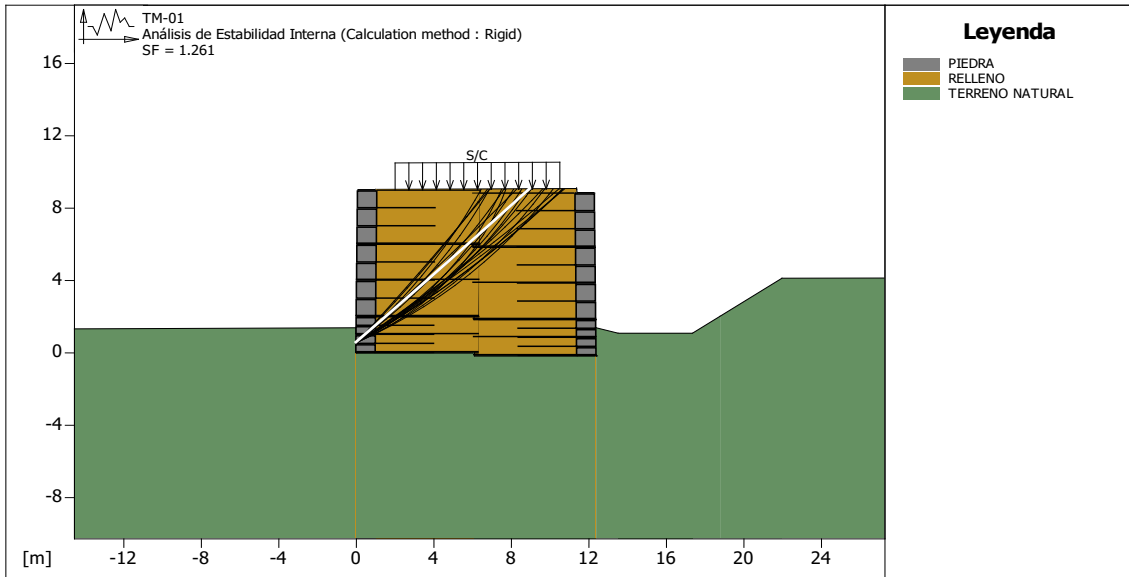
**Figura 46- Verificación como muro a gravedad TM-04.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Bloque Considerado: TM-04		
Fuerza Estabilizante.....	[kN/m]	: 589.39
Fuerza Solicitante.....	[kN/m]	: 115.77
Factor de Seguridad contra el Deslizamiento.....		: 5.091
Momento Estabilizante.....	[kN*m/m]	: 3383.20
Momento Solicitante.....	[kN*m/m]	: 858.75
Factor de Seguridad contra el Vuelco.....		: 3.940
Capacidad portante de acuerdo con el método del Equilibrio Limite.		
Capacidad portante.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 1030.00
Presión media.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 216.85
Factor de seguridad de la capacidad portante del suelo de apoyo:		: 4.750
Fundación equivalente.....	[m]	: 4.84
Excentricidad fuerza normal.....	[m]	: 0.73
Brazo del momento.....	[m]	: 7.42
Fuerza normal.....	[kN]	: 1043.20
Tensión normal (Máxima) en el borde externo.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 280.71
Tensión normal (Mínima) en el borde interno.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 50.47

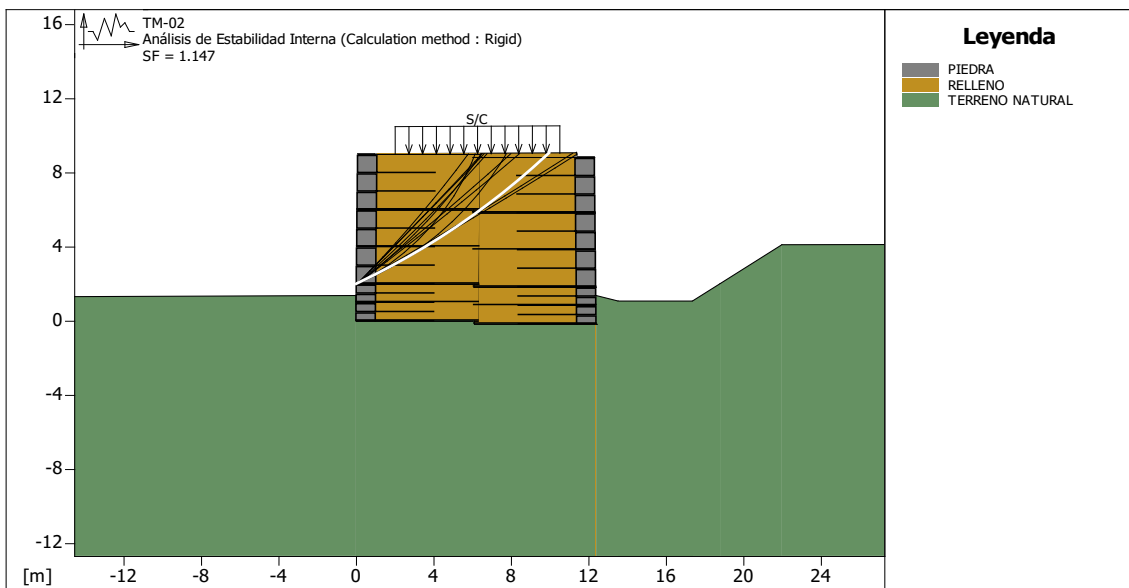
**Figura 47- Verificación de la estabilidad interna TM-01.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado .....: 1.261

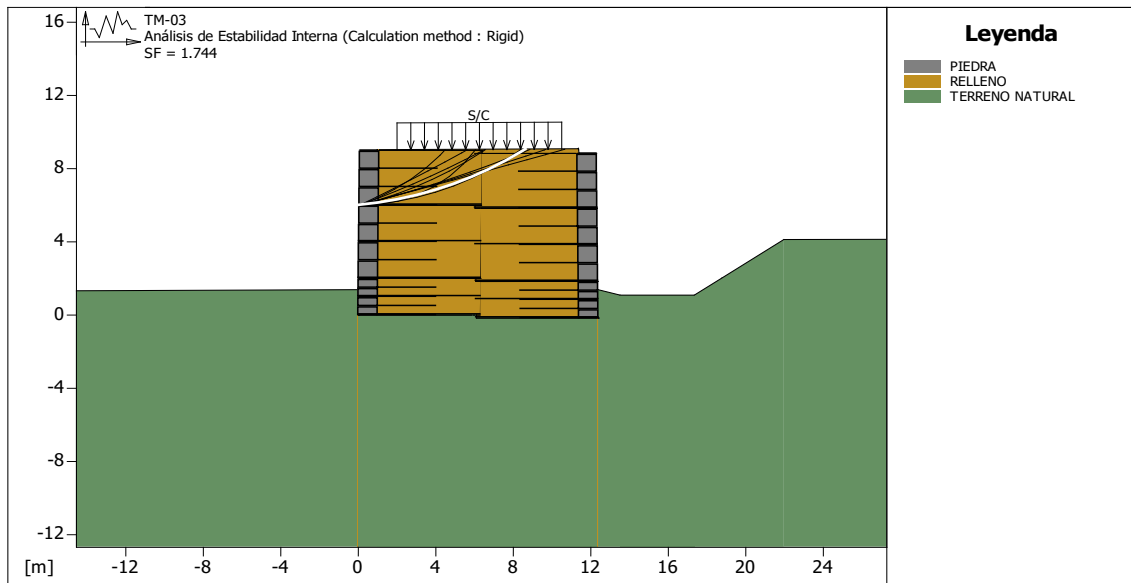
**Figura 48- Verificación de la estabilidad interna TM-02.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Requerido .....:

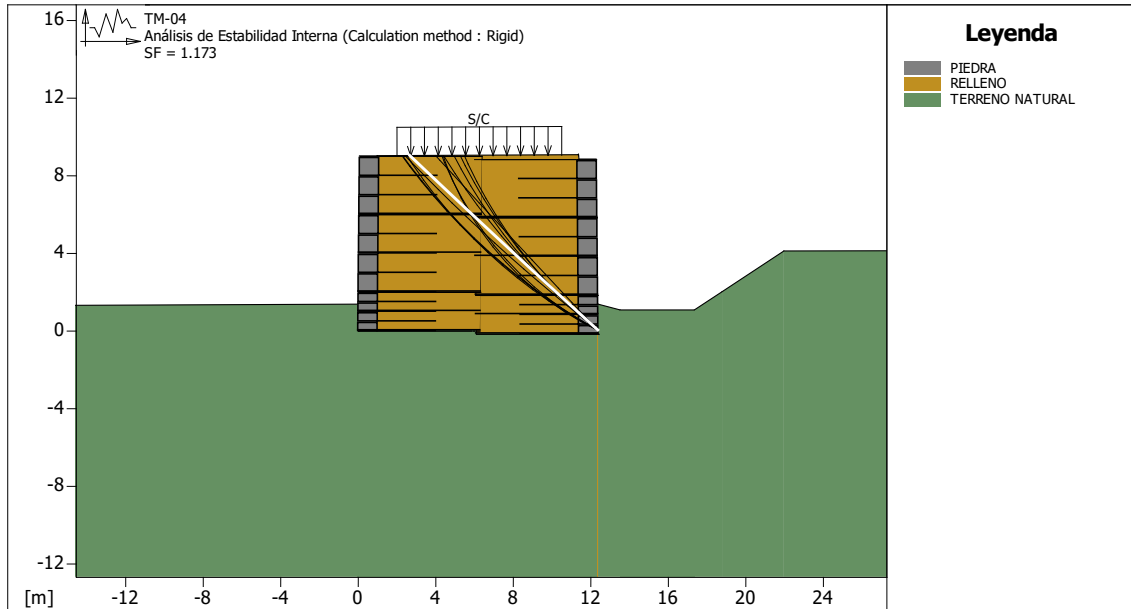
**Figura 49- Verificación de la estabilidad interna TM-03.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado .....: 1.744

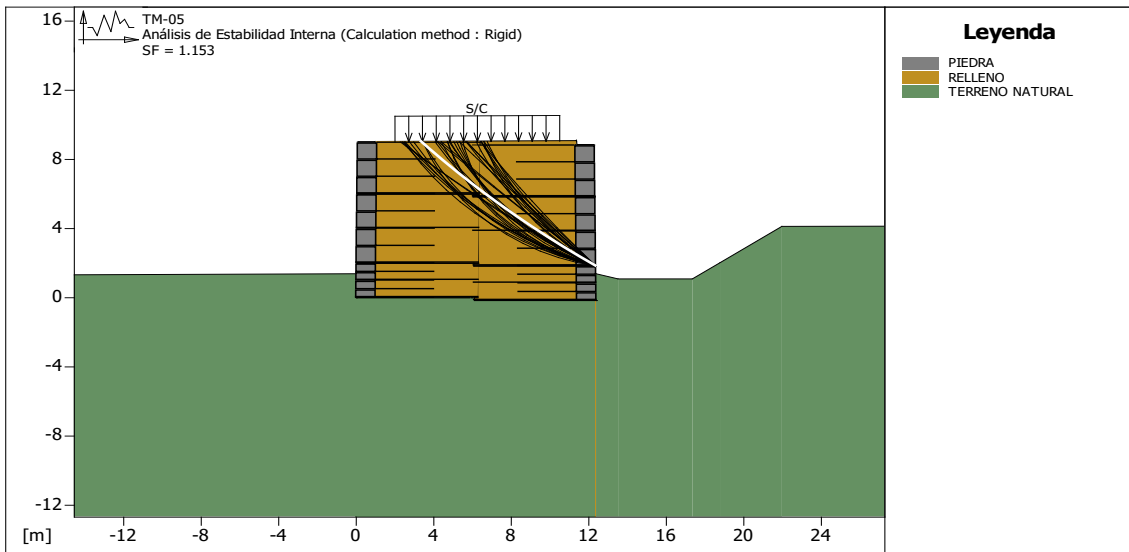
**Figura 50- Verificación de la estabilidad interna TM-04.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Factor de Seguridad Calculado .....: 1.173  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Janbu

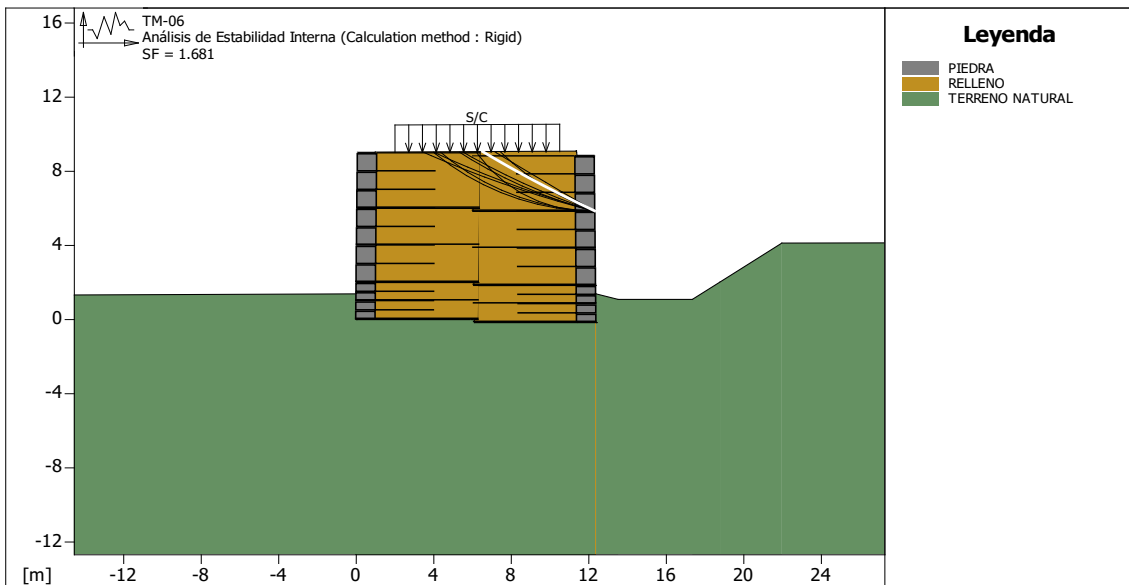
**Figura 51- Verificación de la estabilidad interna TM-05.**



Fuente: Elaboración Propia.

Factor de Seguridad Calculado.....: 1.153  
Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Janbu  
Determinación de las fuerzas en los refuerzos por el método del Límite Elástico.

**Figura 52- Verificación de la estabilidad interna TM-06.**



Fuente: Elaboración Propia.

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
Factor de Seguridad Calculado.....: 1.681



**e. Análisis estático para el diseño de suelo reforzado en el acceso vecinal sección 00+115:**

**Bloques reforzados:**

**Bloque: TM-01**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 6.30                      Altura =                      2.00  
 Origen del Bloque [m] : Abscisa =  
 0.00                      Ordenada =                      0.00  
 BermaInclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 0.5x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 0.50                      Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 6.30  
 Espaciamiento Vertical [m] = 0.50  
 Offset [m] = 0.00

**Bloque: TM-02**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 6.30                      Altura =                      4.00  
    [m] = 0.00 por TM-01  
 Inclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 1.00                      Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 6.30  
 Espaciamiento Vertical [m] = 1.00  
 Offset [m] = 0.00

**Bloque: TM-03**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 6.30                      Altura =                      3.00  
    [m] = 0.00 por TM-02  
 Inclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 1.00                      Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 6.30  
 Espaciamiento Vertical [m] = 2.00  
 Offset [m] = 0.00

**Sobrecargas:****Cargas Distribuidas: S/C** Descripción:Intensidad [kN/m<sup>2</sup>] = 20.00 Inclinación [°] = 0.00

Abscisa [m]: de = 1.50 hasta = 12.00

**Propiedades de los refuerzos utilizados:**

Linear Composites - ParaGrid - 80

Resistencia a la Tracción [kN/m] : 80.00

Tasa de deformación plástica : 0.00

Coeficiente de deformación elástica [m<sup>3</sup>/kN] : 1.10e-04

Rigidez del refuerzo [kN/m] : 665.00

Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15

Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.67

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.54

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.54

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) : 1.54

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00

Factor de interacción refuerzo/refuerzo : 0.16

Coeficiente de interacción refuerzo-grava : 0.90

Coeficiente de interacción refuerzo-arena : 0.90

Coeficiente de interacción refuerzo-limo : 0.70

Coeficiente de interacción refuerzo-arcilla : 0.40

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 0.5x1.0

Resistencia a la Tracción [kN/m] : 41.30

Tasa de deformación plástica : 2.00

Coeficiente de deformación elástica [m<sup>3</sup>/kN] : 1.10e-04

Rigidez del refuerzo [kN/m] : 420.00

Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15

Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.44

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.30

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.30

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) : 1.30

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

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Resistencia a la Tracción [kN/m] : 41.30

Tasa de deformación plástica : 2.00

Coeficiente de deformación elástica [m<sup>3</sup>/kN] : 1.10e-04

Rigidez del refuerzo [kN/m] : 420.00

Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15

Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.44

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.30

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.30

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00

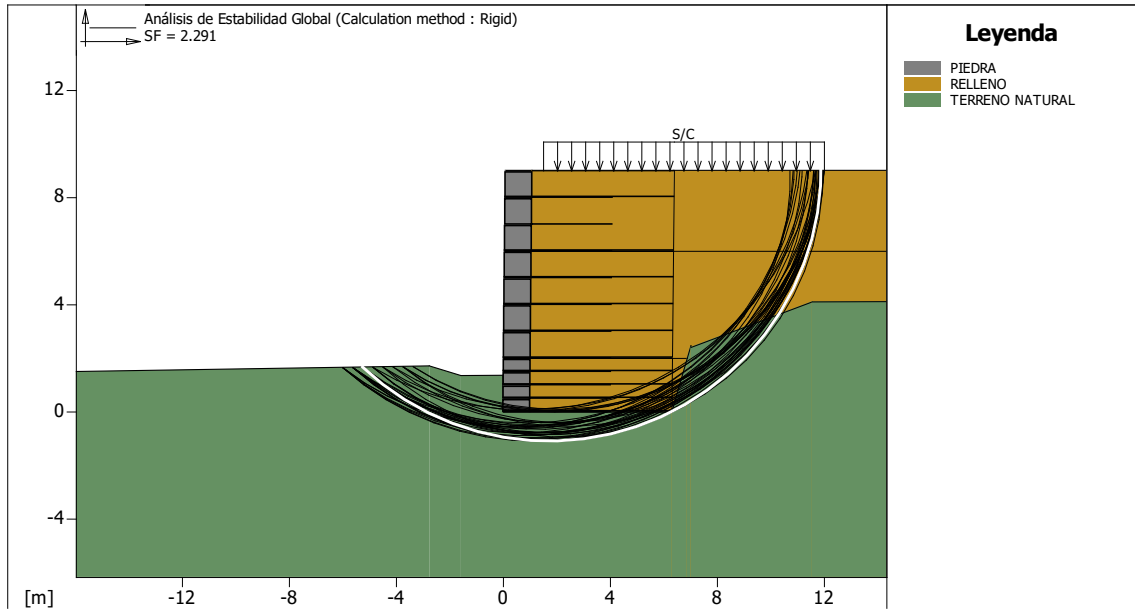
Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) : 1.30

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00

Factor de interacción refuerzo/refuerzo : 0.30

## Verificación de los resultados:

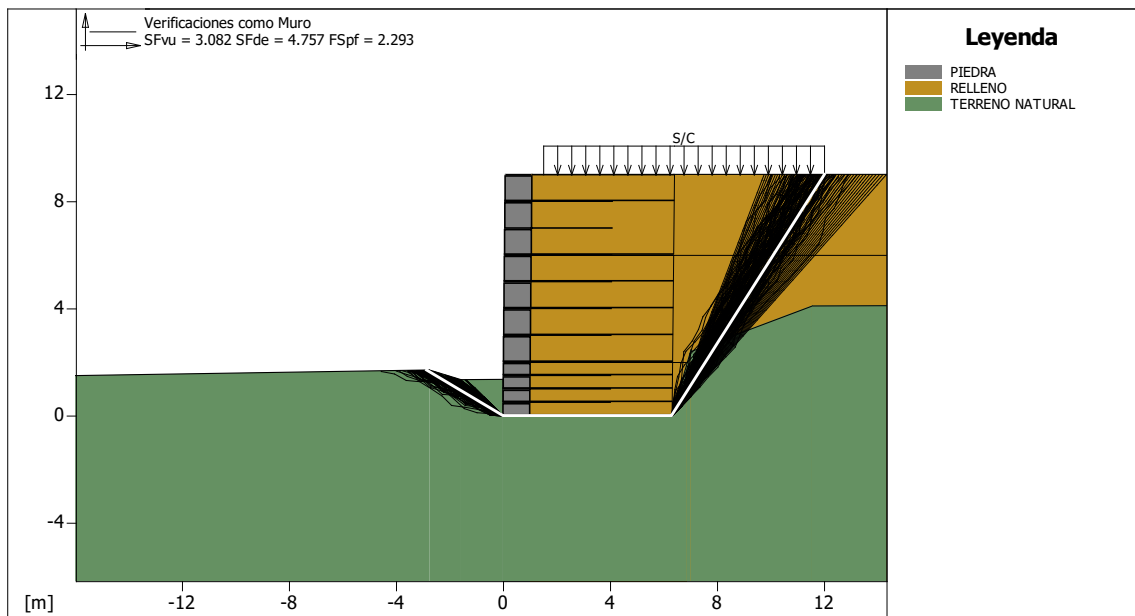
### Figura 53- Verificación de la Estabilidad global.



Fuente: Elaboración Propia.

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
Factor de Seguridad Calculado.....: 2.291

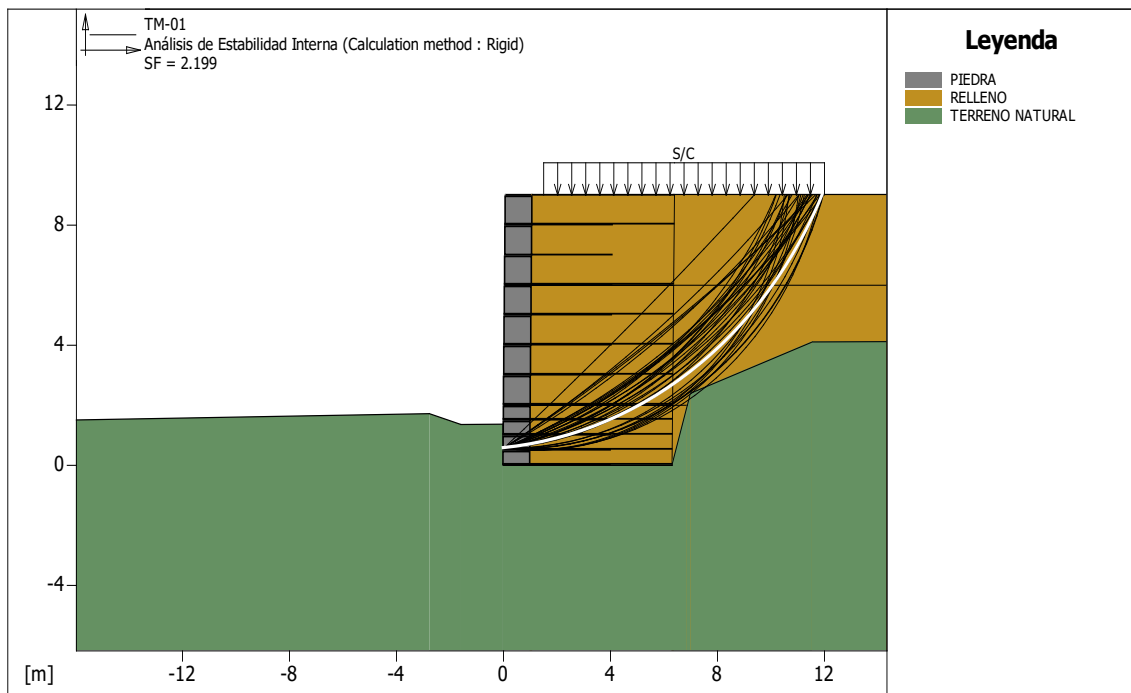
### Figura 54- Verificación como muro a gravedad TM-01.



Fuente: Elaboración Propia.

Bloque Considerado: TM-01		
Fuerza Estabilizante.....	[kN/m]	: 583.55
Fuerza Solicitante.....	[kN/m]	: 189.33
Factor de Seguridad contra el Deslizamiento.....		: 3.082
Momento Estabilizante.....	[kN*m/m]	: 3322.70
Momento Solicitante.....	[kN*m/m]	: 698.45
Factor de Seguridad contra el Vuelco.....		: 4.757
Capacidad portante asignada.		
Capacidad portante.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 465.55
Presión media.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 203.07
Factor de seguridad de la capacidad portante del suelo de apoyo:		2.293
Fundación equivalente.....	[m]	: 5.08
Excentricidad fuerza normal.....	[m]	: 0.61
Brazo del momento.....	[m]	: 3.69
Fuerza normal.....	[kN]	: 1032.40
Tensión normal (Máxima) en el borde externo.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 258.77
Tensión normal (Mínima) en el borde interno.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 68.96

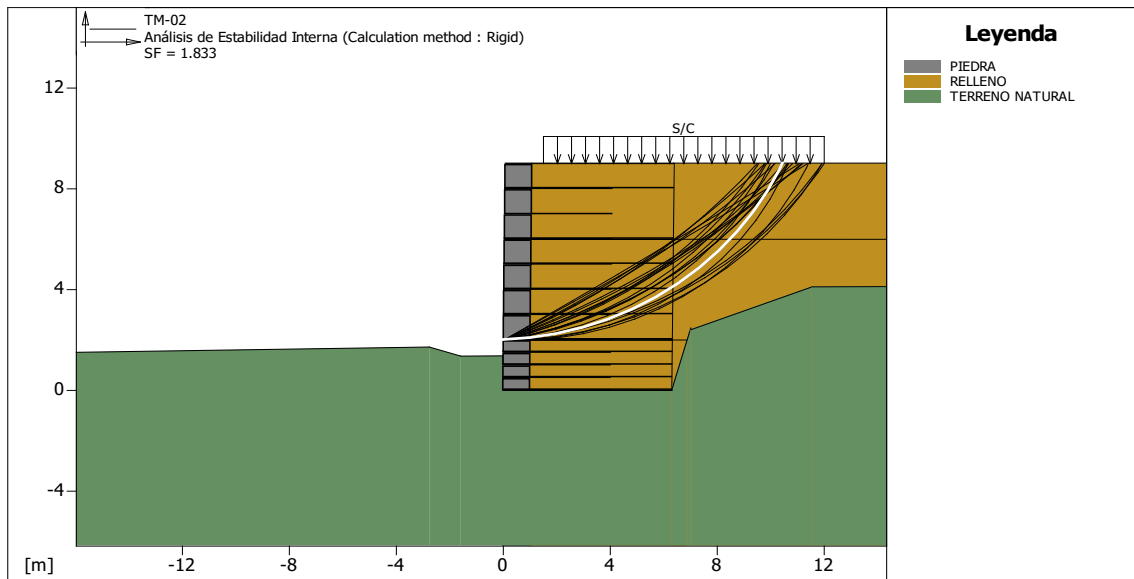
**Figura 55- Verificación de la estabilidad interna TM-01.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado..... : 2.199

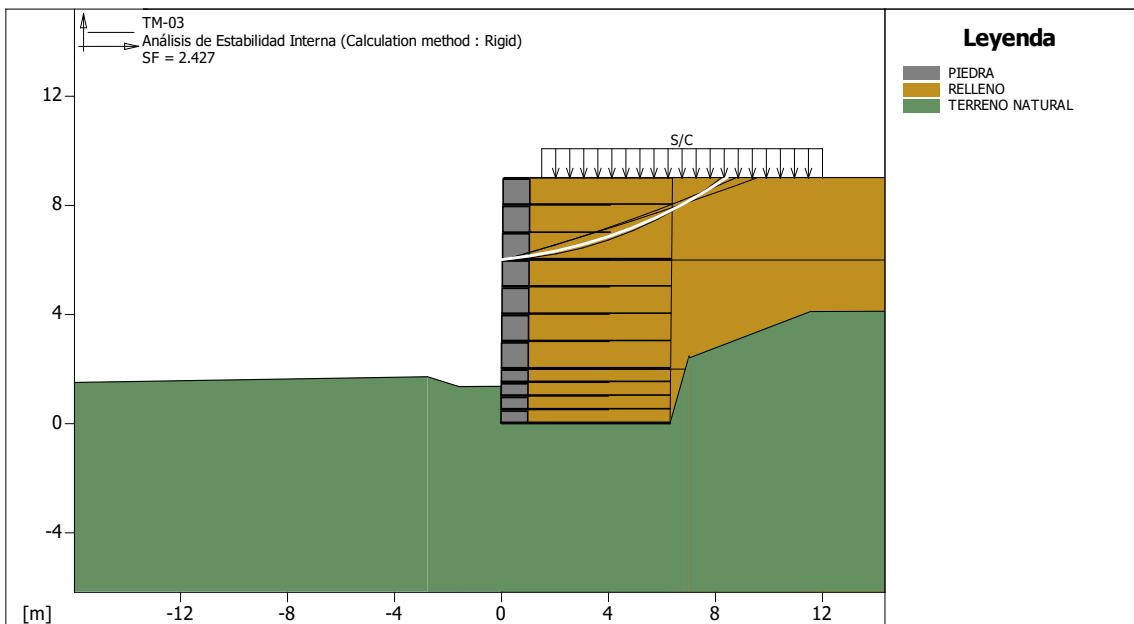
**Figura 56- Verificación de la estabilidad interna TM-02.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado ..... : 1.833

**Figura 57- Verificación de la estabilidad interna TM-03.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado ..... : 2.427

**f. Análisis pseudo estático para el diseño de suelo reforzado en el acceso vecinal sección 00+115:**

**Bloques reforzados:**

**Bloque: TM-01**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 6.30                      Altura =                      2.00  
 Origen del Bloque [m] : Abscisa =  
 0.00                      Ordenada =                      0.00  
 BermaInclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 0.5x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 0.50                      Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 6.30  
 Espaciamiento Vertical [m] = 0.50  
 Offset [m] = 0.00

**Bloque: TM-02**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 6.30                      Altura =                      4.00  
 [m] = 0.00 por TM-01  
 Inclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 1.00                      Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 6.30  
 Espaciamiento Vertical [m] = 1.00  
 Offset [m] = 0.00

**Bloque: TM-03**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 6.30                      Altura =                      3.00  
 [m] = 0.00 por TM-02  
 Inclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 1.00                      Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 6.30  
 Espaciamiento Vertical [m] = 2.00  
 Offset [m] = 0.00

**Sobrecargas:**

**Cargas Distribuidas: S/C Descripción:**

Intensidad [kN/m<sup>2</sup>] = 20.00                      Inclinación [°] = 0.00  
 Abscisa [m] : de = 1.50 hasta = 12.00

**Efectos Sísmicos:**

Aceleración [m/s<sup>2</sup>] : Horizontal = 1.72                      Vertical = 0.00

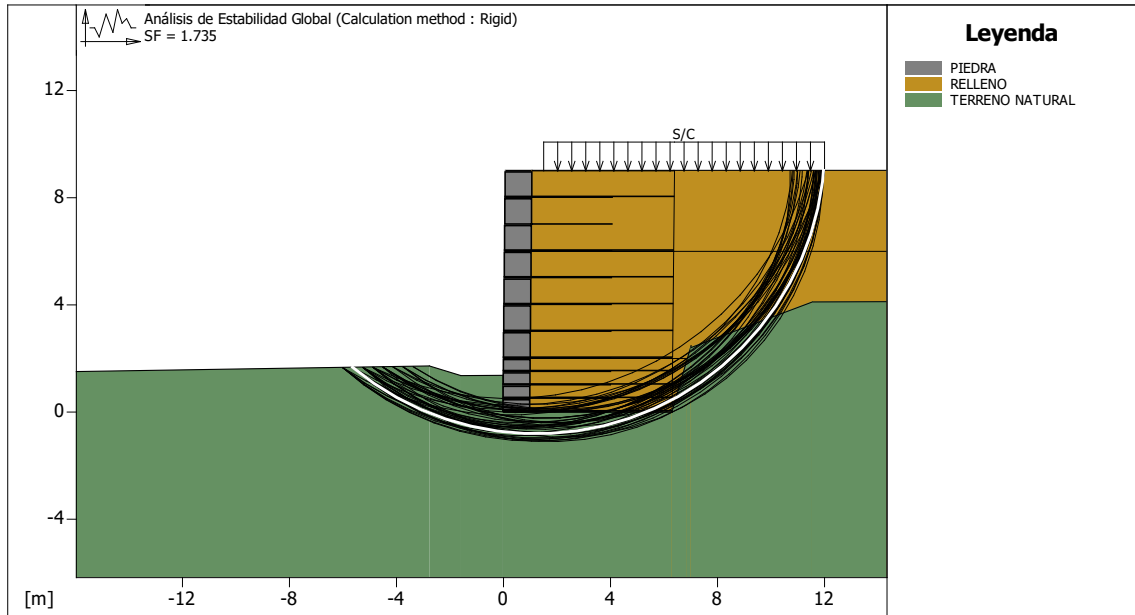
**Propiedades de los refuerzos utilizados:**

Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Resistencia a la Tracción [kN/m] : 80.00  
 Tasa de deformación plástica : 0.00  
 Coeficiente de deformación elástica [m<sup>3</sup>/kN] : 1.10e-04

Rigidez del refuerzo [kN/m] :665.00  
Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15  
Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.67  
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.54  
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.54  
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) : 1.54  
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
Factor de interacción refuerzo/refuerzo : 0.16  
Coeficiente de interacción refuerzo-grava.....: 0.90  
Coeficiente de interacción refuerzo-arena : 0.90  
Coeficiente de interacción refuerzo-limo : 0.70  
Coeficiente de interacción refuerzo-arcilla.....: 0.40  
Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 0.5x1.0  
Resistencia a la Tracción.....[kN/m].: 41.30  
Tasa de deformación plástica : 2.00  
Coeficiente de deformación elástica [m³/kN] :1.10e-04  
Rigidez del refuerzo [kN/m] : 420.00  
Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15  
Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.44  
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.30  
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.30  
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) : 1.30  
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  
Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0  
Resistencia a la Tracción.....[kN/m].:41.30  
Tasa de deformación plástica : 2.00  
Coeficiente de deformación elástica [m³/kN] :1.10e-04  
Rigidez del refuerzo [kN/m] : 420.00  
Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15  
Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.44  
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.30  
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.30  
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) : 1.30  
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

## Verificación de los resultados:

### Figura 58- Verificación de la Estabilidad global.



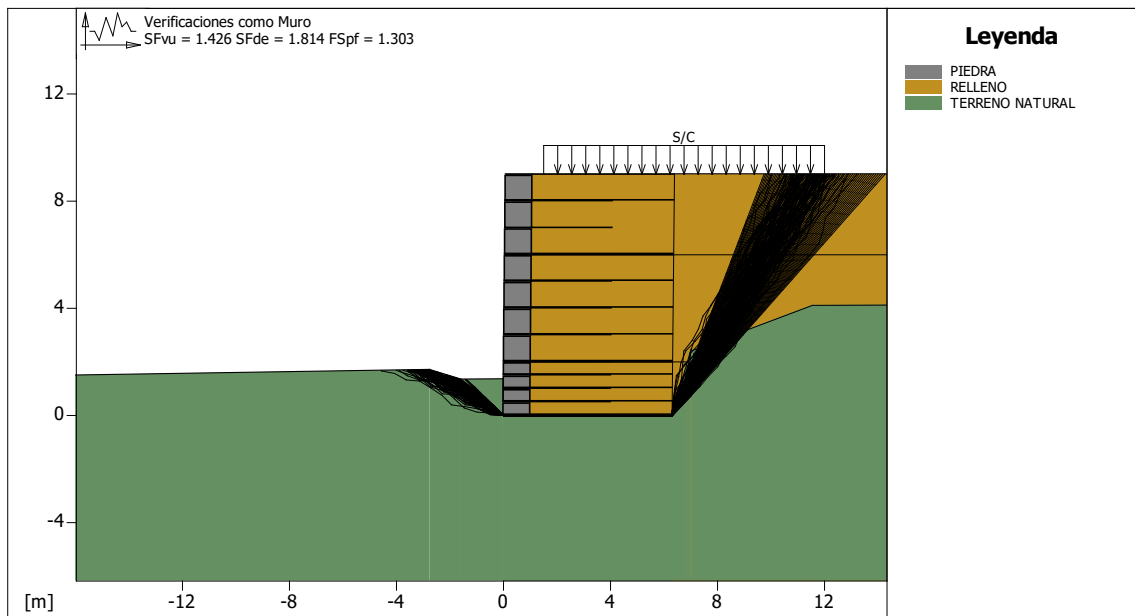
Fuente: Elaboración Propia.

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido

Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop

Factor de Seguridad Calculado ..... : 1.735

### Figura 59- Verificación como muro de gravedad TM-01.

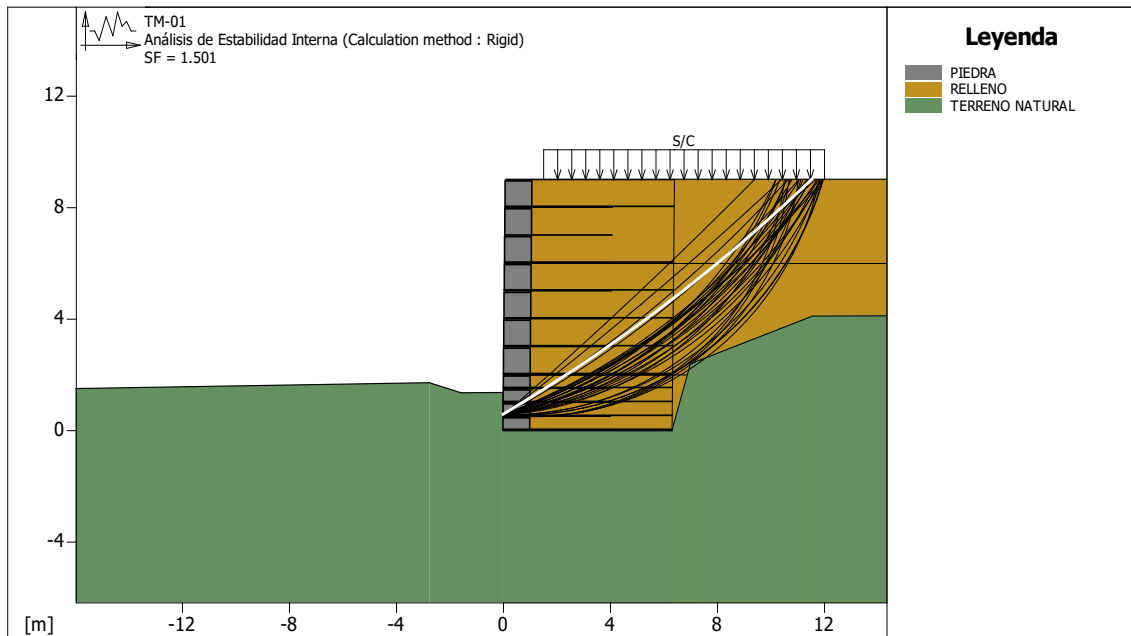


Fuente: Elaboración Propia.



Bloque Considerado: TM-01		
Fuerza Estabilizante.....	[kN/m]	: 583.55
Fuerza Solicitante.....	[kN/m]	: 409.23
Factor de Seguridad contra el Deslizamiento.....		: 1.426
Momento Estabilizante.....	[kN*m/m]	: 3322.70
Momento Solicitante.....	[kN*m/m]	: 1831.70
Factor de Seguridad contra el Vuelco.....		: 1.814
Capacidad portante asignada.		
Capacidad portante.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 465.55
Presión media.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 357.40
Factor de seguridad de la capacidad portante del suelo de apoyo:		1.303
Fundación equivalente.....	[m]	: 2.89
Excentricidad fuerza normal.....	[m]	: 1.71
Brazo del momento.....	[m]	: 4.48
Fuerza normal.....	[kN]	: 1032.40
Tensión normal (Máxima) en el borde externo.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 476.54
Tensión normal (Mínima) en el borde interno.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 0.00

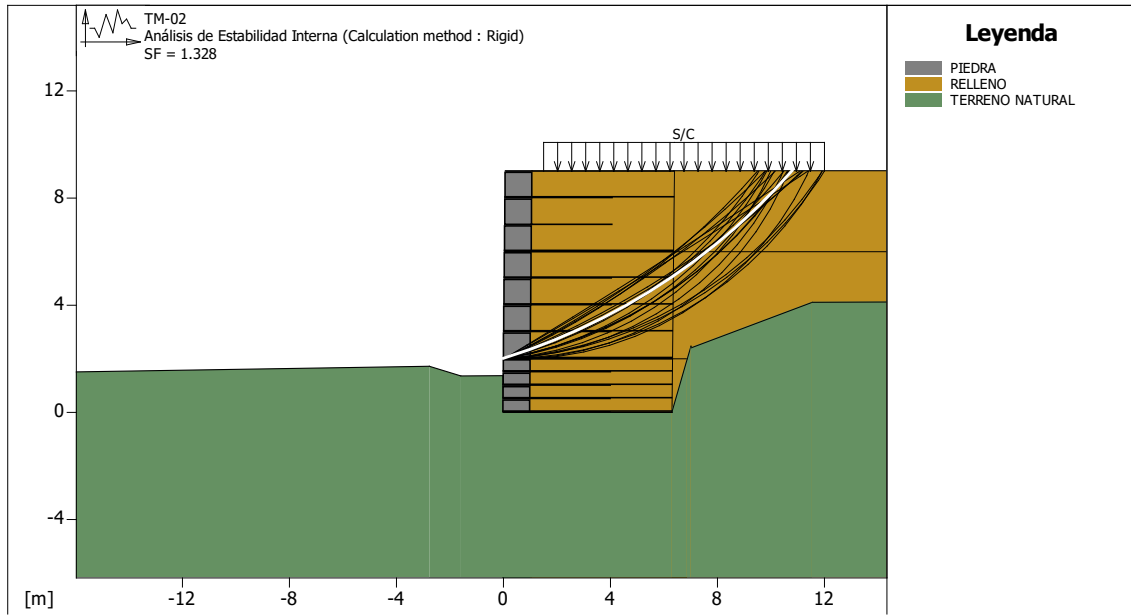
**Figura 60- Verificación estabilidad interna TM-01.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
Factor de Seguridad Calculado..... : 1.501

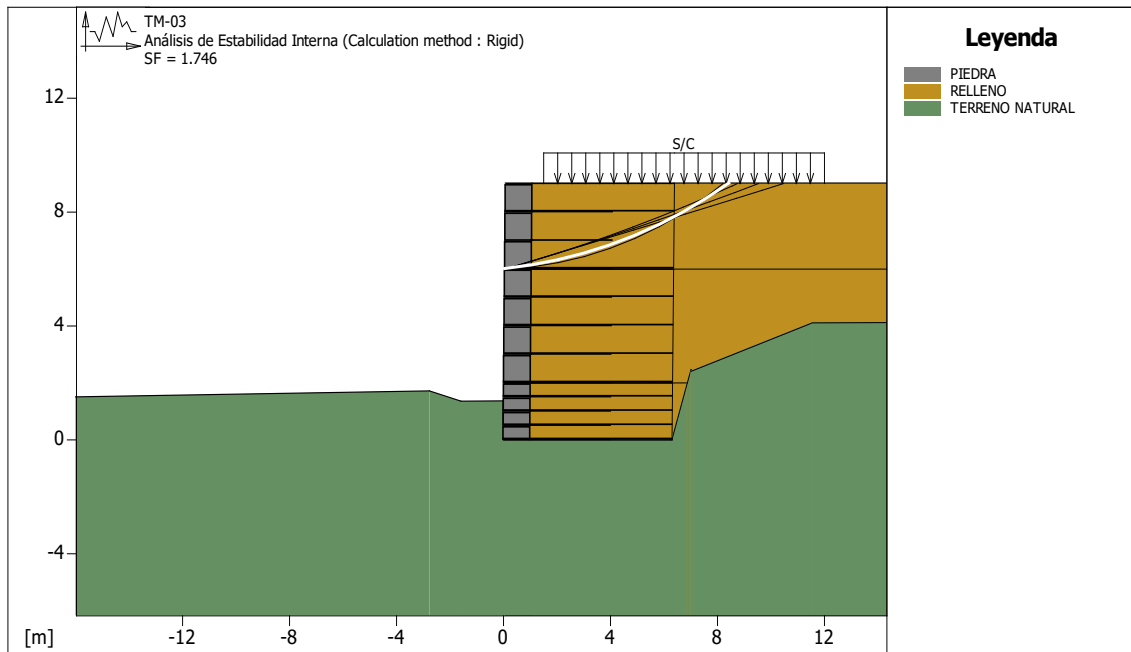
**Figura 61- Verificación estabilidad interna TM-02.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado ..... : 1.328

**Figura 62- Verificación estabilidad interna TM-03.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado ..... : 1.746

**g. Análisis estático para el diseño de suelo reforzado en el acceso vecinal sección 00+080:**

**Bloques reforzados:**

**Bloque: TM-0**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 4.30                      Altura =                      0.50  
 Origen del Bloque [m] : Abscisa =  
 0.00                      Ordenada =                      -0.50  
 BermaInclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 0.5x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 0.50                      Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 4.30  
 Espaciamiento Vertical [m] = 0.50  
 Offset [m] = 0.00

**Bloque: TM-01**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 4.50                      Altura =                      3.00  
                                  [m] = 0.00 por TM-0  
 Inclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 1.00                      Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 4.50  
 Espaciamiento Vertical [m] = 2.00  
 Offset [m] = 0.00

**Bloque: TM-02**

Dimensiones del bloque [m] : Ancho de la Base =  
 4.00                      Altura =                      2.00  
                                  [m] = 0.00 por TM-01  
 Inclinación Paramento [°] : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 1.00                      Ancho = 1.00

**Sobrecargas:**

**Cargas Distribuidas: S/C** Descripción:

Intensidad [kN/m<sup>2</sup>] = 20.00                      Inclinación [°] = 0.00  
 Abscisa [m] : de = 1.50 hasta = 8.00

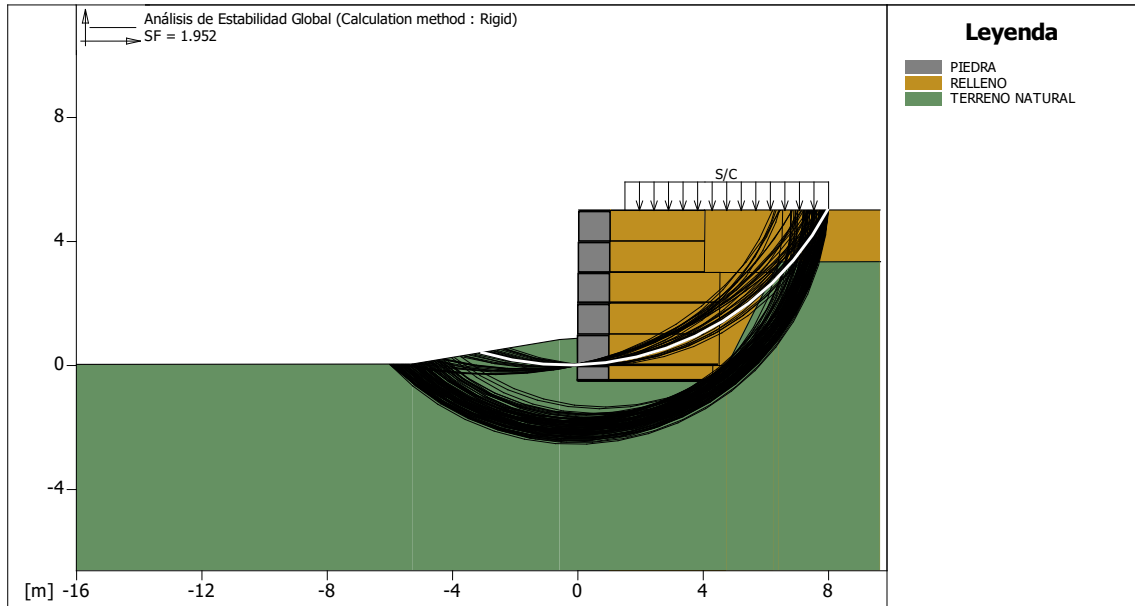
**Propiedades de los refuerzos utilizados:**

Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Resistencia a la Tracción [kN/m] : 80.00  
 Tasa de deformación plástica : 0.00  
 Coeficiente de deformación elástica [m<sup>3</sup>/kN] : 1.10e-04  
 Rigidez del refuerzo [kN/m] : 665.00  
 Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15  
 Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.67  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.54  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arena limosa)....: 1.54  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) :1.54  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de interacción refuerzo/refuerzo : 0.16  
 Coeficiente de interacción refuerzo-grava : 0.90  
 Coeficiente de interacción refuerzo-arena : 0.90  
 Coeficiente de interacción refuerzo-limo : 0.70  
 Coeficiente de interacción refuerzo-arcilla.....: 0.40  
 Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 0.5x1.0  
 Resistencia a la Tracción.....[kN/m].: 41.30  
 Tasa de deformación plástica...: 2.00  
 Coeficiente de deformación elástica [m<sup>3</sup>/kN].....:1.10e-04  
 Rigidez del refuerzo [kN/m] : 420.00  
 Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15  
 Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.44  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena)...: 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) : 1.30  
 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  
 Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0  
 Resistencia a la Tracción.....[kN/m].: 41.30  
 Tasa de deformación plástica : 2.00  
 Coeficiente de deformación elástica [m<sup>3</sup>/kN] :1.10e-04  
 Rigidez del refuerzo [kN/m] : 420.00  
 Largo de anclaje Mínimo [m] : 0.15  
 Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.44  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....: 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) : 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) :1.30  
 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

## Verificación de los resultados:

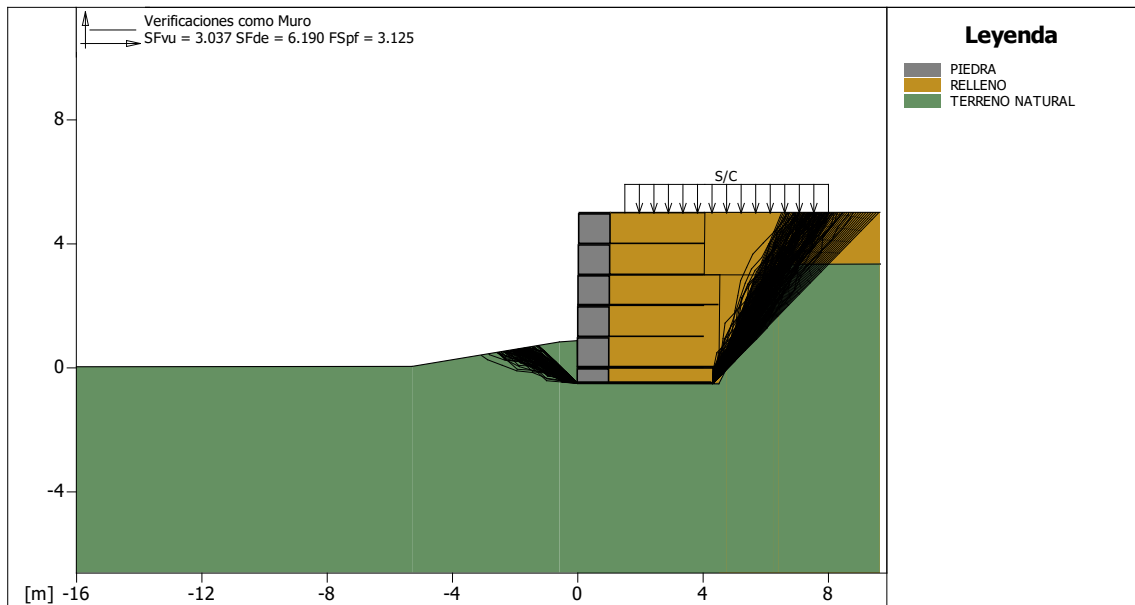
### Figura 63- Verificación de la estabilidad global.



Fuente: Elaboración Propia.

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
Factor de Seguridad Calculado.....: 1.952

### Figura 64- Verificación como muro a gravedad TM-01.



Fuente: Elaboración Propia.

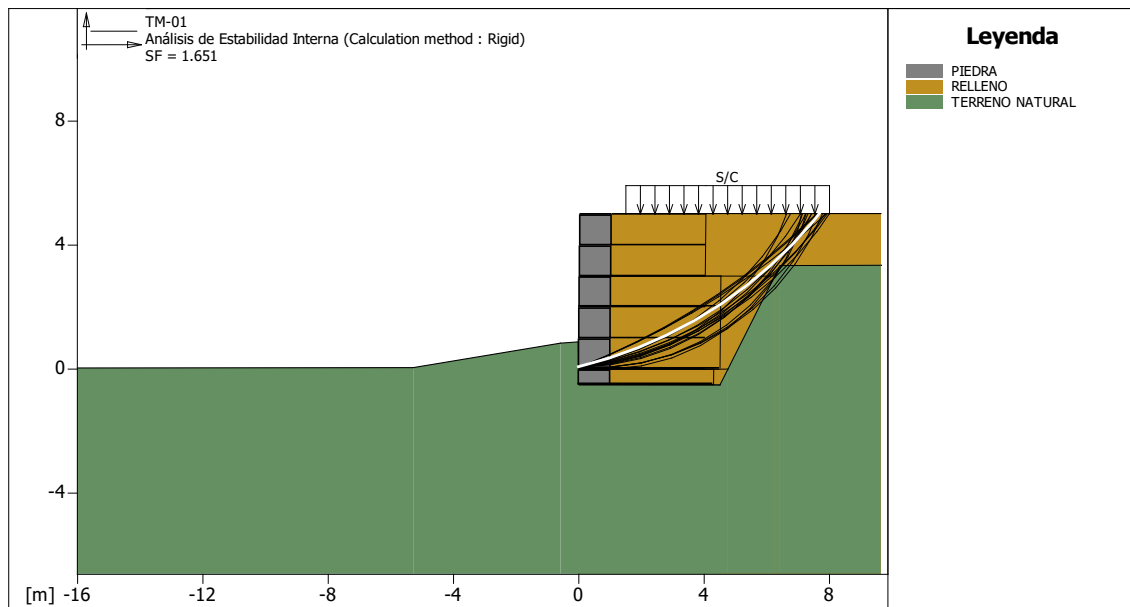
Bloque Considerado: TM-0

Fuerza Estabilizante	[kN/m]	: 270.94
Fuerza Solicitante	[kN/m]	: 89.20
Factor de Seguridad contra el Deslizamiento		: 3.037
Momento Estabilizante	[kN*m/m]	: 1093.10
Momento Solicitante	[kN*m/m]	: 176.59
Factor de Seguridad contra el Vuelco		: 6.190

Capacidad portante de acuerdo con el método del Equilibrio Limite.

Capacidad portante	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 382.84
Presión media	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 122.51
Factor de seguridad de la capacidad portante del suelo de apoyo:		3.125
Fundación equivalente	[m]	: 3.90
Excentricidad fuerza normal	[m]	: 0.20
Brazo del momento	[m]	: 1.98
Fuerza normal	[kN]	: 469.70
Tensión normal (Máxima) en el borde externo	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 139.52
Tensión normal (Mínima) en el borde interno	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 78.94

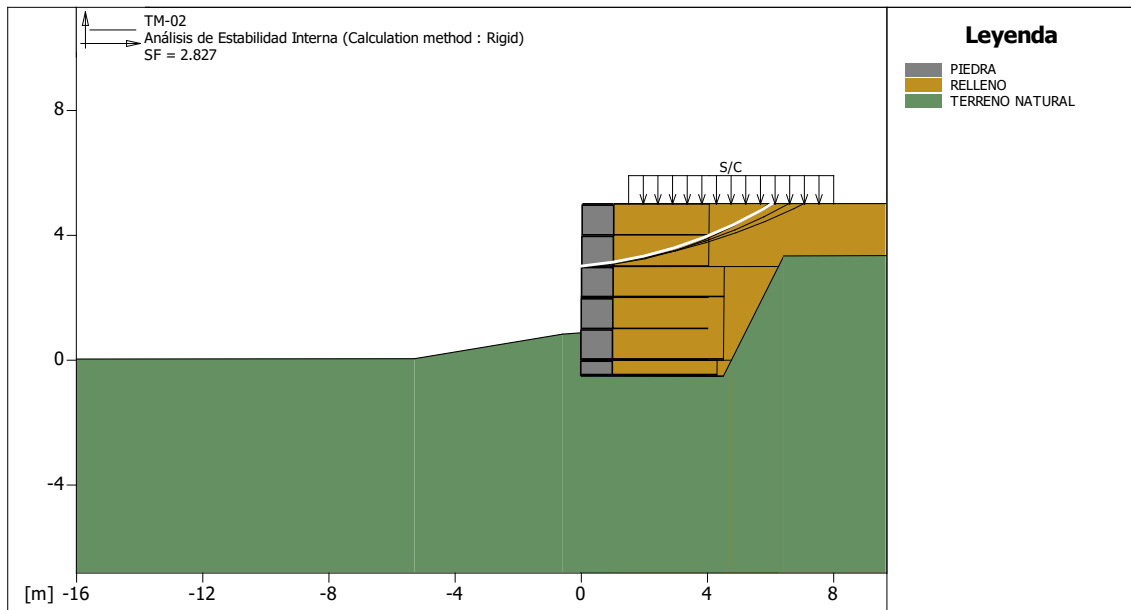
**Figura 65- Verificación de la estabilidad interna TM-01.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado : 1.651

**Figura 66- Verificación de la estabilidad interna TM-02.**



Fuente: Elaboración Propia.

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado: 2.827

**h. Análisis pseudo estático para el diseño de suelo reforzado en el acceso vecinal sección 00+080:**

**Bloques reforzados:**

**Bloque: TM-0**

Dimensiones del bloque [m]: Ancho de la Base = 4.30  
 Altura = 0.50  
 Origen del Bloque [m]: Abscisa = 0.00  
 Ordenada = -0.50  
 Berma Inclinación Paramento [°]: 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 0.5x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 0.50 Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80  
 Largo [m] = 4.30  
 Espaciamiento Vertical [m] = 0.50  
 Offset [m] = 0.00

**Bloque: TM-01**

Dimensiones del bloque [m]: Ancho de la Base = 4.50  
 Altura = 3.00  
 [m] = 0.00 por TM-0  
 Inclinación Paramento [°]: 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Largo [m] = 4.00  
 Gavión [m]: Altura = 1.00 Ancho = 1.00  
 Linear Composites - ParaGrid - 80

Largo.....[m]..... = 4.50

Espaciamiento Vertical.....[m]..... = 2.00

Offset.....[m]..... = 0.00

**Bloque: TM-02**

Dimensiones del bloque [m]..... : Ancho de la Base =

4.00                    Altura =                    2.00

.....[m]..... = 0.00 por TM-01

Inclinación Paramento.....[°]..... : 0.00

**Patrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0

Largo.....[m]..... = 4.00

Gavión.....[m]: Altura..... = 1.00                    Ancho..... = 1.00

**Sobrecargas:**

**Cargas Distribuidas: S/C**                    Descripción:

Intensidad [kN/m<sup>2</sup>] = 20.00                    Inclinación.....[°]..... = 0.00

Abscisa.....[m]..... : de = 1.50 hasta = 8.00

**Efectos Sísmicos:**

Aceleración [m/s<sup>2</sup>] : Horizontal..... = 1.72                    Vertical..... = 0.00

**Propiedades de los refuerzos utilizados:**

Linear Composites - ParaGrid - 80

Resistencia a la Tracción                    [kN/m] : 80.00

Tasa de deformación plástica                    : 0.00

Coefficiente de deformación elástica                    [m<sup>3</sup>/kN]                    :1.10e-04

Rigidez del refuerzo                    [kN/m] : 665.00

Largo de anclaje Mínimo                    [m] : 0.15

Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.67

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)                    : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.54

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)                    : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.54

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)                    : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) : 1.54

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)                    : 1.00

Factor de interacción refuerzo/refuerzo : 0.16

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..... : 0.40

Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 0.5x1.0

Resistencia a la Tracción.....[kN/m] : 41.30

Tasa de deformación plástica                    : 2.00

Coefficiente de deformación elástica                    [m<sup>3</sup>/kN]                    :1.10e-04

Rigidez del refuerzo                    [kN/m] : 420.00

Largo de anclaje Mínimo                    [m] : 0.15

Factor de seg. contra la rotura (grava) : 1.44

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)                    : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arena) : 1.30

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)                    : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arena limosa) : 1.30

Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out)                    : 1.00

Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa) : 1.30

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

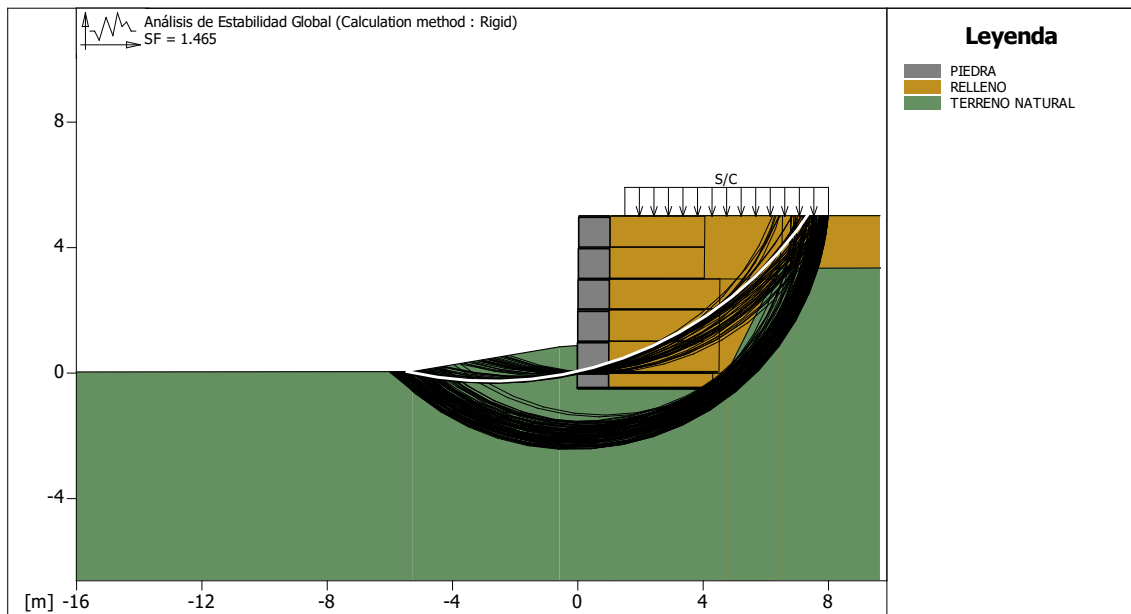
Coefficiente de interacción refuerzo-limo : 0.50



Coeficiente de interacción refuerzo-arcilla.....:0.30  
 Maccaferri - Terramesh System - 10/2.7P - 1.0x1.0  
 Resistencia a la Tracción.....[kN/m]..: 41.30  
 Tasa de deformación plástica...: 2.00  
 Coeficiente de deformación elástica...[m³/kN].....:1.10e-04  
 Rigidez del refuerzo.....[kN/m]..: 420.00  
 Largo de anclaje Mínimo.....[m].....: 0.15  
 Factor de seg. contra la rotura (grava)...: 1.44  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....:1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena)...:1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....:1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arena limosa)...:1.30  
 Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....: 1.00  
 Factor de seg. contra la rotura (arcilla arenosa)...:1.30  
 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

**Verificación de los resultados:**

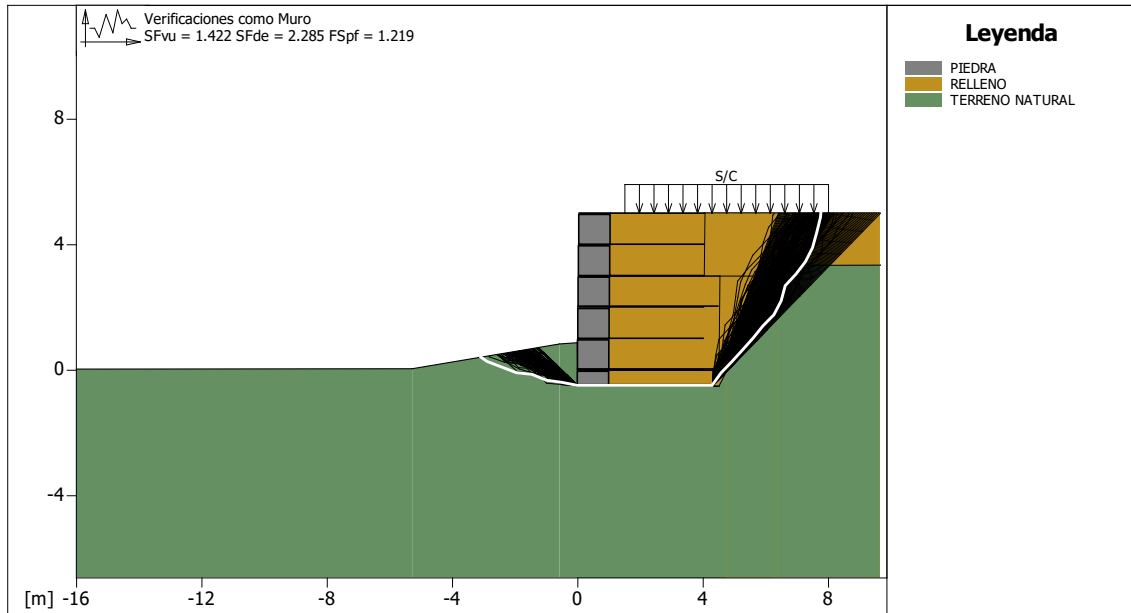
**Figura 67- Verificación de la estabilidad global.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado.....: 1.465

**Figura 68- Verificación como muro de gravedad.**

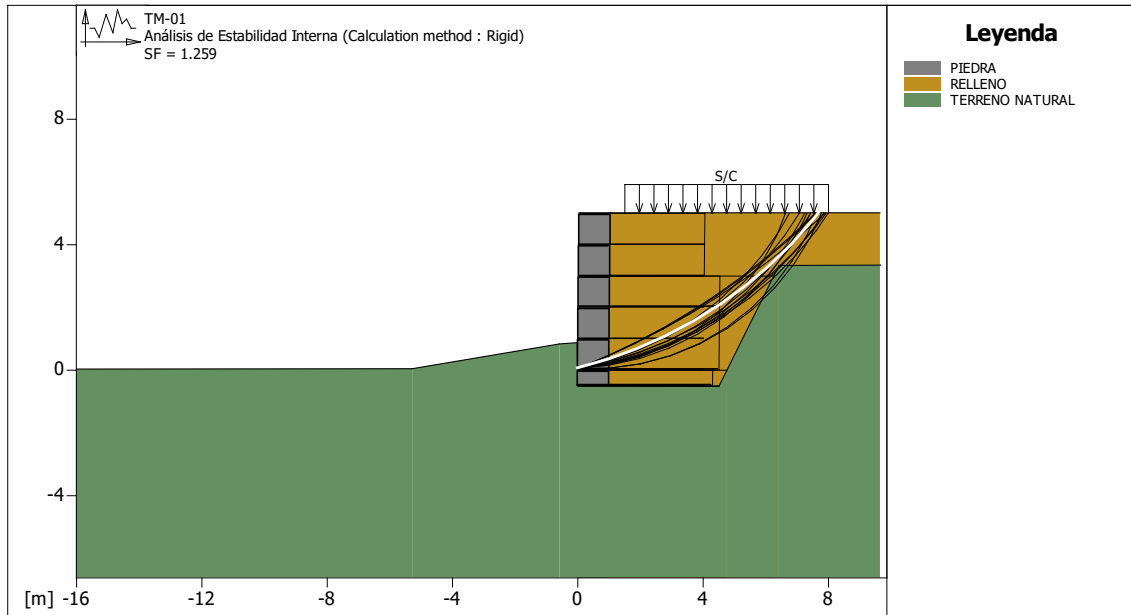


**Fuente: Elaboración Propia.**

Bloque Considerado: TM-0

Fuerza Estabilizante .....	[kN/m] .....	270.94
Fuerza Solicitante .....	[kN/m] .....	190.57
Factor de Seguridad contra el Deslizamiento .....		1.422
Momento Estabilizante .....	[kN*m/m] .....	1093.10
Momento Solicitante .....	[kN*m/m] .....	478.40
Factor de Seguridad contra el Vuelco .....		2.285
Capacidad portante de acuerdo con el método del Equilibrio Limite.		
Capacidad portante .....	[kN/m <sup>2</sup> ] .....	236.02
Presión media .....	[kN/m <sup>2</sup> ] .....	193.66
Factor de seguridad de la capacidad portante del suelo de apoyo:		1.219
Fundación equivalente .....	[m] .....	2.62
Excentricidad fuerza normal .....	[m] .....	0.84
Brazo del momento .....	[m] .....	2.51
Fuerza normal .....	[kN] .....	469.70
Tensión normal (Máxima) en el borde externo .....	[kN/m <sup>2</sup> ] .....	239.27
Tensión normal (Mínima) en el borde interno .....	[kN/m <sup>2</sup> ] .....	0.00

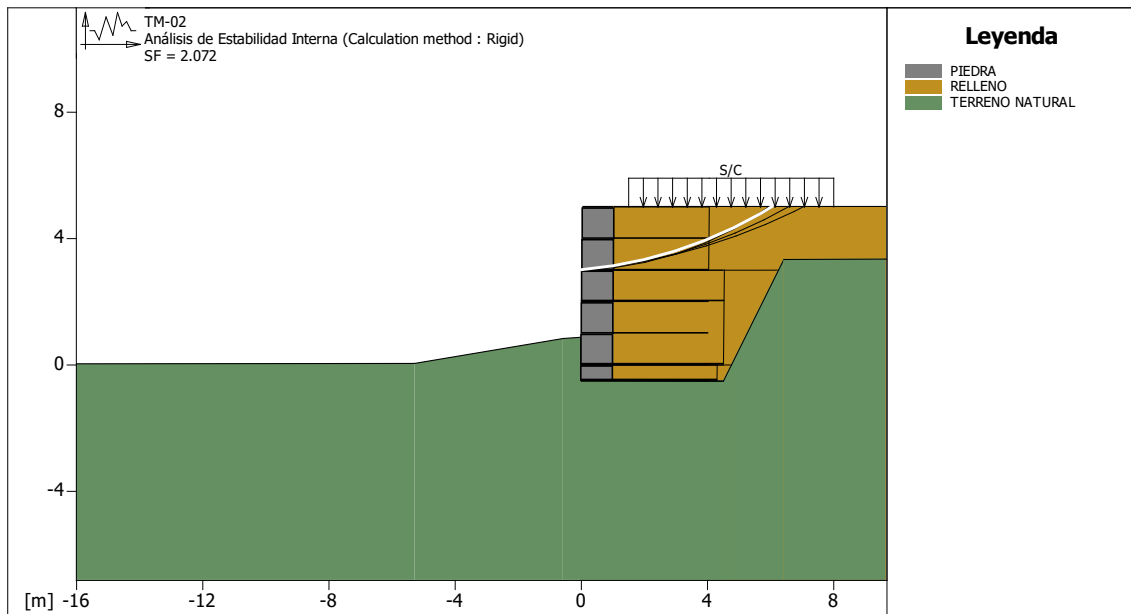
**Figura 69- Verificación de estabilidad interna TM-01.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado ..... : 1.259

**Figura 70- Verificación de estabilidad interna TM-02.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo con el Método de Bishop  
 Factor de Seguridad Calculado ..... : 2.072

**C) Costos de construcción del muro de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro:**

- **Planilla de metrados:** De acuerdo al desarrollo de la planilla de metrados de todas las partidas que intervienen en el proceso de construcción del muro de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro, se presenta en la tabla 03 el resumen de los metrados:

**Tabla 3 – Hoja de resumen de metrados.**

<b>COD. N°</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TOTAL</b>	<b>U.M.</b>
<b>02.02.00.00</b>	<b>ACCESO IZQUIERDO</b>		
02.02.01.00	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	2,682.78	M3
02.02.02.00	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE CORTE	1,760.78	M2
02.02.03.00	NIVELACION DE EXCAVACION CON MATERIAL PROPIO	195.51	M3
02.02.04.00	RELLENO PARA SUELO REFORZADO	9,316.85	M3
	ELEMENTO MURO SUELO REFORZADO TIPO 1	1,250.70	M3
02.02.05.00	4x2x1x1.00 M		
	ELEMENTO MURO SUELO REFORZADO TIPO 1	392.27	M3
02.02.06.00	4x2x1x0.50 M		
02.02.07.00	GEOTEXTIL NO TEJIDO CLASE 2	3,474.69	M2
02.02.08.00	GEOMALLA DE POLIESTER CLASE 2	5,894.19	M2
02.02.09.00	AFIRMADO E=0.20m	256.57	M3

**Fuente: Elaboración Propia.**

- **Análisis de costos unitarios:** De acuerdo al desarrollo de la incidencia de la mano de obra, materiales y/o insumos, herramientas y equipos de todas las partidas que intervienen en el proceso de construcción del muro de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro, se presenta en la tabla 04 los costos unitarios de cada partida:

**Tabla 4 – Costo unitario por partida.**

<b>COD.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UND</b>	<b>P.U.</b>
<b>02.02.00.00</b>	<b>ACCESO IZQUIERDO</b>		
02.02.01.00	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	M3	4.96
02.02.02.00	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE CORTE	M2	2.69
02.02.03.00	NIVELACION DE EXCAVACION CON MATERIAL PROPIO	M3	3.59
02.02.04.00	RELLENO PARA SUELO REFORZADO	M3	37.07
02.02.05.00	ELEMENTO MURO SUELO REFORZADO TIPO 1 4x2x1x1.00 M	M3	231.19
02.02.06.00	ELEMENTO MURO SUELO REFORZADO TIPO 1 4x2x1x0.50 M	M3	310.07
02.02.07.00	GEOTEXTIL NO TEJIDO CLASE 2	M2	4.68
02.02.08.00	GEOMALLA DE POLIESTER CLASE 2	M2	11.82
02.02.09.00	AFIRMADO E=0.20m	M3	64.52

**Fuente: Elaboración Propia.**

- **Presupuesto:** Teniendo en consideración la planilla de metrados y los costos unitarios de cada partida que intervienen en el proceso de construcción del muro de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro, se presenta en la tabla 05 el presupuesto que implica la construcción del muro de suelo reforzado:

**Tabla 5 – Presupuesto del muro de suelo reforzado.**

<b>COD. N°</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UND</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.U.</b>	<b>SUB TOTAL</b>
<b>02.02.00.00</b>	<b>ACCESO IZQUIERDO</b>				
02.02.01.00	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	M3	2,682.78	4.96	13,306.59
02.02.02.00	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE CORTE	M2	1,760.78	2.69	4,736.50
02.02.03.00	NIVELACION DE EXCAVACION CON MATERIAL PROPIO	M3	195.51	3.59	701.88
02.02.04.00	RELLENO PARA SUELO REFORZADO	M3	9,316.85	37.07	345,375.63
02.02.05.00	ELEMENTO MURO SUELO REFORZADO TIPO 1 4x2x1x1.00 M	M3	1,250.70	231.19	289,149.33
02.02.06.00	ELEMENTO MURO SUELO REFORZADO TIPO 1 4x2x1x0.50 M	M3	392.27	310.07	121,631.16
02.02.07.00	GEOTEXTIL NO TEJIDO CLASE 2	M2	3,474.69	4.68	16,261.55
02.02.08.00	GEOMALLA DE POLIESTER CLASE 2	M2	5,894.19	11.82	69,669.33
02.02.09.00	AFIRMADO E=0.20m	M3	256.57	64.52	16,553.90
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>877,385.87</b>

**Fuente: Elaboración Propia.**

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Discusión de resultados específicos

- A. De los ensayos realizados tanto al material de relleno en el muro de suelo reforzado y al material donde se cimentará el muro de suelo reforzado se menciona lo siguiente:

**Material Afirmado:**

- ✓ El material por ser un suelo granular, tiene un buen CBR, exento de arcilla.
- ✓ El material según su granulometría es tipo grava, lo cual, compactado por capas controladas, producirá una buena capacidad portante.

**Material Subrasante (corte de terreno natural):**

- ✓ El material que es un suelo arenoso limoso sin plasticidad, tiene un buen CBR y está exento de arcilla.
- ✓ El material según su granulometría es tipo arena, lo cual, deberá ser compactado y realizar su control de densidad ya que tiene una regular capacidad portante.

- B. En los cálculos realizados se han usado los factores de seguridad de estabilidad para taludes utilizando el método de Bishop:

**Factor de seguridad del análisis estático:**

- ✓ Verificación como muro de gravedad: 2.02
- ✓ Estabilidad global: 2.62

**Factor de seguridad del análisis pseudo estático:**

- ✓ Verificación como muro de gravedad: 1.26
- ✓ Estabilidad global: 1.88

Como podemos apreciar, los factores de seguridad, mediante los métodos estáticos y pseudo estáticos aplicando el método de Bishop, son mayores que 1, los cuales cumple con la estabilidad de talud de las secciones analizadas tanto para el acceso vial y acceso vecinal en la margen izquierda.

- C. Para determinar el costo de construcción de los muros de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro, se tuvo como primer paso el de realizar la cuantificación de los metrados de todas las actividades que intervienen en el proceso constructivo, seguidamente se llevó a cabo el análisis de costos unitarios donde inciden la mano de obra, materiales y/o insumos y herramientas y equipos de todas las actividades y finalmente se determina el costo de cada actividad multiplicándose para ello el metrado con sus respectivo costo unitario, se logró determinar que el costo de construcción del sistema de muros de suelo reforzado es de S/ 877,385.87 (Ochocientos Setenta y Siete Mil Trescientos Ochenta y Cinco con 87/100 soles).

## CONCLUSIONES

- A. De los ensayos realizados tanto al material de relleno en el muro de suelo reforzado y al material donde se cimentará el muro de suelo reforzado se concluye lo siguiente: para el caso del material de afirmado, se menciona que el material por ser un suelo granular, tiene un buen CBR, exento de arcilla, según su granulometría es tipo grava, lo cual, compactado por capas controladas, producirá una buena capacidad portante y para el caso del material de subrasante (corte de terreno natural), el material que es un suelo arenoso limoso sin plasticidad, tiene un buen CBR, exento de arcilla, según su granulometría es tipo arena, lo cual, deberá ser compactado y realizar su control de densidad ya que tiene una regular capacidad portante.
- B. En los cálculos estructurales para el muro de suelo reforzado se han usado los factores de seguridad de estabilidad para taludes utilizando el método bishop, los factores de seguridad, mediante los métodos estáticos son mayores a 1.3 y pseudo estáticos son mayores que 1.0, los cuales cumplen con la estabilidad de talud de las secciones analizadas tanto para el acceso vial y para el acceso vecinal en la margen izquierda.
- C. El costo de construcción del sistema de muros de suelo reforzado aplicado a la vía de acceso al puente el toro es de S/ 877,385.87 (Ochocientos Setenta y Siete Mil Trescientos Ochenta y Cinco con 87/100 soles).



## RECOMENDACIONES

1. Las condiciones de los resultados obtenidos de los ensayos de mecánica de suelos sólo son aplicables a este proyecto. Para otros proyectos, se deben realizar otros tipos de análisis para seleccionar la solución más adecuada, teniendo en cuenta el suelo de cimentación, fricción, nivel freático, etc.
2. Verificar los parámetros del suelo proporcionados por los laboratorios para evitar posibles errores en el análisis de estabilidad.
3. Para explicar económicamente el sistema de muro de suelo reforzada con mayor precisión, es necesario considerar el costo total para la comparación cuando cambia la altura del muro, y considerar el tiempo de transporte y la vida útil en comparación con otros sistemas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altamirano G. y Rivas. J. (2015). Propuesta de remediación geotécnica de un talud Incorporando un muro de suelo reforzado con el sistema terramesh para el proyecto de la carretera Matarani – El arenal (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- AMERICAN RAILWAY ENGINEERING AND MAINTENANCE OF WAY ASSOCIATION 2003
- Braja M. Das (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Sacramento-California. United States.
- Braja M. Das (2012). Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones. Sacramento-California. United States.
- Castellanos J. (2007). Muros de contención con suelo reforzado proceso constructivo (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Constramaestre H. y Gonzales O. (2007). Análisis Comparativo de sistemas de estabilización de talud bajo el concepto de suelos reforzados, comparando los sistemas de tierra armada y terramesh system para un talud ubicado en granjerías de la trinidad (Tesis de optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Católica Andrés Bello, Miranda, Venezuela.
- Duncan M. Wright S. Brandon T. (2014). Soil Strenght and Slope Stability. New Jersey, Canadá: Editorial Wiley.
- Federal Highway Administration - National Highway Institute (2001) (FHWA-NHI-00-043). Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes Design and Construction Guidelines. Washington DC. United States.
- Federal Highway Administration- Natioanal Highway Institute (FHWA-NHI-09-087) (2009). Corrosión/Degradation of Soil Reinforcements for Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes. Washington DC. United States.
- Koerner R. (2005). Designing with Geosynthetics. New Jersey. United States: Editorial Pearson Prentince Hall.

- Kim Y. Russell A. Cho B. Wilde J. and Hee You B. (May 16, 2019) Geosynthetics Reinforced Steep Slopes: Current Technology in the United States. Applied Sciences.
- Maccaferri (2011). Cómo colocar el Terramesh Verde. Brasillia. Brasil.
- Maccaferri (2014). Terramesh Verde: Estructura de suelo reforzado. Sao Paulo. Brasil. 218
- Maccaferri (2016). Reparación de falla recurrente mediante talud reforzado. Case History. Chiapas. Mexico.
- Maccaferri (2011). Manual de refuerzo de suelo. Distrito industrial de FazGran, Brasil: Editorial Maccaferri.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2012). Estabilización de Suelos y Taludes CE.020. Recuperado de [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf).
- Morataya L. (2011). Sistema de tierra armada con geomalla (Procedimiento de diseño y evaluación de estructuras existentes (Tesis de optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Guatemala.
- Ñaupas H. Mejía E. Novoa E. Villagómez A. (2014). Metodología de la investigación Cuantitativa – Cualitativa y Redacción de la tesis. Bogotá. Colombia: Editorial Ediciones de la U.
- Osores V. (2016). Evaluación del nivel de servicio por análisis de tráfico en la intersección semaforizada mariscal castilla-julio sumar El tambo,2015” (Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil). Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Pinedo M. (2012). Comparación entre muros de suelo reforzado con elementos extensibles y no extensibles (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Rendón E. (2006). Taludes reforzados con geosintéticos utilizados en carreteras (Tesis de optar el título de ingeniero civil). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 (2018). Diseño Sismorresistente. Lima-Perú.

- Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural: Normativa Nacional de cargas vivas en puentes, León Guanajuato 2010
- STRATA Global GeoSolutions. (2012). Reinforced Soil Slopes and Embankments. Georgia. United States.
- Suarez L. (2016). Análisis de Estabilidad de Taludes con aplicaciones en Matlab Medellín. Colombia: Editorial Independiente.
- Velásquez R. y Rey N. (2010). Metodología de la investigación científica. Lima. Perú: Editorial San Marcos. 219
- Vásquez Y. (2014). Evaluación de los muros de contención con concreto armado y suelo reforzado (Terramesh), en la carretera San Marcos – Cajabamba (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

## **ANEXOS**

ANEXO 01 – Matriz de Consistencia.

ANEXO 02 – Análisis de Costos Unitarios.

ANEXO 03 – Presupuesto.

ANEXO 04 – Planos.