

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO  
ESCUELA DE POSGRADO**



**ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ESTABILIZACIÓN DE  
TALUDES EN VÍAS EMPLEANDO SISTEMA DE MURO NO  
CONVENCIONAL, TRAMO DE CARRETERA KISHUARA – PUENTE  
SAHUINTO - ABANCAY**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO  
DE MAESTRO EN TRANSPORTES Y CONSERVACIÓN VÍAL.**

**AUTOR: Br. OSWALDO HURTADO ZAMORA**

**ASESORA: Dra. ROCÍO DEL PILAR DURAND ORELLANA**

**TRUJILLO - PERÚ**

**2017**

Nº de registro:.....

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO  
ESCUELA DE POSGRADO**



**ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ESTABILIZACIÓN DE  
TALUDES EN VÍAS EMPLEANDO SISTEMA DE MURO NO  
CONVENCIONAL, TRAMO DE CARRETERA KISHUARA –  
PUENTE SAHUINTO - ABANCAY**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO  
DE MAESTRO EN TRANSPORTES Y CONSERVACIÓN VÍAL.**

**AUTOR: Br. OSWALDO HURTADO ZAMORA**

**ASESORA: Dra. ROCÍO DEL PILAR DURAND ORELLANA**

**TRUJILLO - PERÚ**

**2017**

N° de registro:.....

## **JURADO DICTAMINADOR**

---

**Dr. Guillermo Juan Cabanillas Quiroz**  
**PRESIDENTE**

---

**Ms. Filiberto Melchor Azabache Fernández**  
**SECRETARIO**

---

**Ms. Eduardo Elmer Cerna Sánchez**  
**VOCAL**

---

**Dra. Rocío del Pilar Durand Orellana**  
**ASESORA**

## **DEDICATORIA**

A mis hijos Gianmarco André y Vanessa Nicole por ser mi fuerza y a mi amada esposa por el apoyo incondicional para culminar mi meta trazada.

## INDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA .....	ivii
INDICE GENERAL .....	iv
INDICE DE ILUSTRACIONES .....	vii
RESUMEN.....	viix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I.....	3
1. EL PROBLEMA .....	3
<b>1.1. Planteamiento de la Situación Presentada</b> .....	4
<b>1.2. Justificación de la Investigación</b> .....	7
<b>1.3. Objetivos de la Investigación</b> .....	8
<b>1.3.1. Objetivo General</b> .....	8
<b>1.3.2. Objetivo Específicos:</b> .....	9
<b>1.4. Hipotesis</b> .....	9
<b>1.4.1. Delimitación de la Investigación</b> .....	9
<b>1.5. Relevancia del Estudio</b> .....	10
CAPITULO II.....	11
2. MARCO TEORICO.....	11
<b>2.1. ANTECEDENTES</b> .....	12
<b>2.2. SISTEMA TERRAMESH</b> .....	13
<b>2.2.1. Concepto de Suelo Reforzado</b> .....	13
<b>2.2.2. Antecedentes del Terramesh®</b> .....	15
<b>2.2.3. Descripción del sistema Terramesh</b> .....	18
<b>2.2.4. Características del sistema Terramesh</b> .....	19

2.2.5.	<b>Especificaciones técnicas</b> .....	20
2.2.6.	<b>Propiedades Mecánicas.</b> .....	23
2.2.7.	<b>Ensayos Realizados</b> .....	25
2.2.8.	<b>Diseño de los Muros de Terramesh.</b> .....	29
2.2.9.	<b>Procedimiento Constructivo</b> .....	34
2.3.	<b>ANALISIS SEUDO ESTATICO</b> .....	38
2.4.	<b>PROGRAMA MACSTAR®2000</b> .....	38
CAPITULO III.....		40
3.	<b>MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACION</b> .....	40
3.1.	<b>MATERIALES</b> .....	41
3.2.	<b>METODOS</b> .....	41
3.2.1.	<b>TIPO DE ESTUDIO</b> .....	41
3.2.2.	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACION</b> .....	42
3.2.3.	<b>VARIABLES</b> .....	42
3.2.4.	<b>INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS</b> .....	42
3.2.5.	<b>PROCEDIMIENTOS Y ANALISIS ESTADISTICOS</b> .....	43
CAPITULO IV .....		45
4.	<b>DESARROLLO DEL SISTEMA TERRAMESH</b> .....	45
4.1.	<b>SISTEMA MURO NO CONVENCIONAL TIPOTERRAMESH® SYSTEM</b> .....	46
4.1.1.	<b>VERIFICACIÓN CONTRA EL DESLIZAMIENTO</b> .....	52
4.1.2.	<b>VERIFICACIÓN CONTRA EL VUELCO</b> .....	54
4.1.3.	<b>PRESIONES APLICADAS EN LA FUNDACIÓN</b> .....	56
4.1.4.	<b>VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD INTERNA</b> .....	58
4.1.5.	<b>VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD GLOBAL</b> .....	60
4.2.	<b>CÁLCULO MANUAL Y CON EL PROGRAMA MACSTARS® 2000</b> .....	61
4.3.	<b>EJECUCION DEL PROGRAMA MACSTAR 2000</b> .....	61
4.4.	<b>MACSTARS 2000</b> .....	64

4.4.1. ANALISIS ESTATICO .....	65
4.4.2. ANALISIS PSEUDOESTATICO .....	81
4.4.3. PARAMETROS DE SUELOS.....	97
CAPITULO V .....	100
5. DESARROLLO DE SISTEMA EVALUADOS .....	100
5.1. DESARROLLO DE MUROS PROPUESTOS.....	101
CAPITULO VI .....	109
6.1. PRESENTACION DE ANALISIS DE RESULTADOS .....	110
6.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIONES ESTRUCTURALES .....	110
6.2.1. Características y funcionalidad de los sistemas.....	110
6.2.2. En cuanto a los costos.....	113
6.2.3. ELECCION DEL DISEÑO .....	114
CONCLUSIONES.....	116
RECOMENDACIONES.....	118
BIBLIOGRAFÍA.....	119

## INDICE DE ILUSTRACIONES

	Página
<b>2.2. SISTEMA TERRAMESH</b>	
Figura N° 2.2.1: Deformaciones de un suelo con y sin refuerzo.....	14
Figura N° 2.2.2: Suelo Reforzado en Malasia (1979).....	16
Figura N° 2.2.3: Detalle del muro de Terramesh System.....	18
Figura N° 2.2.4: Sistema Terramesh System.....	21
Figura N° 2.2.5: Representación de la malla hexagonal a triple torsión.....	22
Figura N° 2.2.6: Representación de la malla hexagonal a triple torsión insertada en el suelo.....	24
Figura N° 2.2.7: Análisis de estabilidad externa.....	30
Figura N° 2.2.8: Diagrama para el cálculo de estabilidad.....	31
Figura N° 2.2.9: Superficie crítica para el cálculo de los factores de seguridad de la estabilidad interna.....	32
Figura N° 2.2.10: Elemento terramesh desdoblado.....	34
Figura N° 2.2.11: Colocación del panel posterior.....	35
Figura N° 2.2.12: Colocación del Diafragma.....	35
Figura N° 2.2.13: Amarre del paramento frontal.....	36
Figura N° 2.2.14: Detalle del tensor.....	37
<b>4. DESARROLLO DEL SISTEMA TERRAMESH</b>	
Figura N° 4.1.1: Variación de la superficie de ruptura en función del ángulo	



Crítico.....	48
Figura N° 4.1.2 - Variación del Empuje Activo en función del ángulo crítico.....	48
Figura N° 4.1.3 – Diagrama de fuerzas actuantes.....	49
Figura N° 4.1.4 - Diagrama que muestra el equilibrio de fuerzas del sistema....	49
Figura N° 4.1.5 - Diagrama que muestra la inclusión de la carga en el equilibrio de fuerzas del sistema.....	50
Figura N° 4.1.6 - Diagrama que muestra las rectas paralelas que determinan el punto de aplicación del empuje debido al suelo y a la carga, respectivamente..	51
Figura N° 4.1.7 - Deslizamiento del bloque reforzado sobre la fundación.....	54
Figura N° 4.1.8 - Giro del bloque reforzado con relación a un punto fijo.....	56
Figura 4.1.9 - Presión del bloque reforzado aplicado sobre la fundación.....	57
Figura N° 4.1.10 - Fuerzas actuantes en una franja.....	59

## RESUMEN

En los últimos años, en nuestras carreteras se ha venido implementando los sistemas de estabilización con gaviones en taludes y suelos reforzados como elementos para estabilizar taludes laterales de vías, debido a su bajo costo y rapidez constructiva con respecto a los demás sistemas constructivos tradicionales..

En la progresiva Km 324+580 al Km 324+650 de la Carretera Ayacucho - Abancay, se encuentra el sector de matapuquio, sector arqueológico existiendo un canal inca con un camino inca, infraestructura limitante a fin de ampliar la margen derecha del talud de la vía, donde no está contemplado su afectación, hecho que imposibilita que la vía en dicho sector tenga dos(02) carriles, con ancho suficiente, según los parámetros de diseño geométrico del Ministerio de transportes EG-2013, actualmente la vía cuenta con un ancho promedio de 4.5mts.

En el presente trabajo de investigación se ha desarrollado la aplicación de tres (03) sistemas constructivos para estabilizar el talud en dicho sector y completar un ancho adecuado de vías: Sistema de Muro no convencional (gavión, con cola de malla biaxial y tierra compactada), sistema de muro de suelo reforzado con Terramesh® System y el Sistema de Muro concreto Armado, en donde se ha evaluado sus ventajas constructivas, técnicas y económicas de cada sistema, así como también se analizó que sistema permite su ejecución sin la restricción del tránsito vehicular en su totalidad, teniendo en cuenta que en el sector arqueológico, no se podrá ejecutar trabajo alguno para el desvío provisional del tránsito.

Por procedimiento constructivo, es más eficaz el sistema de muro no convencional, por su rendimiento, al ser una estructura pre-montada el cual facilita su instalación y relleno en un corto tiempo en el sector km 324+580 al km 324+650, a diferente del sistema de muro de concreto armado que necesita mayores tiempos en su ejecución.

Como conclusión del proyecto, la relación guardada entre alcance tiempo y costo, no siendo una regla que la mejor alternativa es la más económica, también se deberá evaluar su tiempo de ejecución y que se cumpla con el alcance o meta del proyecto.

## ABSTRACT

In recent years, stabilization systems have been implemented on our roads with gabions in slopes and reinforced soils as elements to stabilize side slopes of roads, due to their low cost and constructive speed with respect to other traditional construction systems.

In the progressive Km 324 + 580 to Km 324 + 650 of the Carretera Ayacucho - Abancay, there is the matapuquio sector, an archaeological sector existing an Inca canal with an Inca road, limiting infrastructure in order to extend the right margin of the slope of the via, where its affectation is not contemplated, fact that makes it impossible for the road in said sector to have two (02) lanes, with sufficient width, according to the geometrical design parameters of the Ministry of transport EG-2013, currently the track has a width average of 4.5mts.

In the present work of investigation has developed the application of three (03) constructive systems to stabilize the slope in this sector and complete an adequate width of roads: Non-conventional wall system (gabion, with biaxial mesh tail and compacted earth) , reinforced concrete wall system with Terramesh® System and the Armed Concrete Wall System, where the constructive, technical and economic advantages of each system have been evaluated, as well as the system that allows its execution without traffic restriction. Vehicular in its entirety, taking into account that in the archaeological sector, no work can be executed for the provisional diversion of traffic.

By constructive procedure, the non-conventional wall system is more efficient, due to its performance, as it is a pre-assembled structure which facilitates its installation and filling in a short time in the sector km 324 + 580 to km 324 + 650, a different from the reinforced concrete wall system that needs more time in its execution.

As a conclusion of the project, the relationship between time and cost, not being a rule that the best alternative is the most economical, its execution time must also be evaluated and the scope or goal of the project must be met.

## INTRODUCCION

El crecimiento de las áreas rurales y urbanas, en nuestra costa, sierra y selva, han puesto de manifiesto la importancia de diseñar estructuras de estabilización de taludes que permitan completar anchos de vías, lo cual permite, desarrollar áreas que anteriormente no podían ser aprovechadas por razones de espacio. El tratamiento de taludes ha sido estudiado por la ingeniería geotécnica, proponiendo diferentes soluciones estructurales para completar ancho de vías.

En este sentido, se hace necesario que dichas soluciones presten una relación entre diseño y costo, lo más óptimo posible y satisfaciendo el nivel de seguridad requerido en cada proyecto.

A diferencia de las soluciones tradicionales para taludes, en el desarrollo de este proyecto se presentan tres sistemas técnicos económicos, los sistemas de contención de taludes en muros no convencionales de suelo reforzado Terramesh® System con malla biaxial, Muro de Concreto Armado y Muro pantalla Anclado, presentan una solución rápida y económica, en los que se usan material de refuerzo como geomallas, acero y material que comúnmente se encuentra en el sitio de Obra (rellenos).

En el mercado nacional existen una variedad de proveedores que comercializan el sistema Terramesh®, y a diferencia del sistema de muro de pantalla

anclados, que es un producto importado y queda de parte de la empresa dedicada a proyectos seleccionar el sistema más conveniente para un determinado caso, siguiendo criterios técnicos, económicos y prácticos, para esa selección. Tales criterios nacen a partir de los conocimientos que se tengan sobre los diversos sistemas de contención que existen, en lo referente a costos, parámetros técnicos, ventajas y desventajas bajo determinadas situaciones. Todo lo antes mencionado contribuye a tomar mejor decisiones.

Al ser objetivo de esta investigación, el comparativo técnico y económico de sistemas utilizados para estabilización de taludes, se pretende hacer un aporte en la solución de problemas de este tipo, incorporando una metodología que promueva su visión integral en la elaboración de proyectos para completar ancho de vías.

En el proyecto se desarrollaron tres metodologías orientadas a estabilizar taludes de vías, en el tramo de la carretera Ayacucho – Abancay Km 324+580 al Km 3.24+650, tramo donde se ubicado el sector arqueológico matapuquio, para el que consideraremos tres sistemas para estabilizar talud de la vía como los son: Muro no convencional tipo “Terramesh® System”, Muro de concreto armado y muro de pantalla anclado.

A tal fin, para la realización de la investigación, se consultaron bibliografía y trabajos de grado relacionados con el tema, así como información relativa al proyecto de la empresa que ejecuta la Obra. También, información referente a los sistemas en suelo reforzado y malla biaxial.

## **CAPITULO I**

### **1. EL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento de la Situación Presentada**

La red vial en el Perú está compuesta por más de 78.000 km de carreteras, organizada en tres grandes grupos: las carreteras longitudinales, las carreteras de penetración y las carreteras de enlace. La categorización de las carreteras corre a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC). La mayoría de las rutas están a cargo de PROVIAS, organismo descentralizado del mismo Ministerio que se encarga de mantener y ampliar las vías. Algunas rutas han sido concesionadas a empresas privadas para su construcción o mejoramiento y el mantenimiento respectivo por un determinado número de años según contrato suscrito con el Estado.

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones con la finalidad de garantizar la inversión en las vías y la seguridad del usuario de la misma, opta por solucionar planteando muros de contención para la estabilización de taludes, producto de los cortes realizados por el hombre para ampliar las bermas, dependiendo el planteamiento de estructuras de muros de contención para la estabilización de dichos taludes.

Los planteamientos en muros muchas veces no guardan relación con los factores particulares que presenta cada sector que se necesite estabilizar un talud, motivo por el cual se realizara la propuesta específica para un sector crítico en la vía de carretera Kishuara puente Sahuinto en departamento de Abancay.

En los últimos años, en nuestras carreteras se ha venido implementando los sistemas de contención en gaviones para la estabilización de taludes y suelos

reforzados como elementos para completar ancho de vías, debido a su bajo costo y rapidez constructiva con respecto a los demás sistemas constructivos tradicionales. Sin embargo en el mercado nacional las novedades tecnológica se encuentra diferentes muros que deberán ser analizados de acuerdo a los factores de ubicación final como elemento de contención de taludes, existiendo la necesidad de proponer un tipo de muro y poder realizar su análisis técnico y económico a fin de garantizar la vida útil en el tiempo de cada estructura planteada.

La carretera Ayacucho – Abancay forma parte de la carretera longitudinal de la sierra, desarrollándose por sectores de topografía ondulada, accidentada y muy accidentada; presentando en forma predominante, una topografía ondulada y muy accidentada.

El tramo Desvío Kishuara ubicado a 3,686 m.s.n.m - Puente Sahuinto ubicado a 1,791 m.s.n.m. con un desnivel de 1,895 m, forma parte de la carretera longitudinal de la sierra Ayacucho - Abancay que conecta a las capitales de las regiones Ayacucho y Apurímac, con sus diversas capitales provinciales, distritales y centros poblados menores localizados en el área de influencia directa de la vía.

En la progresiva Km 324+580 al Km 324+650 de la Carretera Kishuara – Puente Sahuinto, de la provincia de Andahuaylas, Departamento de Abancay, se encuentra un sector arqueológico protegido por Ministerio de Cultura, con presencia de un canal de regadío inca, además de un camino inca muy próximo a la vía en talud de corte en margen izquierda sobre el talud, de la actual vía,



donde no está contemplado su intervención bajo ningún motivo, siendo estructuras protegidas por el Estado (Ministerio de Cultura), siendo un canal inca en uso sobre el talud de corte y con la acumulación de filtraciones en dicho sector, hace muy vulnerable a la estabilidad de la masa de terreno, poniendo un reto a la ingeniería la estabilidad de dicho talud a fin de poder proyectar sus 02 carriles de la vía, con ancho suficiente, según los parámetros de diseño geométrico del Ministerio de transportes EG-2014, actualmente la vía cuenta con un ancho promedio de 4.5mts.

En el mencionado sector de la margen izquierda de la carretera se encuentra un sector arqueológico, hecho que imposibilita el corte de talud hacia la margen izquierda por estar un canal inca en la parte superior que hay que reponer por ser patrimonio del estado no se puede reubicar el canal Belén Anita Matapuquio, teniendo que estabilizar el talud con estructura de contención que soporte el relleno de suelo granular, para así estabilizar dicho sector crítico de dicha zona de vía.

En el presente trabajo de investigación se desarrollara la aplicación de tres sistemas constructivos para la estabilización de taludes en dicho sector y así asegurar el diseño geométrico adecuado de acuerdo a las normas vigente y salvaguardando la infraestructura inca como es canal de regadío en uso de la comunidad actualmente y el camino inca fuente de ingresos de los turistas por conocer la cultura de nuestra región.

Los sistemas a analizar a evaluar de manera técnica y económica de la propuesta a realizarlo son: el sistema Terramesh® System conjuntamente con

cola de tierra armada, Muro de concreto armado y Muro Anclado (gavión, tierra armada y cola malla biaxial) como posibles soluciones en el tramo de la Carretera Kishuara – Puente Sahuinto, Km 324+580 al Km 324+650, Departamento de Abancay, mostrando las ventajas y las desventajas de cada sistema constructivo para estabilizar los sectores críticos de la vía, teniendo como restricción la zona arqueológica.

Se realizara la evaluación del proyecto debe guardar relación entre su costo, su tiempo de ejecución y su alcance, por consiguiente no siempre la mejor alternativa es la más económica, también se deberá evaluar su tiempo de ejecución y que se cumpla con el alcance o meta del proyecto.

## **1.2. Justificación de la Investigación**

Con el avance existente de los diversos métodos para contención de taludes se pretende mediante este trabajo especial, incorporar metodologías y alternativas constructivas que sirvan de apoyo en la solución de problemas de este tipo, mediante sistemas que permitan la elaboración de proyectos integrales con aporte de beneficios técnicos y económicos en la estabilización de taludes.

Es objeto de este trabajo especial de grado, presentar el desarrollo completo de dos metodologías que permiten solucionar el problema referido a completar ancho de vías, y de esta forma puede utilizarse como una herramienta útil en la selección del más adecuado método constructivo para el problema presentado en el presente proyecto.

### **1.3. Objetivos de la Investigación**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Realizar el análisis comparativo técnico económico de tres sistemas constructivos utilizados para obras de contención, en estructuras y obras de arte en carreteras, donde serán analizados todas las metodologías de cálculo involucradas en cada uno de ellos, así como los factores económicos y logísticos que conlleva la ejecución y puesta en funcionamiento de la alternativa optima como solución.

#### **1.3.2. Objetivo Específicos:**

- Evaluar tres sistemas de muros de contención, para estabilización de taludes de vías.
- Analizar las ventajas y desventajas, técnicas, de cada sistema constructivo.
- Determinar los costos económicos a de cada sistema constructivo.

## **1.4 Hipótesis**

Si determinamos la estabilidad de los taludes en las zonas críticas de la carretera entonces se tendrá un criterio estructural de donde colocar los muros se reducir en un 100% de las zonas de inestables.

### **1.4.1. Delimitación de la Investigación**

- ✓ El tramo de evaluación será el sector Km 324+580 al Km 324+650, sector de arqueología, al existir un canal y camino inca no permitiendo expandirse en las excavaciones de corte de talud lateral, siendo la zona protegida por el ministerio de cultura.
  
- ✓ Únicamente serán evaluados tres sistemas constructivos como elementos para estabilizar taludes y dar seguridad en anchos de vías, no tomando en cuenta otros sistemas que pudiesen ser alternativos.

### **1.5. Relevancia del Estudio**

Al ser el análisis comparativo de este trabajo de manera técnico y económico de tres sistemas como elementos para estabilizar el ancho de vías, para el sector Km 324+580 al Km 324+650, de la carretera Ayacucho - Abancay, la presente investigación constituye una referencia para la selección del sistema más adecuado para este tramo en particular, atendiendo a criterios técnicos y económicos. En forma general, el estudio que se presenta es un aporte en conocimientos para la solución de problemas para estabilizar anchos de vías, donde se avalúa la parte técnica y económica.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEORICO**

## 2.1. ANTECEDENTES

Dentro de los antecedentes para la elaboración de este trabajo especial de grado, se tomaron en cuenta las siguientes referencias;

EXPEDIENTE TÉCNICO “REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CHURIN - OYON, TRAMO I: CHURIN - KM 131”, PROVIAS NACIONAL, (Barriga Dall'Orto S.A, 2010), PERU 2010.

El objetivo de este proyecto es la construcción de una vía de dos carriles, empleando estructuras para contención de taludes GAVIONES y para completar ancho de Vías TERRAMESH.

MACCAFERRI, (2005), MANUAL TÉCNICO, “ESTRUCTURAS DE SUELO REFORZADO TERRAMESH SYSTEM”, BRASIL.

El Objetivo del manual es dar a conocer las consideraciones de Diseño de elementos de suelo reforzado, como elementos de contención así como las bondades del sistema.

ING. HUGO EGOAVIL PEREA, MACCAFERRI, ARTÍCULO TECNICO: SISTEMA DE SUELO REFORZADO TERRAMESH EN PROYECTOS MINEROS

El objetivo el presente artículo técnico es dar a conocer las bondades técnicas y sus diferentes aplicaciones en estructuras de contención, del

Terramesh System, así como también sus consideraciones de diseño con la aplicación del software MACSTAR2000.

ARTICULO TÉCNICO, BETONFORM-ERDOX, "SISTEMAS DE MURO ANCLADO".

El objetivo del artículo, es dar a conocer las bondades del sistema muro anclado topo paraguas (Erdox), sus ventajas, así como también su filosofía de diseño y sus diferentes aplicaciones.

## **2.2. SISTEMA TERRAMESH**

### **2.2.1. Concepto de Suelo Reforzado**

Una estructura de suelo reforzado consiste en la introducción de elementos resistentes a la tracción convenientemente orientados dentro de una masa de suelo compactado, que aumentan la resistencia del suelo y disminuyen las deformaciones del macizo. En este sistema, conocido como Suelo Reforzado, el comportamiento global del macizo es mejorado debido a la transferencia de los esfuerzos a tracción hacia los elementos resistentes (refuerzos).

Los suelos poseen en general elevada resistencia a los esfuerzos de compresión, pero baja resistencia a los esfuerzos de tracción.

Cuando una masa de suelo es cargada verticalmente, la misma sufre deformaciones verticales de compresión y deformaciones laterales





### **2.2.2. Antecedentes del Terramesh®**

Los sistemas de refuerzo han sido usados desde la época prehistórica para el mejoramiento del suelo. El uso de paja para mejorar la calidad de ladrillos de adobe data de los inicios de la historia humana. Muchos primitivos usaron troncos y ramas para reforzar sus moradas de barro. Algunos ejemplos de refuerzo de suelo incluyen ramas de árbol, los cuales han sido usados en China por más de 1,000 años y a lo largo del río Mississippi en los años 1880s. Otros ejemplos incluyen clavijas de madera usadas en Inglaterra para el control de erosión y derrumbes, el bambú y la malla de alambres. El refuerzo de suelos también puede ser logrado por el crecimiento de raíces de las plantas.

Los métodos modernos de refuerzo del suelo para la construcción de barreras de contención fueron realizados por el arquitecto e ingeniero francés Henri Vidal en los inicios de 1960s. Su investigación ocasionó la invención y el desarrollo del sistema Tierra Armada, un sistema en el cual se emplean tirantes de acero como refuerzo. El primer muro que usó esta tecnología en los Estados Unidos se construyó en 1972 en California.

Basándose en el principio de sistema de suelo reforzado desarrollado por el ingeniero Henry Vidal la empresa Maccaferri desarrollo el

Sistema Terramesh, la primera estructura documentada que presenta una combinación de gaviones y suelo reforzado fue construida en Sabah, Malasia en 1979. Un revestimiento vertical de gaviones fue anclado al suelo por medio de tirantes de acero. La estructura, con una altura de 14 metros soporta un tramo de la autopista que une Kota Kinabalu y Sinsuran (figura 2). Debido al buen funcionamiento, esta solución fue utilizada en los siguientes tres años en otras contenciones en esa misma autopista.



Figura N° 2.2.2: Suelo Reforzado en Malasia (1979)

Fuente: Sistema de Suelo Reforzado Terramesh en Proyectos Mineros,  
Maccaferri (Perea, Hugo Egoavil)

Buscando garantizar un refuerzo continuo sobre el plano horizontal, se consideró oportuna la utilización de mallas a triple torsión fabricadas con alambres de acero sustituyendo a los tirantes. De esta manera se crean armaduras longitudinales, continuas y se alcanza el desarrollo, no solo de la fricción contra la sección del alambre, sino sobre todo de las propiedades mecánicas de trabazón entre las partículas de material del suelo. Esto se debe a la gran dimensión de la abertura de la malla en relación al diámetro del alambre, que se traduce en un aumento general de la resistencia del refuerzo, lo que no ocurre con materiales que aportan resistencia solamente por fricción.

La experiencia adquirida y la necesidad de garantizar un comportamiento ideal de las estructuras terminadas, simplificando las fases de colocación en obra, permitieron la realización de un producto en malla metálica hexagonal de triple torsión (con recubrimiento GALFAN (Galvanizado pesado compuesto por Zinc y 5% de Aluminio) y revestido en PVC), específico para esta aplicación. El elemento en Suelo Reforzado permite la realización del paramento externo y la armadura de refuerzo en forma continua.

### 2.2.3. Descripción del sistema Terramesh

El sistema de suelo reforzado en Terramesh system está formado por los elementos terramesh, el cual gracias a su paramento frontal de gavión y al refuerzo continuo de malla hexagonal a triple torsión forman el elemento principal de refuerzo del sistema, geotextil clase 2, sistema de drenaje y el relleno compactado.

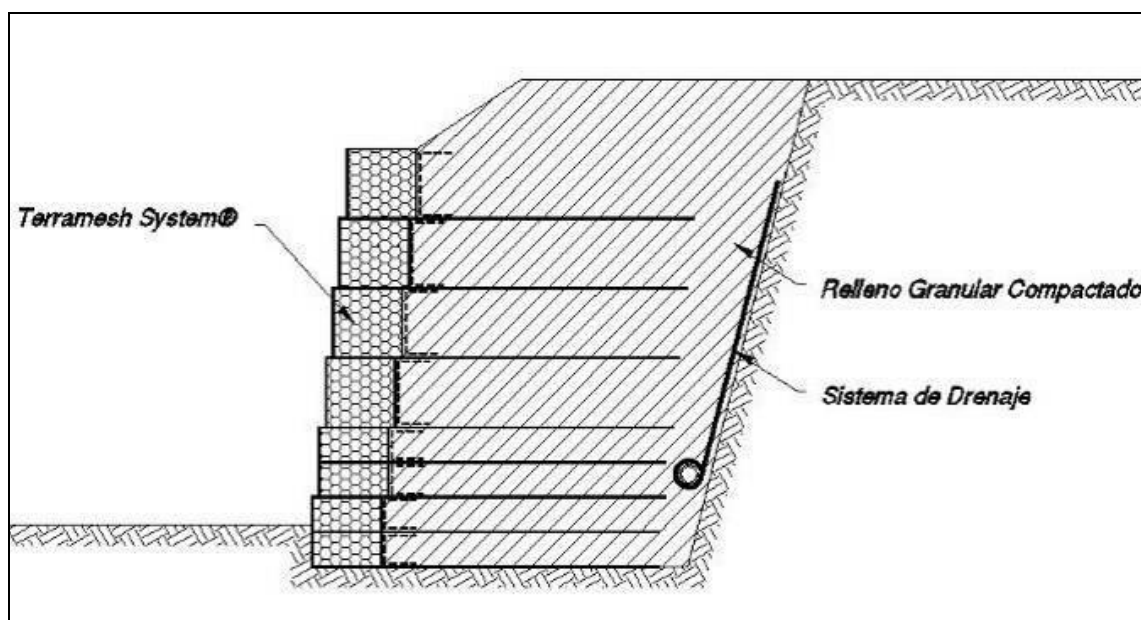


Figura N°2.2.3: Detalle del muro de Terramesh System

Fuente: Sistema de Suelo Reforzado Terramesh en Proyectos Mineros,  
Maccaferri (Perea, Hugo Egoavil)

- ✓ Terramesh System: Elemento de refuerzo el cual está formado por un paramento frontal de gavión y un refuerzo continuo de malla hexagonal a triple torsión que forma una sola unidad con el paramento frontal.

#### **2.2.4. Características del sistema Terramesh**

El sistema de suelo reforzado en Terramesh System presenta las siguientes principales características:

- ✓ La Flexibilidad que brinda a la estructura y la posibilidad de acompañar los asentamientos del terreno de fundación, principalmente cuando se compara con las soluciones tradicionales.
- ✓ La Permeabilidad del paramento frontal, la cual se genera debido a los vacíos entre las piedras.
- ✓ La Versatilidad que permite construir un paramento vertical, inclinado o escalonado.
- ✓ Bajo Impacto Ambiental debido a que el paramento frontal es de piedras, la cual es un elemento paisajístico, además con el pasar del tiempo los vacíos de las piedras es llenado por

material fino y semillas las cuales permiten que la vegetación se desarrolle.

- ✓ Practicidad y Economía debido a que para su construcción no se necesita de equipos ni de mano de obra especializada.

### **2.2.5. Especificaciones técnicas**

Los elementos del Terramesh® System son fabricados con paneles de malla hexagonal de doble torsión producida con alambres de bajo contenido de carbono revestido con Galfan® y adicionalmente protegido por una capa continua de material plástico (PVC).

La tapa, El frente y la base (panel de refuerzo) del sistema son formados por un único paño de malla, otra malla forma las paredes laterales y panel posterior. El panel posterior es cosido a la base, durante el proceso de fabricación del elemento, a través de un espiral.

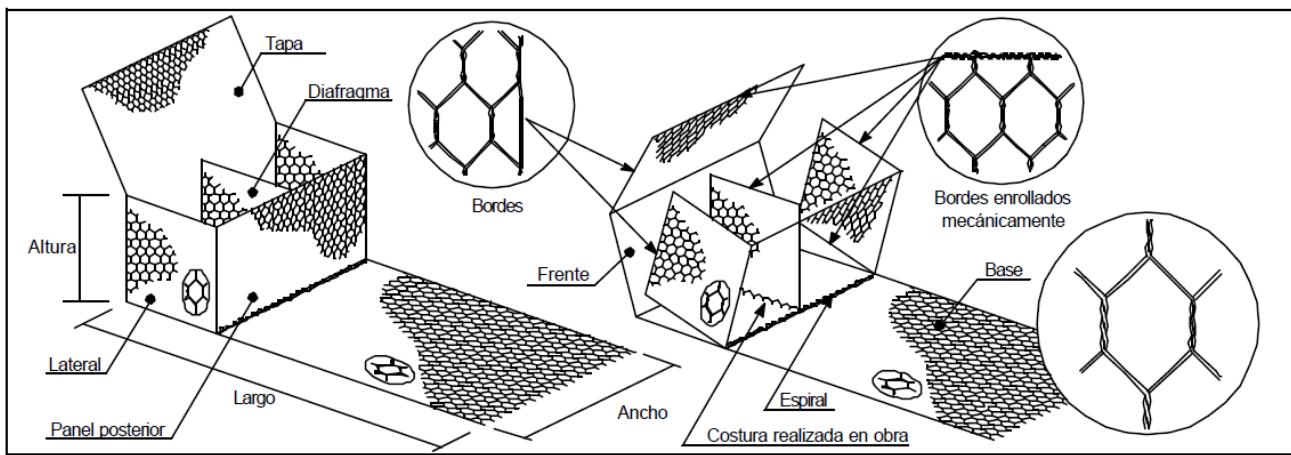


Figura N°2.2.4: Sistema Terramesh System.

Fuente: Sistema de Suelo Reforzado Terramesh en Proyectos  
Mineros, Maccaferri

El paño de malla que conforma el Elemento Terramesh será de malla hexagonal a triple torsión, las torsiones serán obtenidas entrelazando los alambres por tres medios giros. De esta manera se impedirá que la malla se desteje por rotura accidental de los alambres que la conforman (Figura 2.2.10).

Adicionalmente la malla debe tener una garantía para la protección contra la corrosión debido a la agresividad del suelo y/o agua, fenómenos de corrientes galvánicas, y agentes atmosférico mediante un revestimiento de GALFAN (Zn-5Al-MM) y PVC.



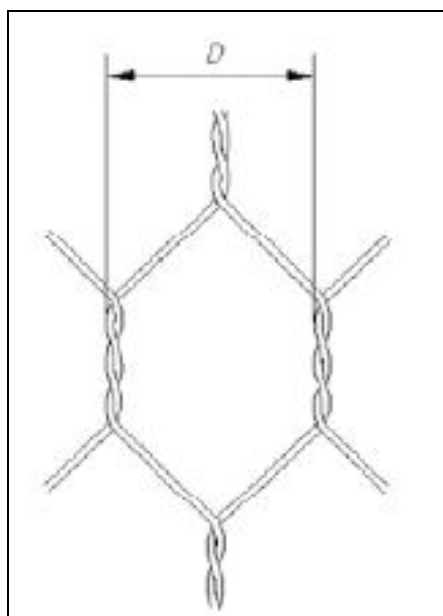


Figura N°2.2.5: Representación de la malla hexagonal a triple torsión

Fuente: Sistema de Suelo Reforzado Terramesh en Proyectos  
Mineros, Maccaferri

Los valores de las dimensiones del Terramesh System son (Fig. 9):

Largo de cola	:	3.0 m (Mínimo)
Ancho	:	2.0 m
Altura	:	0.5 y 1.0 m

La caja del paramento frontal del Terramesh System es dividida en dos celdas por un diafragma que deberá ser amarrado durante la construcción en obra.

### 2.2.5.1. Alambre

Todo el alambre utilizado en la fabricación del Terramesh® System y en las operaciones de amarre y atirantamiento durante su construcción, debe ser de **acero dulce**<sup>1</sup> recocido de acuerdo con las especificaciones NBR 8964, ASTM A641M-98 y NB 709-00, esto es, el alambre deberá tener una tensión de ruptura media de 38 a 48 kg/mm<sup>2</sup>.

La elongación del alambre no deberá ser menor al 12%

### 2.2.6. Propiedades Mecánicas.

Las propiedades mecánicas del sistema terramesh como sistema de suelo reforzado han sido demostrados en una serie de ensayos realizados en todos estos años, pruebas de tracción fueron realizadas con el objetivo de obtener reales sobre la capacidad de anclaje con diferentes tipos de suelos, capas de relleno y largos de anclaje.

Las pruebas mostraron que la capacidad de anclaje obtenida por la malla hexagonal se da debido a la acción combinada entre la fricción, corte y trabazón mecánica de las partículas.

**La fricción** se manifiesta en la superficie de los alambres y está relacionada con el ángulo de fricción interna del material de relleno.

---

<sup>1</sup> Acero cuyo contenido en carbono es menor al 0.2%

**El corte** surge debido al formato tridimensional de la malla, la cual confina en su interior una porción del relleno (figura 2.2.11). Este fenómeno puede ser observado en el caso de movimientos relativos (suelo-paño de malla), donde la malla al deslizarse tiende a mover el suelo, movilizándolo así su resistencia al corte total.

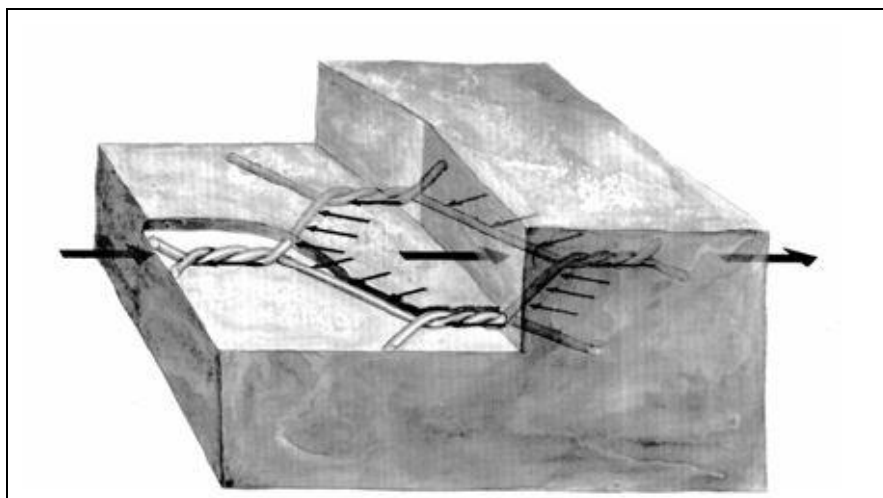


Figura N° 2.2.6: Representación de la malla hexagonal a triple torsión insertada en el suelo.

Fuente: (MACCAFERRI LTDA, 2005)

**La trabazón mecánica** juega un papel importante cuando un gran porcentaje del relleno está graduado en un rango entre 10 hasta 15 veces el diámetro del alambre. Una vez realizadas las pruebas de tracción con varios tipos de rellenos con tales características se observó un notable aumento de la capacidad de anclaje.

Es importante señalar que la resistencia a la tracción en la dirección de las torsiones es más grande que en la dirección transversal, por lo tanto los paneles de malla deben ser siempre colocados de tal forma que la dirección de las torsiones forme ángulos rectos con la cara frontal.

La malla hexagonal de triple torsión, es bien conocida por su naturaleza flexible, pero cuando está confinada en un relleno compactado, su comportamiento es diferente de aquél de cuando al aire libre, mientras mantiene sus características de flexibilidad en la dirección normal, en la longitudinal el suelo detiene el alargamiento de la malla. El suelo contiene lateralmente la malla y no son necesarios alargamientos de la misma para que esta desarrolle toda la carga de trabajo. Esto permite la colocación de la malla sobre **superficies irregulares** y también, en casos de asentamientos diferenciales del relleno, no habrá sobrecarga en la malla, como se observa en los tensores rígidos y en los elementos soldados.

### 2.2.7. Ensayos Realizados

Un proyecto involucrando dichos materiales debe considerar tres tipos de propiedades: propiedad requerida, propiedad índice y propiedad funcional.

La propiedad requerida está asociada a un valor de una función especificada en el proyecto para el dimensionamiento. Los productos capaces de atender a las propiedades requeridas pueden ser posteriormente sometidos a ensayos, para posibilitar el dimensionamiento final.

Las propiedades índices son obtenidas a partir de ensayos de caracterización y generalmente son proveídas por el fabricante.

Estas propiedades son inherentes al producto y no consideran las condiciones de trabajo del geosintético. Los ensayos de caracterización tienen como objetivo determinar las características básicas del producto y poseen procedimientos establecidos bajo normas, tratándose, en general, de ensayos rápidos y simples.

La propiedad funcional debe tener en cuenta el tipo de sollicitación impuesta en la obra y las condiciones de utilización del geosintético. Esta propiedad representa el comportamiento del geosintético en condiciones de trabajo y permite considerar la interacción con el medio adyacente.

La propiedad funcional ( $T_D$ ) de un determinado geosintético puede ser determinada por la relación entre la propiedad índice ( $T_B$ ) y el factor de reducción total ( $f_T$ ). El factor de reducción total ( $f_T$ ) está dado por el producto de dos factores de reducción parciales, definidos por función y tipo de aplicación.

Sobre la base de las consideraciones antes mencionadas la resistencia de proyecto de los refuerzos está dada por:

$$T_D = T_B/f_T \quad (1)$$

Dónde:

$T_B$  = propiedad índice del material a ser usado en el proyecto;

$T_D$  = propiedad funcional del material a ser usado en el proyecto;

$f_T$  = factor de reducción total para el material.

#### **2.2.7.1. Ensayo de arrancamiento (pull out test):**

La capacidad de anclaje es obtenida experimentalmente a través de ensayos normalizados, lo que permite que los resultados sean utilizados de manera estandarizada en el análisis, verificación y dimensionamiento de estructuras en suelo reforzado.

La fuerza máxima necesaria para arrancar el refuerzo  $F_{po}$  está dada por:

$$F_{po} = 2 \cdot \sigma_v \cdot L \cdot W \cdot \mu \cdot \text{tg} \Phi \quad (2)$$

Dónde:

$\Phi$  = Angulo de fricción del relleno Estructural

$\mu$  = Factor de interacción entre el relleno estructural y el refuerzo.

L = Largo Enterrado del refuerzo

W = Ancho de refuerzo

$\sigma_v$  = Presión vertical

Los factores  $\mu$  para la malla del Sistema Terramesh®, cuando está insertada en el suelo:

ARCILLA	LIMO	ARENA	ARENA GRUESA
0.30	0.50	0.65	0.90

#### 2.2.7.2. Ensayo de Carga - Resistencia de la malla:

En muros, taludes y ciertos tipos de fundaciones reforzadas, la carga de proyecto es considerada como constante a lo largo de la vida útil de la estructura. Consecuentemente la resistencia de proyecto para el refuerzo (de cualquier naturaleza) debe estar basada en la resistencia necesaria al final de la vida útil de la estructura.

La resistencia de proyecto del refuerzo puede ser determinada por el estado límite último de colapso o por el estado límite de serviciabilidad.

Una distinción clara debe ser hecha entre refuerzo de fundación de rellenos sobre suelos blandos y los refuerzos de muros, taludes y fundaciones de rellenos especiales (ej. refuerzo de base de rellenos sobre pilotes). Para rellenos sobre suelos blandos la máxima carga de proyecto ( $T_B$ ) ocurre al final de la construcción en la hipótesis crítica de que no hay consolidación del suelo de fundación durante esta etapa, a partir de ahí el incremento de resistencia (consolidación) del suelo de apoyo hace que la carga de proyecto se reduzca con el tiempo. Para los muros y taludes, la carga de proyecto ( $T_B$ ) debe ser considerada constante a lo largo de la vida útil de la estructura, siendo igual a la resistencia de proyecto, que prevalece hasta el final de la vida útil de la estructura.

#### **2.2.8. Diseño de los Muros de Terramesh.**

Los muros de suelo reforzado son diseñados considerando la estabilidad externa e interna:

**Estabilidad Externa:** Deslizamiento, volteo, capacidad portante y estabilidad global.



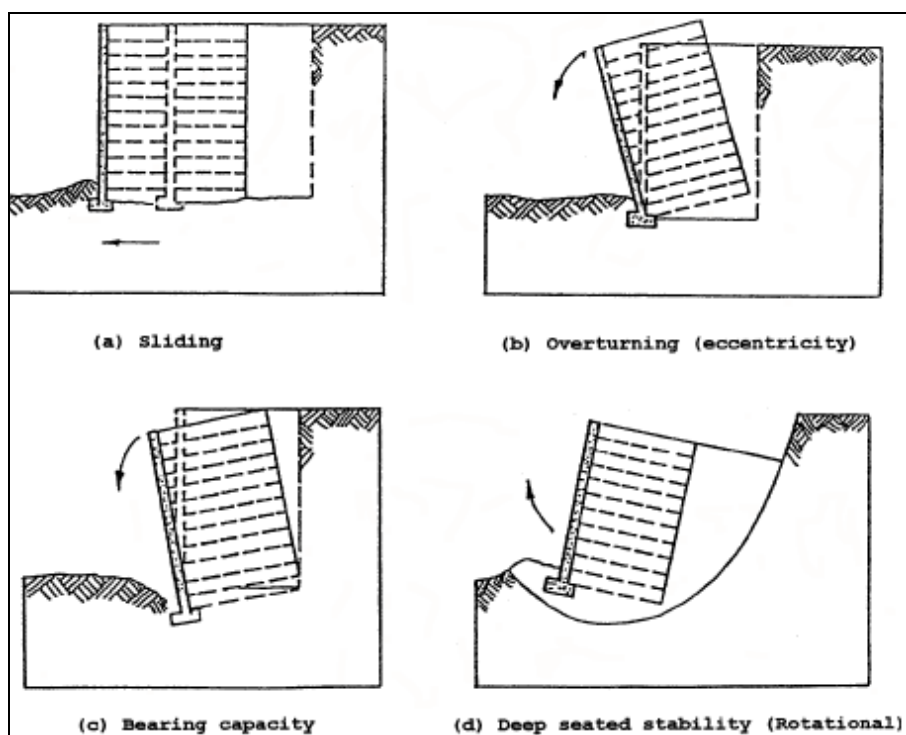


Figura N° 2.2.7 Análisis de estabilidad externa

Fuente: (Perea, Hugo Egoavil)

Para los cálculos de la estabilidad externa por deslizamiento, volteo y capacidad portante se aplicará el diagrama de la Figura 10

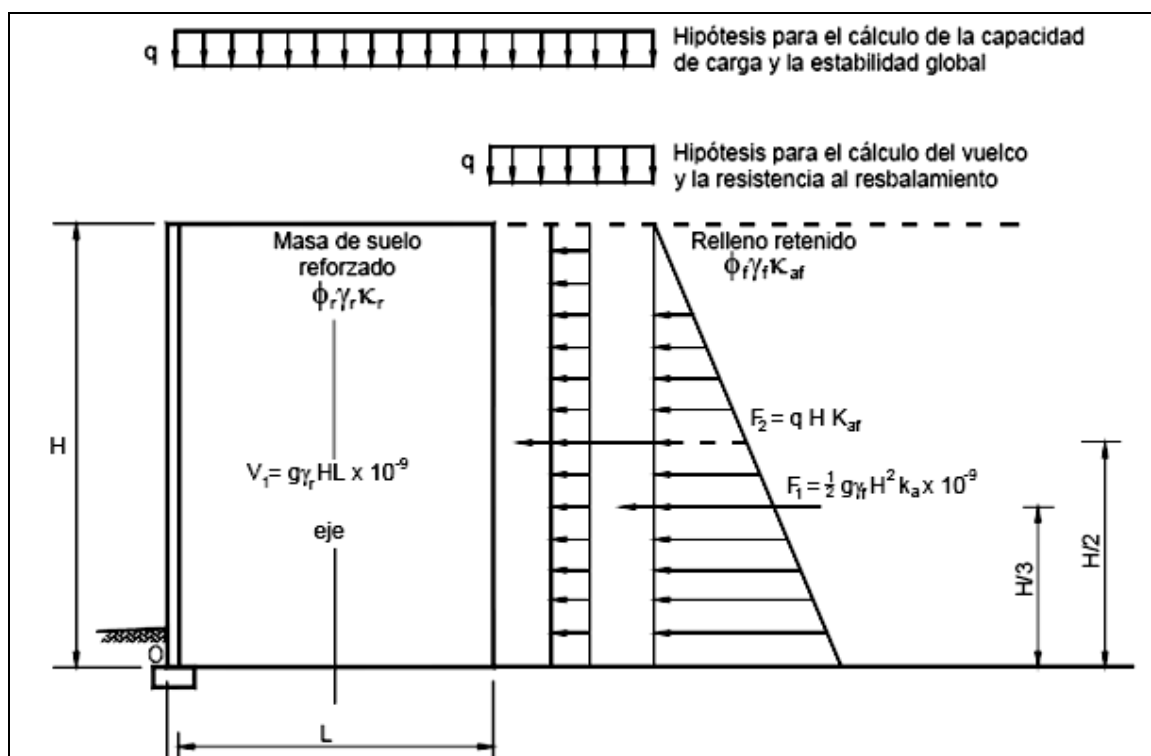


Figura N°2.2.8: Diagrama para el cálculo de estabilidad

Fuente: (Perea, Hugo Egoavil)

**Estabilidad Interna:** Rotura de los refuerzos o Arrancamiento de los refuerzos.

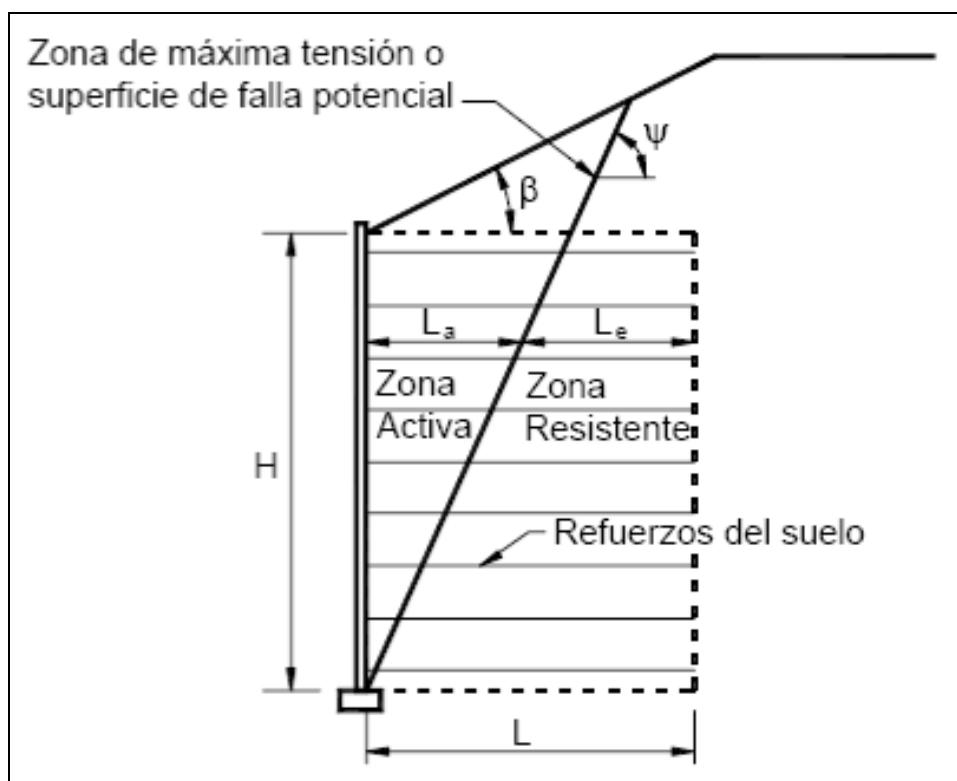


Figura N° 2.2.09: Superficie crítica para el cálculo de los factores de seguridad de la estabilidad interna.

Fuente: Terramesh System.

Como se puede apreciar la superficie crítica de falla es la que se considera para los muros de suelo reforzado con refuerzos del tipo extensibles.

La malla hexagonal a triple torsión es considerada, a pesar de ser una malla de acero, como un refuerzo del tipo Extensible.

$$L_e \geq \frac{T_{max}}{\emptyset F \alpha \sigma_v C R_c} \quad (7)$$

Formula: Fuente Terramesh en proyectos Mineros, Maccaferri

Dónde:

$L_e$  = Longitud de los refuerzos en la zona resistente.

$T_{max}$  = Carga Máxima en el Refuerzo

$\emptyset$  = Factor de resistencia al arrancamiento de los refuerzos.

$F^*$  = Factor de fricción

$\alpha$  = Factor de corrección que considera los efectos de la escala igual a 0.8

$\sigma_v$  = Esfuerzo vertical

$C$  = Factor adimensional igual a 2

$R_c$  = Para refuerzos continuos es igual a 1

Para los cálculos de la Estabilidad Externa e Interna del Sistema Terramesh se puede utilizar el **software MacStars**

### 2.2.9. Procedimiento Constructivo

La fundación de la estructura deberá tener un ancho mínimo igual a la longitud de la cola de refuerzo del Sistema Terramesh más 0.50 m, o como se indique en planos. Deberá ser nivelada y compactada, el paramento externo del muro podrá ser vertical o escalonado, tal como se indique en los planos de acuerdo al diseño realizado.

Los elementos Terramesh® deberán ser abiertos en una superficie plana de acuerdo con la figura N° 17:

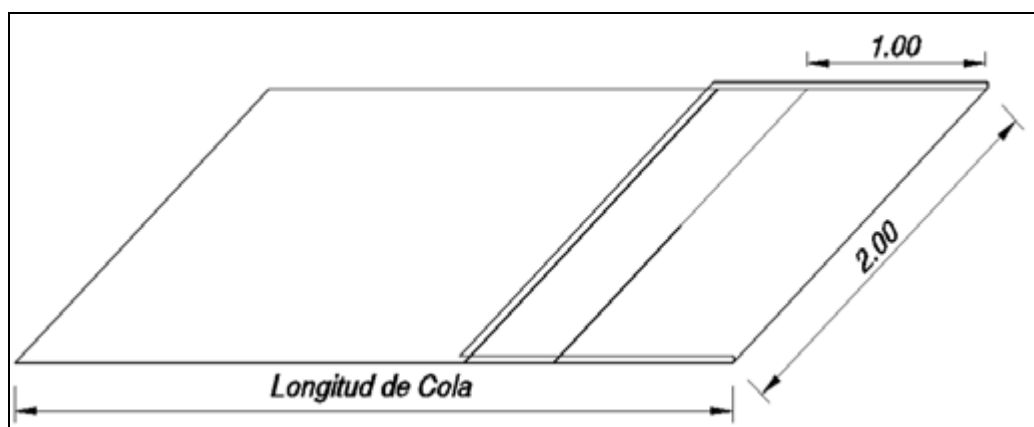


Figura N° 2.2.10: Elemento terramesh desdoblado.

Fuente: (Perea, Hugo Egoavil)

Se levanta el panel posterior hasta que quede a 90° de la horizontal y se inserta el diafragma en el medio del paramento frontal.

Asimismo, se ajusta los alambres que sobresalen en los extremos del terramesh.

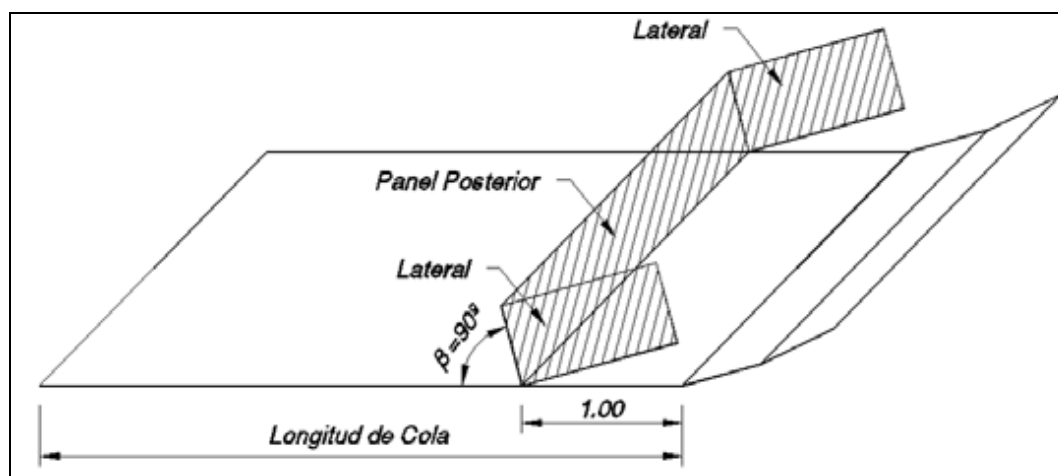


Figura N° 2.2.11: Colocación del panel posterior.

Fuente: (Perea, Hugo Egoavil)

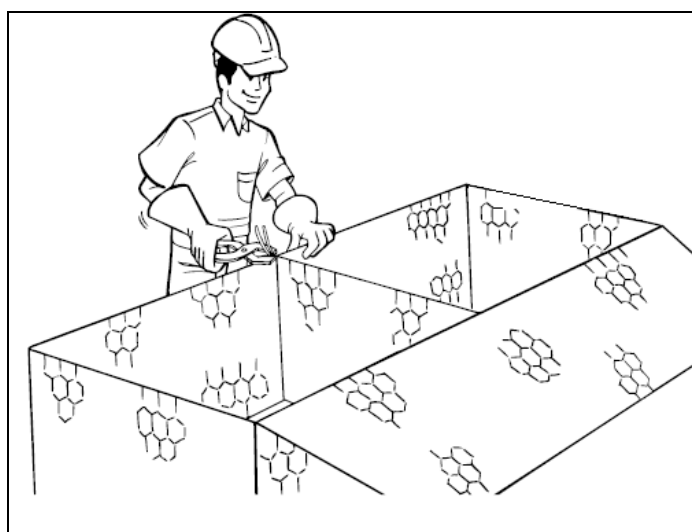


Figura N° 2.2.12: Colocación del Diafragma

Fuente: (Perea, Hugo Egoavil)

Las unidades pre-armadas deberán ser dispuestas en su ubicación final de obra, colocándolas de manera contigua mediante dos puntos de fijación en las colas.

Antes de proceder al relleno del paramento frontal con piedras se deberá realizar el amarre del paramento de los terramesh contiguos. El amarre se efectuará utilizando el alambre provisto junto con el terramesh y se realizará dando una vuelta simple y una vuelta triple cada 10cm en forma alternada.

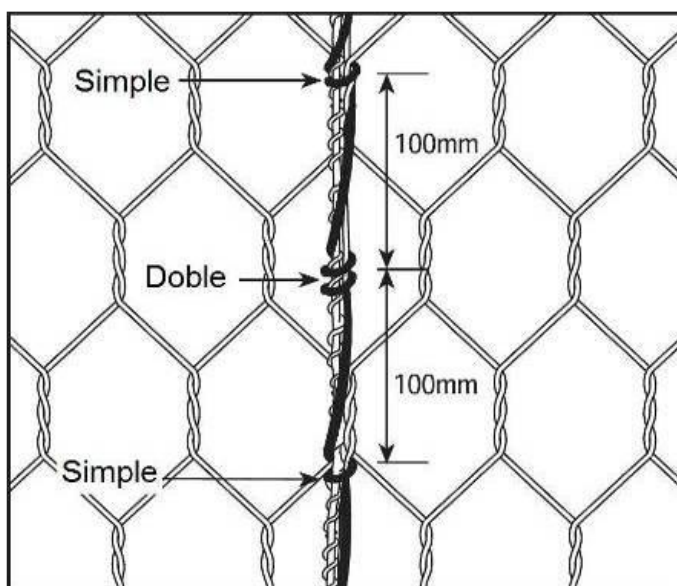


Figura N° 2.2.13: Amarre del paramento frontal

Fuente: (Perea, Hugo Egoavil)

Luego se procederá al relleno del paramento frontal (conforme a las mismas técnicas utilizadas para los gaviones), el relleno se debe de realizar en tercios y colocando los tensores.

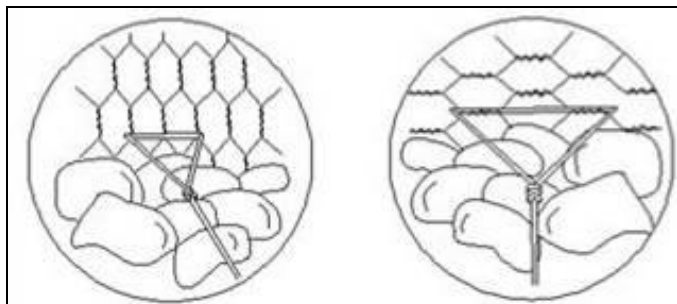


Figura N° 2.2.14: Detalle del tensor

Fuente: (Perea, Hugo Egoavil)

Figura N° 2.2.20: Relleno de malla con Piedras

Fuente: Elaboración Propia

Luego se procede a colocar el geotextil clase 2 de filtro.

Figura N° 2.2.21: Colocación de Geotextil

Fuente: Elaboración Propia

El relleno deberá ser ejecutado en capas cuyo espesor no exceda los 0.30m. Es necesario asegurar que los equipos pesados de compactación no tengan contacto con los refuerzos y no queden a una distancia menor de 1.0m del paramento interior del Terramesh.



### Figura N° 2.2.22: Relleno y compactación

Fuente: Elaboración Propia

Se colocaran los terramesh superiores sobre los inferiores y se deberán amarrar en los puntos de contacto, se realizará este procedimiento hasta llegar al nivel final del terramesh.

## **2.3 ANALISIS SEUDO ESTATICO**

Comenzando en los años 1920, la estabilidad sísmica de estructuras de tierra ha sido analizada usando una forma pseudoestática en la cual los efectos de un terremoto son representados por aceleraciones constantes horizontales y/o verticales. En su forma más común, los análisis pseudoestáticos representan los efectos de vibraciones de un terremoto mediante aceleraciones pseudoestáticas que producen fuerzas inerciales  $F_h$  y  $F_v$ , las cuales actúan a través del centroide de la masa de falla (Kramer 1996)

## **2.4 PROGRAMA MACSTAR®2000**

El programa MACSTAR®, versión 2000, de acceso libre, fue desarrollado por la empresa Maccaferri para analizar la estabilidad de los suelos reforzados, esto es, estructuras que promueven la estabilidad de los taludes usando unidades de refuerzos capaces de absorber los esfuerzos de tracción.

Además, permite al usuario conducir el análisis de estabilidad usando el Método del Equilibrio Limite considerado también situaciones de taludes sin refuerzos.

El programa MACSTAR® 2000 permite al usuario realizar los siguientes tipos de análisis.

- ✓ Taludes no reforzados (Perfiles de suelo existente)
- ✓ Taludes (o Muros) reforzados con el sistema Terramesh®, entre otros.

Permite también incluir en los resultados las siguientes condiciones.

- ✓ Presión de poros
- ✓ Condiciones sísmicas
- ✓ Sobrecargas uniformemente distribuidas y puntuales
- ✓ Varios Tipos de refuerzos
- ✓ Geometría Compleja de refuerzos

Presentando finalmente valores para el cálculo de:

- ✓ Análisis de estabilidad interna
- ✓ Tensiones en los esfuerzos
- ✓ Análisis de estabilidad Global
- ✓ Verificaciones externas (Como muro de contención)
- ✓ Análisis de estabilidad contra el deslizamiento
- ✓ Calculo de asentamientos

## **CAPITULO III**

### **3. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACION**

## **3.0 MATERIAL Y MÉTODOS**

### **3.1 MATERIALES**

#### **3.1.1 Población**

En el presente estudio la población estará dada por los usuarios de la vía de la carretera tramo Kishuara puente sahuinto.

#### **3.1.2 Muestra**

Como el estudio de investigación se centra en tramo de la carretera identificado como zonas críticas entre los km 324+580 al Km 324+650 tramo de la Carretera Kishuara – Puente Sahuinto, Departamento de Abancay.

#### **3.1.3 Unidad de análisis**

Los puntos críticos de taludes inestables en la vía tramo carretera kishuara puente sahuinto.

### **3.2 MÉTODOS**

#### **3.2.1 Tipo de estudio**

La Metodología que se realizó es del tipo, exploratorio descriptivo y aplicativo.

Es descriptivo porque describe la realidad, sin alterarla, es así que la primera etapa corresponde obtención de información de años anteriores al trabajo de campo en el cual se identifica las zonas

críticas reales de trabajo y actividades para la estabilización de taludes.

### **3.2.2 Diseño de investigación**

**M: X → O**

Donde:

M: Carretera Kishuara – Puente Sahuinto, Departamento de Abancay

X: Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio fundadas en el mantenimiento rutinario y periódico en la carretera.

O: Condiciones de uso de las vía, como tiempo de desplazamiento, transitabilidad de la vía, seguridad de la vía.

### **3.2.3 Variables y operativización de variables**

**Variable independiente:** Características del tipo de muro.

**Variable dependiente:** Zonas críticas de inestables con sus características de optimas técnicas y económicas.

### **3.2.4 Instrumentos de recolección de datos**

La recolección de datos de la condición vial actual se obtiene mediante un inventario, utilizando wincha, cámara fotográfica, receptor GPS navegador, considerando el Manual de Carreteras "Mantenimiento y

conservación Vial” (Parte IV: Mantenimiento rutinario manual en caminos vecinales o rurales por parte de los gobiernos locales, El Manual de Carreteras "Manual de Inventarios Viales”.

El Manual de Túneles, Muros y Obras Complementarias donde dan lineamientos para los diseños correspondientes y que el proyectista tomara en cuenta de acuerdo a cada realidad problemática.

**Instrumentos:**

Estación Total, Nivel de ingeniero, trípode y mira

**Software** : (Macstars 2000®)

**3.2.5 Procedimiento y análisis estadístico de datos**

Los datos recogidos en la carretera Kishuara – Puente Sahuinto, Departamento de Abancay, como implementación de control de zonas críticas, implicando la utilización de recursos en su estabilización de la carretera, dando la seguridad debida y conservación de restos valorables del estado.

Estos se mostrarán en tablas, cuadros y gráficos que se analizarán según sus propios hallazgos, por promedios, frecuencias y porcentajes comparados de costo y gasto.

**Programas:**

Word : Procesador de datos

Excel : Procesador de datos numéricos

Autocad 2017 : Software de diseño de dibujos en 2D y  
modelamiento en 3D

## **CAPITULO IV**

### **4. DESARROLLO DEL SISTEMA MURO NO CONVENCIONAL TIPO TERRAMESH**



#### 4.1. SISTEMA MURO NO CONVENCIONAL TIPO TERRAMESH® SYSTEM

##### METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO

Para la verificación de una estructura en suelo reforzado con malla biaxial tipo Terramesh® System, teniendo como principal fuente de datos la características intrínsecas de esta solución.

En el dimensionamiento de las estructuras de contención, los empujes laterales del suelo son los elementos más significativos para un análisis de estabilidad, siendo éstos generados por el peso propio del suelo y/o por las sobrecargas aplicadas sobre él.

Los empujes pueden ser de tres tipos bien diferentes: activo, pasivo y en reposo; sin embargo, en el caso del análisis de estructuras de contención, los empujes relevantes desde el punto de vista de diseño son: el activo y el pasivo. Con el fin de conocer claramente el efecto de cada uno de estos esfuerzos, se puede definir:

**Empuje Activo:** es la presión límite entre el suelo y el muro, producida cuando existe una tendencia de movimiento en el sentido de “expandir” el suelo horizontalmente.

**Empuje Pasivo:** es la presión límite entre el suelo y el muro, producida cuando existe una tendencia de movimiento en el sentido de “encoger” el suelo horizontalmente.

Tomando en cuenta que la estructura de contención funciona como un paramento que confina el suelo, la situación más crítica ocurrirá cuando exista el mínimo desplazamiento del paramento y máxima movilización de la resistencia del suelo, o sea, la situación en que ocurre la aplicación del empuje activo sobre el muro.

Existen varios métodos para la determinación del empuje entre ellos:

- ✓ Método de Rankine;
- ✓ Método de Coulomb;
- ✓ Análisis de equilibrio límite;
- ✓ Métodos Numéricos.

Entre los métodos citados, el análisis del equilibrio límite se destaca por el hecho de utilizar parámetros conocidos y de fácil determinación, además de abarcar las limitaciones de los métodos de Rankine y Coulomb.

El método del equilibrio límite consiste en tomar en consideración varias posiciones para la posible superficie de ruptura y para cada una de ellas determina el valor del empuje, por equilibrio de fuerzas (figura 4.1.2). Con esto, es posible determinar la posición crítica de la superficie de ruptura y del empuje máximo correspondiente (figura 4.1.3).

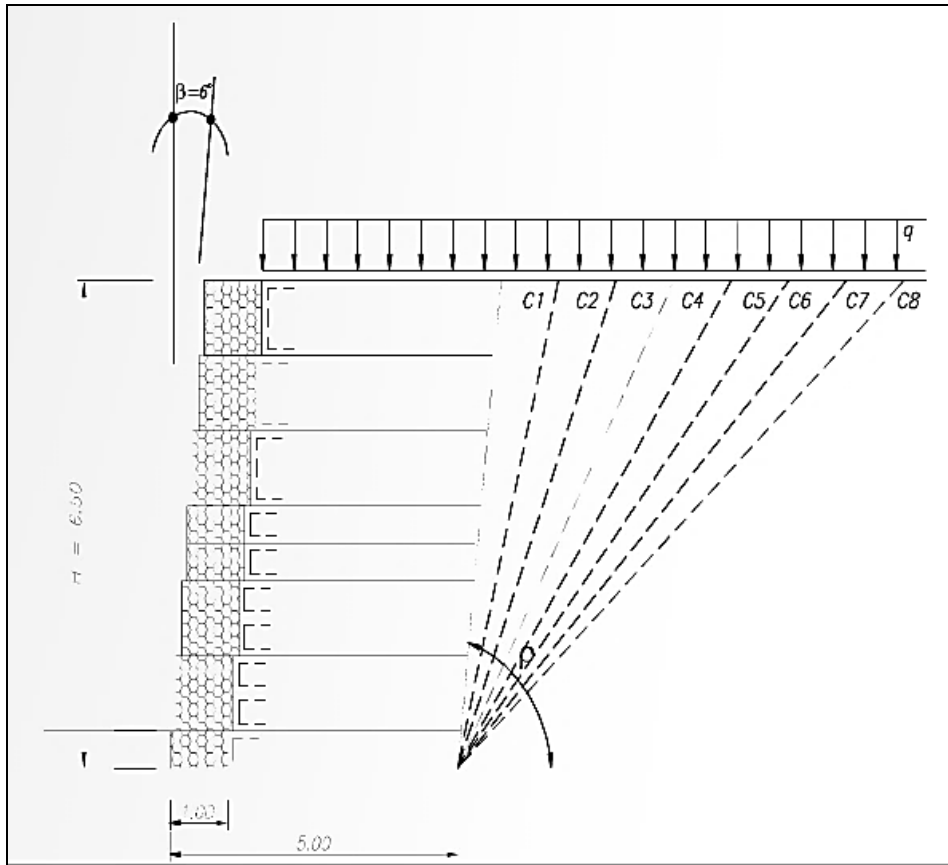


Figura N° 4.1.1: Variación de la superficie de ruptura en función del ángulo Crítico.

Fuente: (MACCAFERRI LTDA, 2005)

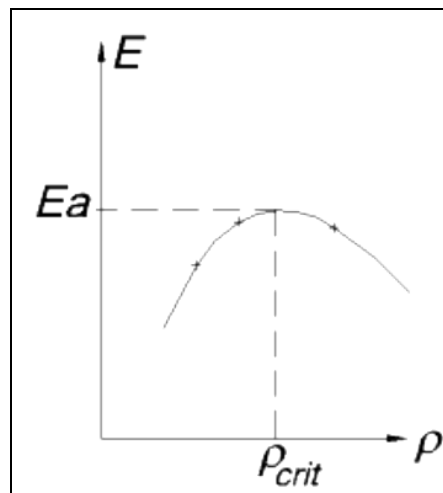


Figura N° 4.1.2 - Variación del Empuje Activo en función del ángulo crítico.

Fuente (MACCAFERRI LTDA, 2005)

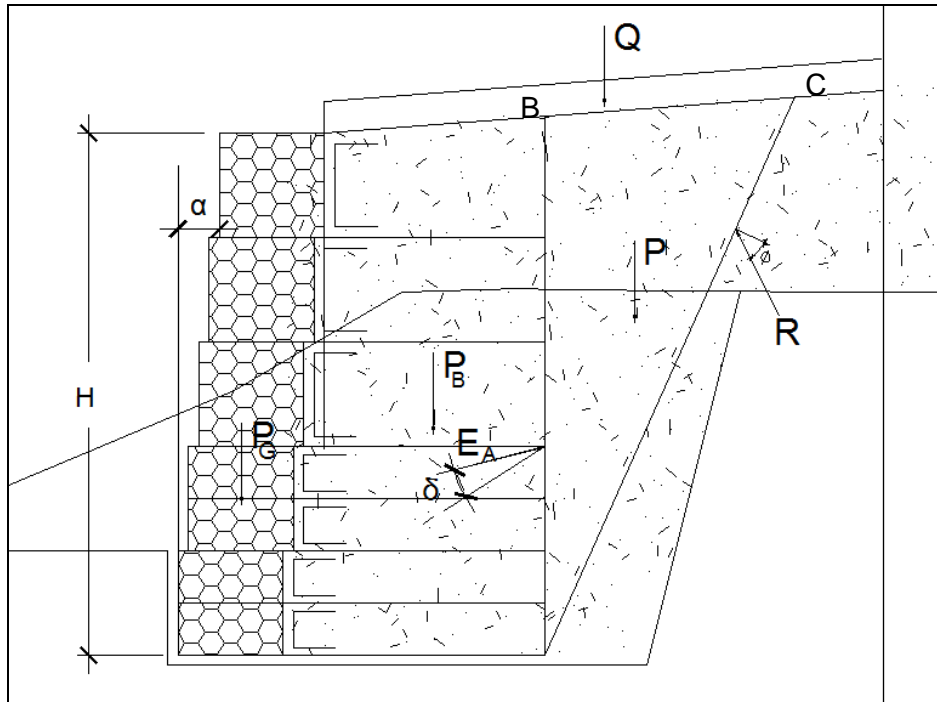


Figura N° 4.1.3 – Diagrama de fuerzas actuantes

Fuente: Elaboración Propia

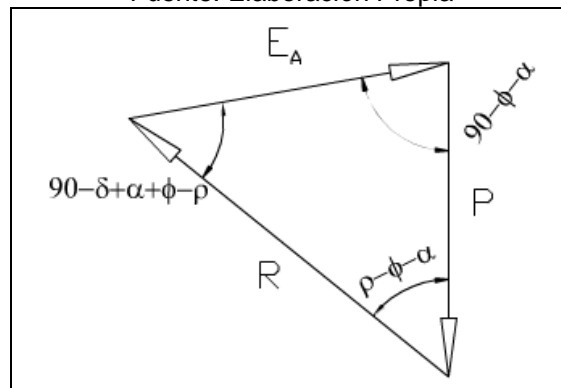


Figura N° 4.1.4 - Diagrama que muestra el equilibrio de fuerzas del sistema.

Fuente: (MACCAFERRI LTDA, 2005)

A partir del equilibrio de fuerzas, es posible obtener la siguiente ecuación:

$$E_a = (P + Q) \cdot \frac{\sin(\rho - \varphi)}{\cos(\alpha + \rho - \delta - \varphi)} \quad (9)$$

Dónde:

$E_a$  = Empuje Activo

Donde el valor de  $\rho$  varía en función del segmento BC del triángulo ABC. Lo mismo ocurre con el valor de P (peso de la masa de suelo) que varía de acuerdo con el área de ese triángulo.

A partir de ahí, es posible obtener las siguientes ecuaciones:

$$P = \gamma \cdot \frac{H \cdot \overline{BC}}{2} \quad (10)$$

$$\rho = \arctan\left(\frac{H}{\overline{BC} + H \cdot \tan\alpha}\right) \quad (11)$$

En el análisis propuesto, se estima la presencia de una sobrecarga uniformemente distribuida sobre el terraplén y por el método del equilibrio límite, debe ser adicionada, al peso de la cuña de suelo formada por la superficie de ruptura, la porción de carga distribuida que se encuentra sobre ella (figuras 4.1.6 y 4.1.7).

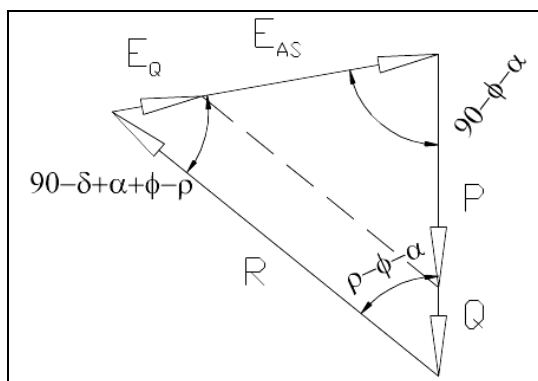


Figura N° 4.1.5 - Diagrama que muestra la inclusión de la carga en el equilibrio de fuerzas del sistema.

Fuente: (MACCAFERRI LTDA, 2005)

En cuanto al punto de aplicación del empuje, se puede obtener a partir de la separación de los efectos del suelo y de la sobrecarga.

A través de líneas paralelas a la superficie de ruptura, una pasando por el centro de gravedad de la masa de suelo y otra por el punto de aplicación de la fuerza resultante de la carga distribuida, se obtiene el punto de aplicación del empuje debido al suelo y debido a la carga, respectivamente (figura 4.1.7).

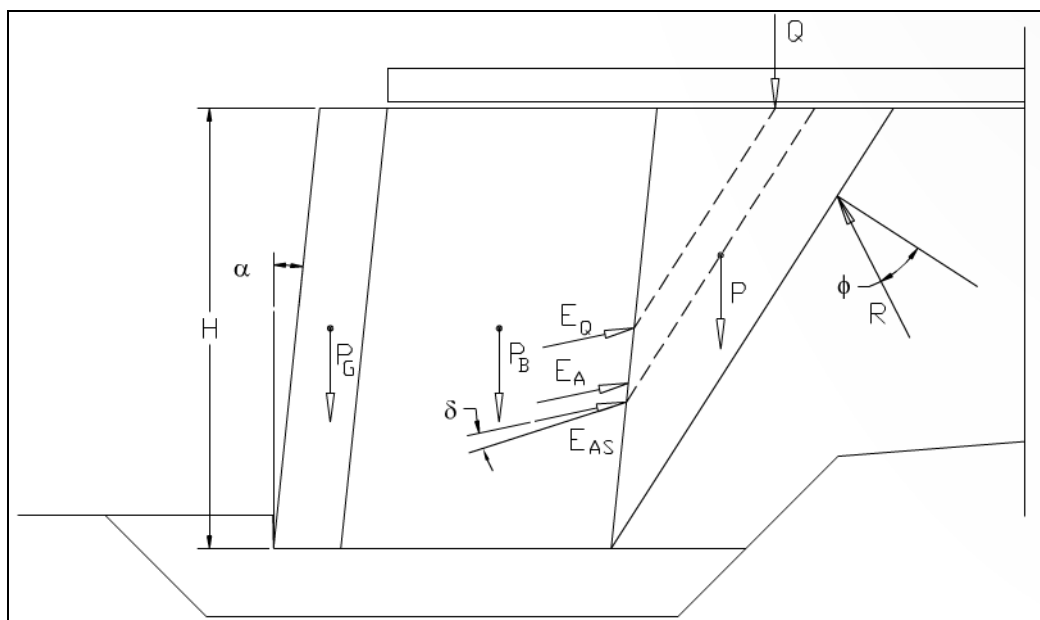


Figura N° 4.1.6 - Diagrama que muestra las rectas paralelas que determinan el punto de aplicación del empuje debido al suelo y a la carga, respectivamente.

Fuente: (MACCAFERRI LTDA, 2005)

A partir del punto de aplicación del empuje debido a la carga y al suelo es posible, a través de un promedio ponderado, determinar el punto de aplicación del empuje activo resultante.

Con relación al empuje pasivo, su contribución ocurrirá en los casos en que la estructura se presente cimentada, sin embargo, deberá ser utilizado con criterio, pues su valor contribuye en la estabilización de la estructura de contención, se deberá asegurar su presencia a lo largo del tiempo. Esto porque, en los casos en que esa profundidad de cimentación sea removida, la estabilidad de la estructura de contención será comprometida.

Como el empuje pasivo  $E_p$ , en general, corresponde a acciones de carga inferiores con respecto a los empujes activos, se admite la utilización de métodos más simples (Rankine) para su determinación, sin comprometer la exactitud de los resultados:

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_p \quad (12)$$

Dónde:

$K_p$  es el coeficiente de Empuje Activo.

$$K_p = \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi} \quad (13)$$

Encontrando el valor y la posición del empuje activo que actúa sobre la estructura, es posible realizar las verificaciones externas:

- ✓ Verificación contra el deslizamiento;
- ✓ Verificación contra el vuelco;
- ✓ Presiones en la fundación.

#### 4.1.1. VERIFICACIÓN CONTRA EL DESLIZAMIENTO

La estructura tiende a deslizarse en relación a la fundación sobre la cual está apoyada, en el sentido de la carga, debido a la aplicación del empuje activo (figura 4.1.8). En este caso habrá una fuerza resistente disponible que actúa en la base de la estructura contraria a tal movimiento, más la componente del empuje pasivo, si la estructura estuviese cimentada, con el fin de contrarrestar el deslizamiento.

La fuerza resistente disponible es definida como:

$$T = N \cdot \tan \delta^* \quad (14)$$

Dónde:

$N$  = Componente normal al sistema de fuerzas;

$\delta^*$  = Angulo de fricción entre el suelo de fundación y la base de la estructura.

La componente normal es la sumatoria de las fuerzas verticales existentes en el sistema.

Siendo así, se tiene:

$$N = W + q \cdot L + E_a \cdot \sin(\delta - \alpha) \quad (15)$$

Dónde

$L$  = largo del refuerzo de la estructura de contención;

$W$  = Peso Propio del bloque de refuerzo (Paramento frontal + masa de suelo reforzado).

$q$  = carga distribuida sobre el terraplén.

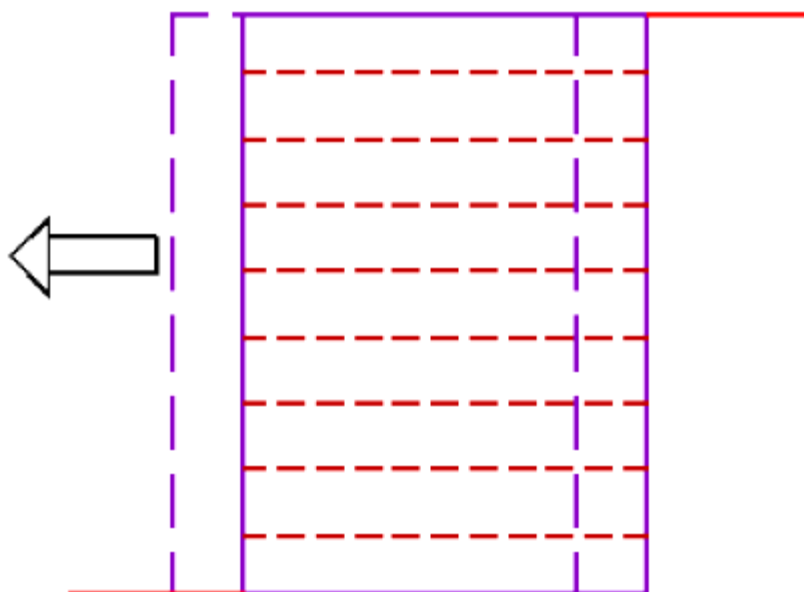


Figura N° 4.1.7 - Deslizamiento del bloque reforzado sobre la fundación.



Fuente: (MACCAFERRI LTDA, 2005)

Para una estructura en suelo reforzado es posible adoptar  $\delta^* = \Phi$  (ángulo de fricción del suelo de fundación) y obtener el valor de la fuerza resistente disponible T.

Con todas las fuerzas, se puede definir el factor de seguridad contra el deslizamiento, como la relación entre la sumatoria de las fuerzas estabilizantes y aquellas inestabilizantes del sistema.

Sumatoria de las fuerzas estabilizantes:

$$\sum F_{\text{est}} = T + E_p \quad (16)$$

Sumatoria de las fuerzas desestabilizantes:

$$\sum F_{\text{des}} = E_a \cdot \text{Cos} (\delta - \alpha) \quad (17)$$

Factor de seguridad contra el deslizamiento:

$$\sum F_{\text{est}} / \sum F_{\text{des}} \quad (18)$$

#### 4.1.2. VERIFICACIÓN CONTRA EL VUELCO

El vuelco de la estructura de contención podrá ocurrir cuando el bloque reforzado tienda a rotar en relación al punto de giro (A), posicionado en la parte frontal inferior de la estructura (figura 4.1.9). O sea, el momento del empuje activo en relación al punto "A" situado en el pie del muro supera el valor del momento del peso propio de la estructura sumado al momento del empuje pasivo. Este tipo de análisis considera el bloque de suelo reforzado como un macizo rígido y como si la fundación no se deformara en el momento del giro. En realidad esto no

ocurre porque, para que haya una rotación del bloque reforzado, es necesario que la fundación entre en colapso debido a las cargas.

Se define el factor de seguridad contra el vuelco como la relación entre la sumatoria de los momentos estabilizantes y aquellos inestabilizantes determinados en relación al punto "A" llamado "punto de vuelco".

Para determinar los brazos de palanca de las fuerzas actuantes sobre la estructura, es necesario conocer el punto de aplicación de cada una de ellas, o sea, el centro de gravedad.

Sumatoria de los momentos estabilizantes:

$$\sum M_{est} = P_G \cdot X_G + P_B \cdot X_B + E_a \cdot \text{SEN}(\delta - \alpha) \cdot X_{Ea} + q \cdot L \cdot X_Q + E_p \cdot Y_{EP} \quad (19)$$

Dónde:

$P_G$  = Peso del paramento frontal (elementos Terramesh®);

$X_G$  = Coord. X del centro de gravedad del paramento frontal;

$P_B$  = Peso del macizo de suelo reforzado;

$X_B$  = Coord. X del centro de grav. del macizo del suelo reforzado;

$X_{Ea}$  = coord. X del punto de aplicación del empuje activo;

$q$  = carga distribuida;

$L$  = largo del refuerzo;

$X_Q$  = coord. X de la resultante de la carga distribuida en los refuerzos;

$E_p$  = Empuje pasivo;

$Y_{EP}$  = Coord. Y del punto de aplicación del empuje pasivo.



A través del equilibrio de momentos actuantes sobre la estructura de contención, se puede determinar el punto de aplicación de la fuerza normal "N".

$$e = B / 2 - [ ( M_{est} ) - ( M_{desest} ) ] / N \quad (22)$$

Esta fuerza normal es la resultante de las presiones normales que actúan en la base de la estructura de apoyo. Para que estas presiones sean determinadas, la forma de su distribución debe ser conocida. En el caso de la estructura de suelo reforzado, se puede admitir una distribución de presión constante, debido al hecho de poseer una fundación flexible y capaz de soportar pequeñas deformaciones. Por lo tanto, se determina la base sobre la cual actuará esa presión según las siguientes condiciones:

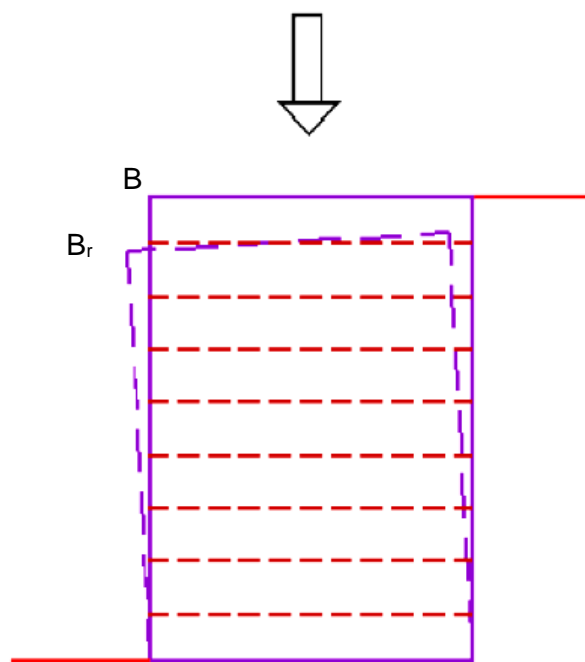


Figura 4.1.09 - Presión del bloque reforzado aplicado sobre la fundación.

Fuente: (MACCAFERRI LTDA, 2005)

$$B_r = B$$

$$e < 0$$

$$B_r = B - 2e \quad e > 0$$

Es posible calcular entonces, la presión promedio equivalente ( $p_{med}$ ) que actúa en la fundación, por la ecuación:

$$p_{meq} = N / T.B_r \quad (23)$$

Con la presión última que soporta el suelo de fundación, se determina el factor de seguridad, que será la relación entre la presión última y la presión promedio equivalente generada por la estructura:

$$FS = p_u / p_{meq} \quad (24)$$

#### 4.1.4. VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD INTERNA

En los análisis de estructuras en suelo reforzado, pueden ocurrir acciones de cargas internas, impuestas sobre los refuerzos, superiores a las que estos pueden soportar, llevándolos a la ruptura o al arrancamiento de la masa de suelo resistente, por insuficiencia de anclaje.

Para que esto no ocurra, el valor de la tensión máxima actuante  $T_{m\acute{a}x}$  no debe ser superior al menor valor esperado para la resistencia de diseño del geosintético  $T_d$  (tomando en cuenta los debidos factores de reducción). De la misma manera, debe existir un mínimo de anclaje del refuerzo, en la llamada zona resistente, para que el mismo nivel de tensión sea contrarrestado por la fricción y adherencia entre el suelo y el refuerzo, de manera que no haya arrancamiento.

Tales mecanismos pueden ser controlados mediante una correcta especificación de los espaciamientos entre los refuerzos y los largos de anclaje apropiados.

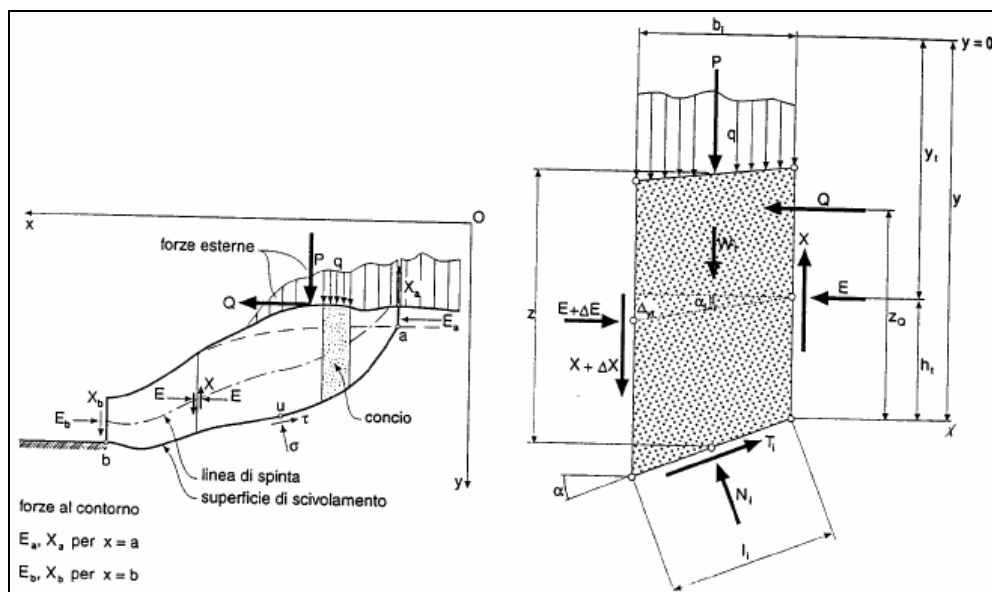


Figura N° 4.1.10 - Fuerzas actuantes en una franja.  
 Fuente: (MACCAFERRI LTDA, 2005)

La opción por el **método de Janbu** se debe al hecho que tal método es uno de los más indicados para el análisis de suelos reforzados, pues emplea en su metodología el equilibrio de fuerzas y no el de momentos. Esto es bastante aceptable, desde el punto de vista matemático, teniendo en cuenta que los refuerzos no entran en el proceso iterativo de análisis y que su aplicación se da en el medio de la base de la franja (momento cero en relación al centro), siendo el más indicado para el cálculo del equilibrio estático.

Janbu recomienda que el factor de seguridad obtenido del equilibrio de fuerzas, sea multiplicado por un factor de corrección  $f_0$  que está relacionado con la profundidad y el largo de la superficie de ruptura.

El factor de seguridad para la ruptura puede ser obtenido de la siguiente relación:

$$FS = f_0 \frac{\sum \left[ b.c + (W - u.b) \tan \phi \frac{1}{N(\alpha)} \right]}{\sum W.tan \alpha} \quad (25)$$

$$N(\alpha) = \cos^2 \alpha \left( 1 + \tan \alpha \frac{\tan \phi}{FS} \right) \quad (26)$$

Como el FS aparece en ambos miembros de la ecuación 25, el cálculo del factor de seguridad se hace de la siguiente manera:

- ✓ se recalcula el segundo miembro de la ecuación, asumiendo el valor de FS;
- ✓ si el valor obtenido para FS, en el primer término de la ecuación, difiere mucho del valor aproximado, se repite el cálculo hasta que el valor obtenido para FS sea aproximadamente igual al asumido.

#### 4.1.5. VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD GLOBAL

El análisis de la estabilidad global se refiere a la estabilidad del bloque reforzado como un todo, o sea, la superficie crítica envuelve todo el macizo reforzado y parte de su fundación a través de una superficie circular. También se puede utilizar, en este caso, la metodología de Janbu; sin embargo, buscando simplificar aún más el caso, **será utilizado el método de Bishop**, simplificado en el cual, como en el caso del método de Janbu, FS se presenta como variable de análisis iterativo, necesitando un valor inicial aproximado como punto de partida para el análisis, difiriendo apenas por la consideración de las superficies circulares.

El factor de seguridad para la ruptura, puede ser obtenido de las siguientes relaciones:

$$FS = \frac{\sum \left[ (bc + w - ub) \tan \varphi \frac{1}{M(\alpha)} \right]}{\sum W \text{sen} \alpha} \quad (27)$$

$$M(\alpha) = \cos \left( 1 + \tan \alpha \frac{\tan \varphi}{FS} \right) \quad (28)$$

#### 4.2. CÁLCULO CON EL PROGRAMA MACSTARS® 2000

Diseño de muro de contención, para estabilizar ancho de vía en el sector Km 324+580 al Km 324+650, ubicado en el sector matapuquio, donde existe canal y camino inca como restricción de la carretera Ayacucho Abancay.

Para nuestro caso, se diseñara para la altura más crítica que se tenga en la zona, siendo para nuestro caso la altura de H=8m

#### 4.3. EJECUCION DEL PROGRAMA MACSTAR 2000

Inicialmente se selecciona de la barra de herramientas ARCHIVO y luego la opción NUEVO, y luego ENTER en el cuadro de dialogo presentado en la pantalla, luego de esta paso, vamos ingresar a la interfaz principal del programa, en donde se colocará una serie de datos de entrada, para nuestro caso, se ingresara la siguiente información:

1. PASO N° 01: de la barra de herramientas, seleccionamos DATOS INICIALES, luego seleccionamos SOBRE EL PROYECTO, en esta ventana se colocarán los datos referentes al nombre de la obra y sección critica a analizar.



2. PASO N° 02: de la barra de herramientas, DATOS INICIALES, seleccionamos PROPIEDADES DEL SUELO, en esta ventana se colocaran los valores correspondientes a la descripción del paquete estructural del muro (suelo de fundación, relleno, paramento de gavión), cohesión, ángulo de fricción, peso específico y peso específico saturado de cada paquete estructural (suelo de fundación, relleno, paramento de gavión).
3. PASO N° 03: de la barra de herramientas, seleccionamos DATOS INICIALES, luego seleccionamos GEOEMTRIA DE CAMADAS, esto nos brindara el perfil del talud o sección de terreno a analizar, aquí se introducirán las coordenadas x-y, del perfil o seccionamiento, para nuestro proyecto se seleccionara el terreno o perfil como fundación.
4. PASO N° 04: De la Barra herramientas, seleccionamos DATOS INICIALES, luego BLOQUES, en esta ventana se introducirán la geometría del TERRAMESH, en nuestro caso longitud de la base 4.0m, altura del paramento 4.0m, Malla de Terramesh 10x12-1.0m, en este paso se establece el origen o coordenada del bloque.
5. PASO N° 05: De la barra Herramientas, seleccionamos DATOS INICIALES, seleccionamos CARGAS, ya se puntual, distribuida, otro característica es que también podemos introducir la acción sísmica, para nuestro caso carga distribuida de 20tn/m y acción sísmica de 1.85m/s<sup>2</sup>.
6. PASO N° 06: De la barra de Herramientas, seleccionamos ANALISIS, luego seleccionamos Estabilidad Global , en esta ventana el programa nos solicitara elegir el método de análisis Jambu o Bishop, para nuestro caso se escogerá el Método de BISHOP tal como se indicó en la sección 4.1.5, así mismo debemos introducir el intervalo para los puntos de inicio y terminación de las superficies (m)., luego damos siguiente la ventana se cerrara automáticamente, luego nos vamos a la barra herramientas,

ANALISIS, seleccionar calcular, una vez el programa haya efectuado los cálculos, podemos obtener un informe detallado seleccionando ANALISIS, Informe WORD.

7. PASO N° 07: De la barra de Herramientas, seleccionamos ANALISIS, luego seleccionamos Estabilidad Interna, escogemos la superficie de la falla que puede ser circular o poligonal randomica, en nuestro caso CIRCULAR, también en esta ventana el programa nos solicitara elegir el método de análisis Jambu o Bishop, para nuestro caso se escogerá el Método de JAMBU tal como se indicó en la sección 4.1.4, así mismo debemos introducir el intervalo para los puntos de terminación de las superficies (m)., luego damos siguiente la ventana se cerrara automáticamente, luego nos vamos a la barra herramientas, ANALISIS, seleccionar calcular, una vez el programa haya efectuado los cálculos, podemos obtener un informe detallado seleccionando ANALISIS, Informe WORD.

A continuación se presentan los resultados obtenidos con el programa MACSTAR 2000, para la sección más desfavorable del muro, cuya altura es de 4mts, debe señalar que en esta simulación se efectuada el análisis estático y análisis con el efecto sísmico. En los planos Anexos al Final del trabajo se presentan el perfil y sección del muro diseñado.

## **MAC.ST.A.R.S 2000 – Rel. 2.2**

Proyecto .....: CARRETERA AYACUCHO - ABANCAY

Sección Transversal : KM 324+630

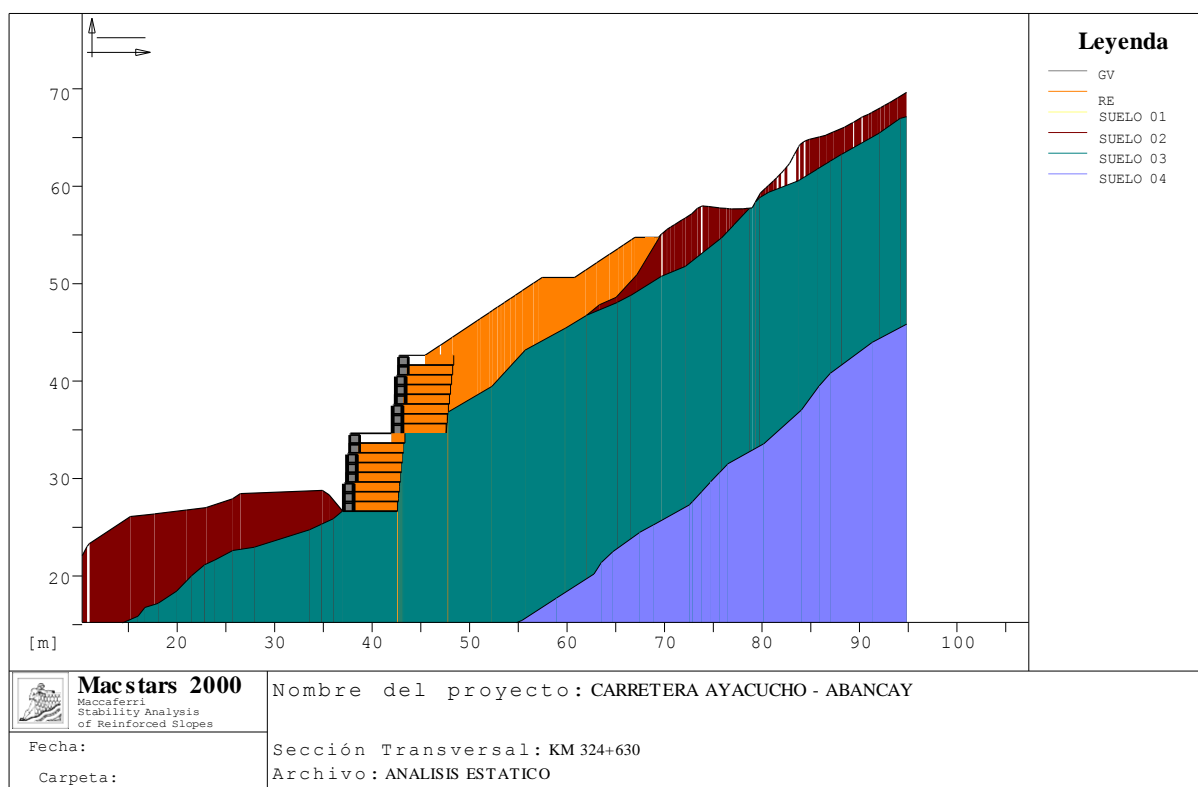
Local.....:

Carpeta.....:

Archivo.....:ANALISIS ESTATICO

# **ANÁLISIS ESTÁTICO**

## PROPIEDADES DEL SUELO



### Suelo: GV

Descripción: GAVION

Cohesión.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	.....	17.50
Ángulo de Fricción .....	[°]	.....	33.00
Valor de Ru .....		.....	0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	.....	18.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	.....	18.00

Módulo Elástico	[kN/m <sup>2</sup> ]	:	0.00
Módulo de Poisson.....		.....	0.30

### Suelo: RE Descripción: RELLENO ESTRUCTURAL

Cohesión .....	[kN/m <sup>2</sup> ]	.....	0.00
Ángulo de Fricción .....	[°]	.....	38.00
Valor de Ru .....		.....	0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	.....	18.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	.....	18.00

Módulo Elástico	[kN/m <sup>2</sup> ]	:	0.00
Módulo de Poisson.....		.....	0.30

### Suelo: SUELO.01 Descripción:.....

Cohesión .....	[kN/m <sup>2</sup> ]	.....	10.00
Ángulo de Fricción .....	[°]	.....	13.70
Valor de Ru .....		.....	0.00
eso unitario – arriba del nivel del agua	[kN/m <sup>3</sup> ]	:	17.00
eso unitario – abajo del nivel del agua	[kN/m <sup>3</sup> ]	:	17.00

Módulo Elástico ..... [kN/m<sup>2</sup>] : 0.00  
 Módulo de Poisson ..... : 0.30

**Suelo: SUELO 02** Descripción: DEPOSITO COLUVIAL

Cohesión ..... [kN/m<sup>2</sup>] : 20.00  
 Ángulo de Fricción ..... [°] : 35.00  
 Valor de Ru ..... : 0.00  
 Peso unitario – arriba del nivel del agua ..... [kN/m<sup>3</sup>] : 19.00  
 Peso unitario – abajo del nivel del agua ..... [kN/m<sup>3</sup>] : 19.00

Módulo Elástico ..... [kN/m<sup>2</sup>] : 0.00  
 Módulo de Poisson ..... : 0.30

**Suelo: SUELO 03** Descripción: ROCA ALTERADA Y FRACTURADA

Cohesión ..... [kN/m<sup>2</sup>] : 118.00  
 Ángulo de Fricción ..... [°] : 46.14  
 Valor de Ru ..... : 0.00  
 Peso unitario – arriba del nivel del agua ..... [kN/m<sup>3</sup>] : 26.00  
 Peso unitario – abajo del nivel del agua ..... [kN/m<sup>3</sup>] : 26.00

Módulo Elástico ..... [kN/m<sup>2</sup>] : 0.00  
 Módulo de Poisson ..... : 0.30

**Suelo: SUELO 04** Descripción: ROCA POCO ALTERADA

Cohesión ..... [kN/m<sup>2</sup>] : 250.00  
 Ángulo de Fricción ..... [°] : 51.99  
 Valor de Ru ..... : 0.00  
 Peso unitario – arriba del nivel del agua ..... [kN/m<sup>3</sup>] : 26.00  
 Peso unitario – abajo del nivel del agua ..... [kN/m<sup>3</sup>] : 26.00

Módulo Elástico ..... [kN/m<sup>2</sup>] : 0.00  
 Módulo de Poisson ..... : 0.30

## PERFIL DE LA CAMADA

**Camada: SUELO 01** Descripción: SUELO 01

Suelo : RE

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
45.45	42.64	46.97	43.65	47.07	43.73	48.23	44.50
50.78	46.20	51.08	46.40	52.06	47.05	52.38	47.27
52.87	47.59	53.23	47.83	53.60	48.08	54.17	48.46
54.70	48.81	55.41	49.28	56.55	50.04	57.03	50.36
57.45	50.64	60.80	50.64	61.93	51.40	63.07	52.15
64.33	53.00	65.23	53.60	65.81	53.98	66.64	54.54
66.97	54.76	68.04	54.76	68.63	54.76	68.83	54.76
69.06	54.76	69.38	54.76	69.66	55.06		

**Camada: SUELO 01-I** Descripción:

Suelo : SUELO 02

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
10.00	21.74	10.08	21.81	10.17	21.92	10.77	23.02
11.01	23.33	15.20	26.10	17.68	26.36	20.98	26.77
23.00	27.02	25.67	27.91	25.73	27.93	26.50	28.45
34.90	28.78	35.58	28.33	36.98	26.67		

**Camada: SUELO 02**

Descripción: SUELO 02

Suelo : SUELO 02

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
61.98	46.74	63.30	47.82	65.03	48.59	67.17	50.93
69.66	55.06	69.81	55.17	70.26	55.56	70.65	55.82
71.06	56.06	71.81	56.55	72.14	56.73	72.81	57.17
73.39	57.74	73.74	57.92	73.89	57.98	74.53	57.91
75.63	57.77	76.38	57.72	76.68	57.68	76.87	57.66
76.94	57.66	78.05	57.69	78.36	57.72	78.65	57.74
78.74	57.75						

**Camada: SUELO 02-II**

Descripción:

Suelo : SUELO 02

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
79.33	58.38	79.85	59.31	80.39	59.82	80.65	60.06
81.19	60.56	81.51	60.86	81.70	61.06	81.96	61.34
82.18	61.56	82.31	61.70	82.61	62.06	82.84	62.35
82.98	62.62	83.22	63.06	83.33	63.25	83.50	63.56
83.77	64.06	83.83	64.18	83.90	64.27	84.27	64.56
84.46	64.65	84.88	64.81	85.90	65.06	86.58	65.24
87.30	65.56	88.47	66.06	89.25	66.49	89.33	66.51
89.39	66.56	89.45	66.60	90.21	67.06	90.34	67.13
90.95	67.39	91.26	67.56	91.81	67.86	92.17	68.06
92.55	68.28	93.06	68.56	93.34	68.71	93.91	69.06
94.84	69.63						

**Camada: SUELO 03**

Descripción: SUELO 03

Suelo : SUELO 03

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
10.00	12.99	10.11	13.02	11.25	14.03	12.94	14.55
15.97	15.86	16.69	16.77	18.06	17.20	19.98	18.47
21.50	20.04	22.81	21.14	23.79	21.59	25.67	22.60
27.95	22.96	33.61	24.74	34.81	25.30	36.01	25.86
36.98	26.67	37.00	26.64	42.60	26.64	43.30	34.64
47.60	34.64	47.79	36.82	52.29	39.46	55.69	43.16
59.79	45.40	61.98	46.74	65.17	48.08	66.55	48.80
69.69	50.76	72.14	51.77	75.84	54.69	77.13	56.05
78.74	57.75	79.00	57.78	79.33	58.38	79.76	58.82
80.61	59.34	83.79	60.59	85.65	61.73	86.99	62.55
88.15	63.26	92.07	65.47	94.19	66.96	94.84	67.14

**Camada: SUELO 04**

Descripción: SUELO 04

Suelo : SUELO 04

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
43.48	10.00	44.55	10.53	55.38	15.43	58.91	17.73
62.76	20.20	63.52	21.38	64.70	22.49	67.44	24.46
68.84	25.22	72.55	27.29	74.75	29.67	76.49	31.49
80.17	33.55	84.05	37.03	85.86	39.50	87.00	40.79
91.30	43.96	94.84	45.84				

**Bloque: B-01**

Block dimensions ..... [m] ..... : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Origen del Bloque ..... [m] ..... : Abscisa = 37.00      Ordenada = 26.64  
 Inclinación de la Cara ..... [°] ..... : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] ..... = 5.60  
 Gavión ..... [m]: Altura ..... = 1.00      Ancho ..... = 1.00

**Bloque: B-02**

Block dimensions ..... [m] ..... : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Back Shift ..... [m] ..... = 0.10 por B-01  
 Inclinación de la Cara ..... [°] ..... : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] ..... = 5.60  
 Gavión ..... [m]: Altura ..... = 1.00      Ancho ..... = 1.00

**Bloque: B-03**

Block dimensions ..... [m] ..... : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Back Shift ..... [m] ..... = 0.10 por B-02  
 Inclinación de la Cara ..... [°] ..... : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] ..... = 5.60  
 Gavión ..... [m]: Altura ..... = 1.00      Ancho ..... = 1.00

**Bloque: B-04**

Block dimensions ..... [m] ..... : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Back Shift ..... [m] ..... = 0.10 por B-03  
 Inclinación de la Cara ..... [°] ..... : 0.00

material de relleno para el Gavión ..... : GV



Tipo de relleno estructural..... : Arena  
 Relleno estructural..... : RE  
 Suelo de relleno..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura..... : RE  
 Suelo de Fundación..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo..... [m] = 5.60  
 Gavión..... [m]: Altura..... = 1.00 Ancho..... = 1.00

**Bloque: B-05**

Block dimensions..... [m] : Ancho de la Base... = 5.60 Altura..... = 1.00  
 Back Shift..... [m] = 0.10 por B-04  
 Inclinación de la Cara..... [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión..... : GV  
 Tipo de relleno estructural..... : Arena  
 Relleno estructural..... : RE  
 Suelo de relleno..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura..... : RE  
 Suelo de Fundación..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo..... [m] = 5.60  
 Gavión..... [m]: Altura..... = 1.00 Ancho..... = 1.00

**Bloque: B-06**

Block dimensions..... [m] : Ancho de la Base... = 5.60 Altura..... = 1.00  
 Back Shift..... [m] = 0.10 por B-05  
 Inclinación de la Cara..... [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión..... : GV  
 Tipo de relleno estructural..... : Arena  
 Relleno estructural..... : RE  
 Suelo de relleno..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura..... : RE  
 Suelo de Fundación..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo..... [m] = 5.60  
 Gavión..... [m]: Altura..... = 1.00 Ancho..... = 1.00

**Bloque: B-07**

Block dimensions..... [m] : Ancho de la Base... = 5.60 Altura..... = 1.00  
 Back Shift..... [m] = 0.10 por B-06  
 Inclinación de la Cara..... [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión..... : GV  
 Tipo de relleno estructural..... : Arena  
 Relleno estructural..... : RE  
 Suelo de relleno..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura..... : RE  
 Suelo de Fundación..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] = 5.60  
 Gavión ..... [m]: Altura ..... = 1.00      Ancho ..... = 1.00

**Bloque: B-08**

Block dimensions ..... [m] : Ancho de la Base .. = 5.60      Altura ..... = 1.00

Back Shift ..... [m] = 0.10 por B-07

Inclinación de la Cara ..... [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] = 5.60  
 Gavión ..... [m]: Altura ..... = 1.00      Ancho ..... = 1.00

**Bloque: B-09**

Block dimensions ..... [m] : Ancho de la Base .. = 5.60      Altura ..... = 1.00

Origen del Bloque ..... [m] : Abscisa ..... = 42.00      Ordenada .. = 34.64

Inclinación de la Cara ..... [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] = 5.60  
 Gavión ..... [m]: Altura ..... = 1.00      Ancho ..... = 1.00

**Bloque: B-10**

Block dimensions ..... [m] : Ancho de la Base .. = 5.60      Altura ..... = 1.00

Back Shift ..... [m] = 0.10 por B-09

Inclinación de la Cara ..... [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] = 5.60  
 Gavión ..... [m]: Altura ..... = 1.00      Ancho ..... = 1.00

**Bloque: B-11**

Block dimensions [m] : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Back Shift [m] = 0.10 por B-10  
 Inclinación de la Cara [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión : GV  
 Tipo de relleno estructural : Arena  
 Relleno estructural : RE  
 Suelo de relleno : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura : RE  
 Suelo de Fundación : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo [m] = 5.60  
 Gavión [m]: Altura = 1.00      Ancho = 1.00

**Bloque: B-12**

Block dimensions [m] : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Back Shift [m] = 0.10 por B-11  
 Inclinación de la Cara [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión : GV  
 Tipo de relleno estructural : Arena  
 Relleno estructural : RE  
 Suelo de relleno : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura : RE  
 Suelo de Fundación : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo [m] = 5.60  
 Gavión [m]: Altura = 1.00      Ancho = 1.00

**Bloque: B-13**

Block dimensions [m] : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Back Shift [m] = 0.10 por B-12  
 Inclinación de la Cara [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión : GV  
 Tipo de relleno estructural : Arena  
 Relleno estructural : RE  
 Suelo de relleno : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura : RE  
 Suelo de Fundación : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo [m] = 5.60  
 Gavión [m]: Altura = 1.00      Ancho = 1.00

**Bloque: B-14**

Block dimensions [m] : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Back Shift [m] = 0.10 por B-13  
 Inclinación de la Cara [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión..... : GV  
 Tipo de relleno estructural..... : Arena  
 Relleno estructural..... : RE  
 Suelo de relleno..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura..... : RE  
 Suelo de Fundación..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo..... [m] = 5.60  
 Gavión..... [m]: Altura..... = 1.00 Ancho..... = 1.00

**Bloque: B-15**

Block dimensions..... [m] : Ancho de la Base = 5.60 Altura..... = 1.00  
 Back Shift..... [m] = 0.10 por B-14  
 Inclinación de la Cara..... [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión..... : GV  
 Tipo de relleno estructural..... : Arena  
 Relleno estructural..... : RE  
 Suelo de relleno..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura..... : RE  
 Suelo de Fundación..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo..... [m] = 5.60  
 Gavión..... [m]: Altura..... = 1.00 Ancho..... = 1.00

**Bloque: B-16**

Block dimensions..... [m] : Ancho de la Base = 5.60 Altura..... = 1.00  
 Back Shift..... [m] = 0.10 por B-15  
 Inclinación de la Cara..... [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión..... : GV  
 Tipo de relleno estructural..... : Arena  
 Relleno estructural..... : RE  
 Suelo de relleno..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura..... : RE  
 Suelo de Fundación..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

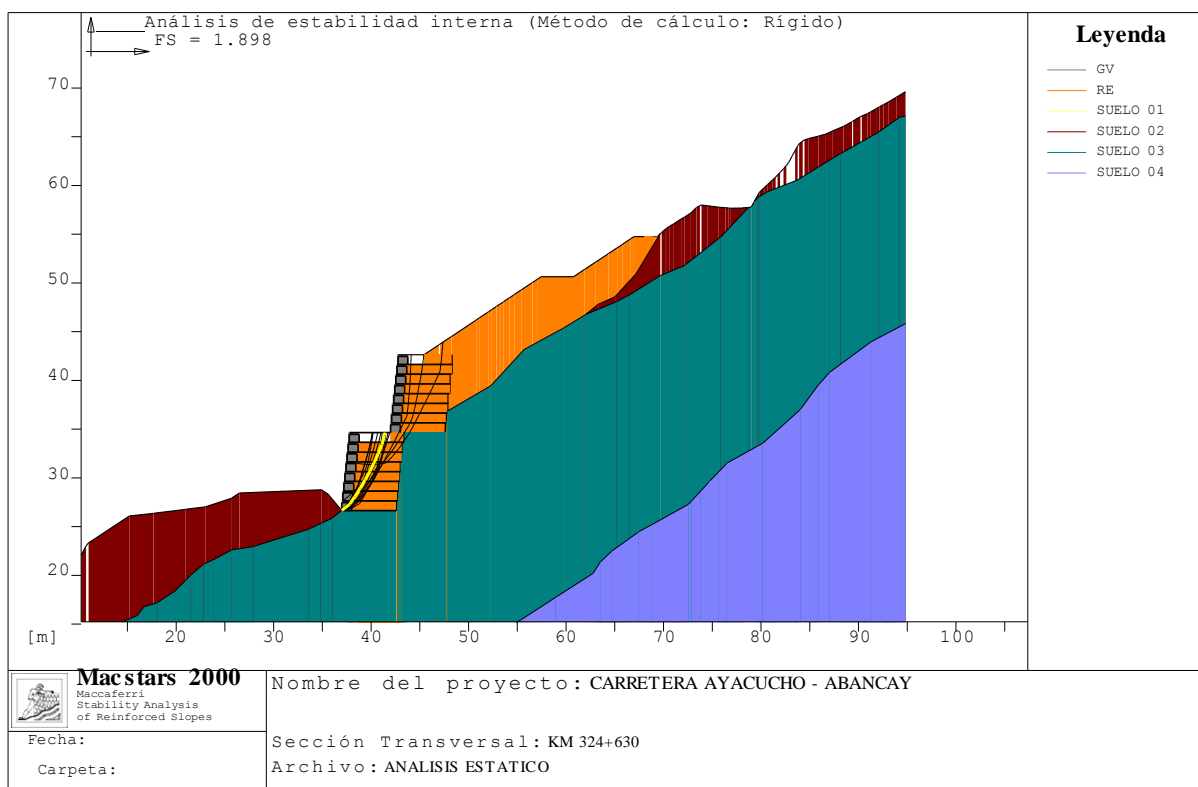
Largo..... [m] = 5.60  
 Gavión..... [m]: Altura..... = 1.00 Ancho..... = 1.00

## PROPIEDADES DE LOS REFUERZOS UTILIZADOS

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

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 ruptura (grava) .....		1.44
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) .....		1.00
Factor de seg. contra la ruptura (arena) .....		1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) .....		1.00
Factor de seg. contra la ruptura (arena limosa) .....		1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) .....		1.00
Factor de seg. contra la ruptura (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



### Estabilidad Interna:

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido

Análisis de estabilidad con superficies poligonales

de acuerdo con el Método de Janbu

Factor de Seguridad Calculado.....: 1.898

Limites de búsqueda para las superficies de ruptura

Bloque	Limite inicial, abscisas [m]	
B-01	Primer punto	Segundo punto
	40.00	50.00
Número de puntos de inicio en el Primer segmento .....	1	
Número total de superficies verificadas .....	100	
Largo mínimo de la base de las láminas .....	1.00 [m]	
Ángulo limite superior para la búsqueda .....	0.00 [°]	
Ángulo limite inferior para la búsqueda .....	0.00 [°]	

Bloque : B-08

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque : B-09

Maccaferri - Terramesh Sistema - P - 10x12 - 2,7 -

1.00 Relación: Carga de Tracción/Resistencia a

Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

## Bloque : B-10

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

## Bloque : B-11

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

## Bloque : B-12

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

## Bloque : B-13

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

## Bloque : B-14

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

## Bloque : B-15

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

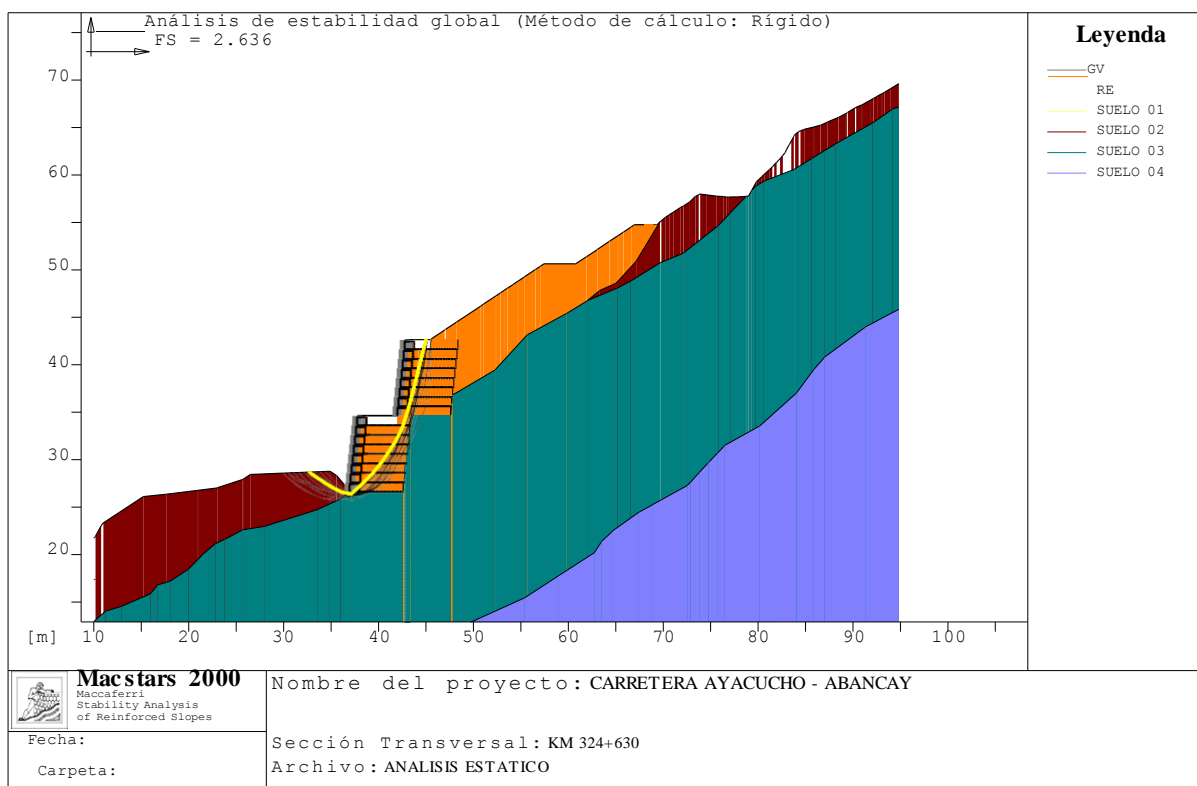
Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

## Bloque : B-16

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768



### Verificación de la estabilidad Global:

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido

Análisis de estabilidad con superficies poligonales de acuerdo  
con el Método de Janbu

Factor de Seguridad Calculado .....: 2.636

Limites de búsqueda para las superficies de ruptura

Limite inicial, abscisas [m]		Limite final, abscisas [m]	
Primer punto	Segundo punto	Primer punto	Segundo punto
30.00	35.00	45.00	50.00
Número de puntos de inicio en el Primer segmento .....			10
Número total de superficies verificadas .....			100
Largo mínimo de la base de las lámelas .....	[m]		1.00
Ángulo limite superior para la búsqueda .....	[°]		0.00
Ángulo limite inferior para la búsqueda .....	[°]		0.00

Bloque : B-01

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768



Bloque : B-02

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Y  
[m]

Bloque :  
B-04

Maccaferri - Terramesh System  
Y Fmáx  
[m] 0.7

Bloque : B-05

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m] Fmáx  
0.00 0.768

Bloque : B-06

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m] Fmáx  
0.00 0.768

Bloque : B-07

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m] Fmáx  
0.00 0.768

Bloque : B-08

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m] Fmáx  
0.00 0.768

Bloque : B-09

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m] Fmáx  
0.00 0.768

Bloque : B-10

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m] Fmáx  
0.00 0.768

Bloque : B-11

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m] Fmáx  
0.00 0.768

Bloque :

B-12

Maccaferri - Terramesh System	Fmáx
Y	
[m]	0.7

Bloque :

B-13

Maccaferri - Terramesh System	Fmáx
Y	
[m]	0.7

Bloque : B-14

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque : B-15

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque : B-16

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

# **ANÁLISIS PSEUDOESTÁTICO**

## **MAC.ST.A.R.S 2000 – Rel. 2.2**

Proyecto .....: CARRETERA AYACUCHO - ABANCAY

Sección Transversal : KM 324+630

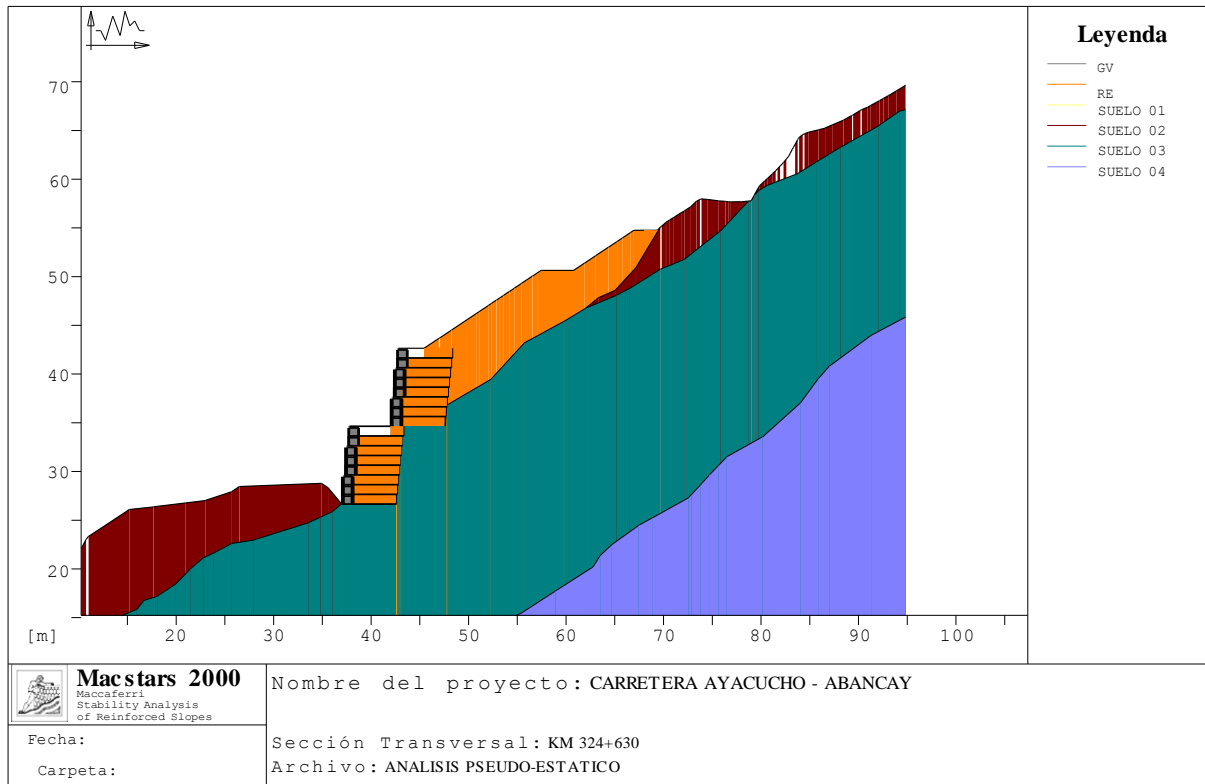
Local.....:

Carpeta.....:

Archivo.....:ANALISIS PSEUDO-ESTATICO

|

## PROPIEDADES DEL SUELO



### Suelo: GV

Descripción: GAVION

Cohesión.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	17.50
Ángulo de Fricción .....	[°]	33.00
Valor de Ru .....		0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua .....	[kN/m <sup>3</sup> ]	18.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua .....	[kN/m <sup>3</sup> ]	18.00
Módulo Elástico .....	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.00
Módulo de Poisson .....		0.30

### Suelo: RE

Descripción: RELLENO ESTRUCTURAL

Cohesión.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.00
Ángulo de Fricción .....	[°]	38.00
Valor de Ru .....		0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua .....	[kN/m <sup>3</sup> ]	18.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua .....	[kN/m <sup>3</sup> ]	18.00
Módulo Elástico .....	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.00
Módulo de Poisson .....		0.30

### Suelo: SUELO 01

Descripción:

Cohesión.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	10.00
Ángulo de Fricción .....	[°]	13.70
Valor de Ru .....		0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua .....	[kN/m <sup>3</sup> ]	17.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua .....	[kN/m <sup>3</sup> ]	17.00

Módulo Elástico ..... [kN/m<sup>2</sup>] : 0.00  
 Módulo de Poisson ..... : 0.30

**Suelo: SUELO 02** Descripción: DEPOSITO COLUVIAL

Cohesión ..... [kN/m<sup>2</sup>] : 20.00  
 Ángulo de Fricción ..... [°] : 35.00  
 Valor de Ru ..... : 0.00  
 Peso unitario – arriba del nivel del agua ..... [kN/m<sup>3</sup>] : 19.00  
 Peso unitario – abajo del nivel del agua ..... [kN/m<sup>3</sup>] : 19.00

Módulo Elástico ..... [kN/m<sup>2</sup>] : 0.00  
 Módulo de Poisson ..... : 0.30

**Suelo: SUELO 03** Descripción: ROCA ALTERADA Y FRACTURADA

Cohesión ..... [kN/m<sup>2</sup>] : 118.00  
 Ángulo de Fricción ..... [°] : 46.14  
 Valor de Ru ..... : 0.00  
 Peso unitario – arriba del nivel del agua ..... [kN/m<sup>3</sup>] : 26.00  
 Peso unitario – abajo del nivel del agua ..... [kN/m<sup>3</sup>] : 26.00

Módulo Elástico ..... [kN/m<sup>2</sup>] : 0.00  
 Módulo de Poisson ..... : 0.30

**Suelo: SUELO 04** Descripción: ROCA POCO ALTERADA

Cohesión ..... [kN/m<sup>2</sup>] : 250.00  
 Ángulo de Fricción ..... [°] : 51.99  
 Valor de Ru ..... : 0.00  
 Peso unitario – arriba del nivel del agua ..... [kN/m<sup>3</sup>] : 26.00  
 Peso unitario – abajo del nivel del agua ..... [kN/m<sup>3</sup>] : 26.00

Módulo Elástico ..... [kN/m<sup>2</sup>] : 0.00  
 Módulo de Poisson ..... : 0.30

## PERFIL DE LA CAMADA

**Camada: SUELO 01** Descripción: SUELO 01

Suelo : RE

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
45.45	42.64	46.97	43.65	47.07	43.73	48.23	44.50
50.78	46.20	51.08	46.40	52.06	47.05	52.38	47.27
52.87	47.59	53.23	47.83	53.60	48.08	54.17	48.46
54.70	48.81	55.41	49.28	56.55	50.04	57.03	50.36
57.45	50.64	60.80	50.64	61.93	51.40	63.07	52.15
64.33	53.00	65.23	53.60	65.81	53.98	66.64	54.54
66.97	54.76	68.04	54.76	68.63	54.76	68.83	54.76
69.06	54.76	69.38	54.76	69.66	55.06		

**Camada: SUELO 01-I** Descripción:

Suelo : SUELO 02

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
10.00	21.74	10.08	21.81	10.17	21.92	10.77	23.02
11.01	23.33	15.20	26.10	17.68	26.36	20.98	26.77
23.00	27.02	25.67	27.91	25.73	27.93	26.50	28.45
34.90	28.78	35.58	28.33	36.98	26.67		

**Camada: SUELO 02**

Descripción: SUELO 02

Suelo : SUELO 02

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
61.98	46.74	63.30	47.82	65.03	48.59	67.17	50.93
69.66	55.06	69.81	55.17	70.26	55.56	70.65	55.82
71.06	56.06	71.81	56.55	72.14	56.73	72.81	57.17
73.39	57.74	73.74	57.92	73.89	57.98	74.53	57.91
75.63	57.77	76.38	57.72	76.68	57.68	76.87	57.66
76.94	57.66	78.05	57.69	78.36	57.72	78.65	57.74
78.74	57.75						

**Camada: SUELO 02-II**

Descripción:

Suelo : SUELO 02

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
79.33	58.38	79.85	59.31	80.39	59.82	80.65	60.06
81.19	60.56	81.51	60.86	81.70	61.06	81.96	61.34
82.18	61.56	82.31	61.70	82.61	62.06	82.84	62.35
82.98	62.62	83.22	63.06	83.33	63.25	83.50	63.56
83.77	64.06	83.83	64.18	83.90	64.27	84.27	64.56
84.46	64.65	84.88	64.81	85.90	65.06	86.58	65.24
87.30	65.56	88.47	66.06	89.25	66.49	89.33	66.51
89.39	66.56	89.45	66.60	90.21	67.06	90.34	67.13
90.95	67.39	91.26	67.56	91.81	67.86	92.17	68.06
92.55	68.28	93.06	68.56	93.34	68.71	93.91	69.06
94.84	69.63						

**Camada: SUELO 03**

Descripción: SUELO 03

Suelo : SUELO 03

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
10.00	12.99	10.11	13.02	11.25	14.03	12.94	14.55
15.97	15.86	16.69	16.77	18.06	17.20	19.98	18.47
21.50	20.04	22.81	21.14	23.79	21.59	25.67	22.60
27.95	22.96	33.61	24.74	34.81	25.30	36.01	25.86
36.98	26.67	37.00	26.64	42.60	26.64	43.30	34.64
47.60	34.64	47.79	36.82	52.29	39.46	55.69	43.16
59.79	45.40	61.98	46.74	65.17	48.08	66.55	48.80
69.69	50.76	72.14	51.77	75.84	54.69	77.13	56.05
78.74	57.75	79.00	57.78	79.33	58.38	79.76	58.82
80.61	59.34	83.79	60.59	85.65	61.73	86.99	62.55
88.15	63.26	92.07	65.47	94.19	66.96	94.84	67.14

**Camada: SUELO 04**

Descripción: SUELO 04

Suelo : SUELO 04

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
43.48	10.00	44.55	10.53	55.38	15.43	58.91	17.73
62.76	20.20	63.52	21.38	64.70	22.49	67.44	24.46
68.84	25.22	72.55	27.29	74.75	29.67	76.49	31.49
80.17	33.55	84.05	37.03	85.86	39.50	87.00	40.79
91.30	43.96	94.84	45.84				



**Bloque: B-01**

Block dimensions [m] : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Origen del Bloque [m] : Abscisa = 37.00      Ordenada = 26.64  
 Inclinación de la Cara [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión : GV  
 Tipo de relleno estructural : Arena  
 Relleno estructural : RE  
 Suelo de relleno : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura : RE  
 Suelo de Fundación : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo [m] = 5.60  
 Gavión [m]: Altura = 1.00      Ancho = 1.00

**Bloque: B-02**

Block dimensions [m] : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Back Shift [m] = 0.10 por B-01  
 Inclinación de la Cara [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión : GV  
 Tipo de relleno estructural : Arena  
 Relleno estructural : RE  
 Suelo de relleno : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura : RE  
 Suelo de Fundación : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo [m] = 5.60  
 Gavión [m]: Altura = 1.00      Ancho = 1.00

**Bloque: B-03**

Block dimensions [m] : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Back Shift [m] = 0.10 por B-02  
 Inclinación de la Cara [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión : GV  
 Tipo de relleno estructural : Arena  
 Relleno estructural : RE  
 Suelo de relleno : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura : RE  
 Suelo de Fundación : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo [m] = 5.60  
 Gavión [m]: Altura = 1.00      Ancho = 1.00

**Bloque: B-04**

Block dimensions [m] : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Back Shift [m] = 0.10 por B-03  
 Inclinación de la Cara [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] ..... = 5.60  
 Gavión ..... [m]: Altura ..... = 1.00 Ancho ..... = 1.00

**Bloque: B-05**

Block dimensions ..... [m] ..... : Ancho de la Base ..... = 5.60 Altura ..... = 1.00  
 Back Shift ..... [m] ..... = 0.10 por B-04  
 Inclinación de la Cara ..... [°] ..... : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] ..... = 5.60  
 Gavión ..... [m]: Altura ..... = 1.00 Ancho ..... = 1.00

**Bloque: B-06**

Block dimensions ..... [m] ..... : Ancho de la Base ..... = 5.60 Altura ..... = 1.00  
 Back Shift ..... [m] ..... = 0.10 por B-05  
 Inclinación de la Cara ..... [°] ..... : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] ..... = 5.60  
 Gavión ..... [m]: Altura ..... = 1.00 Ancho ..... = 1.00

**Bloque: B-07**

Block dimensions ..... [m] ..... : Ancho de la Base ..... = 5.60 Altura ..... = 1.00  
 Back Shift ..... [m] ..... = 0.10 por B-06  
 Inclinación de la Cara ..... [°] ..... : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] ..... = 5.60

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

**Bloque: B-08**

Block dimensions ..... [m] ..... : Ancho de la Base .. = 5.60 Altura ..... = 1.00

Back Shift ..... [m] ..... = 0.10 por B-07

Inclinación de la Cara ..... [°] ..... : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] ..... = 5.60

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

**Bloque: B-09**

Block dimensions ..... [m] ..... : Ancho de la Base .. = 5.60 Altura ..... = 1.00

Origen del Bloque ..... [m] ..... : Abscisa ..... = 42.00 Ordenada .. = 34.64

Inclinación de la Cara ..... [°] ..... : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] ..... = 5.60

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

**Bloque: B-10**

Block dimensions ..... [m] ..... : Ancho de la Base .. = 5.60 Altura ..... = 1.00

Back Shift ..... [m] ..... = 0.10 por B-09

Inclinación de la Cara ..... [°] ..... : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] ..... = 5.60

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

**Bloque: B-11**

Block dimensions [m] : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Back Shift [m] = 0.10 por B-10  
 Inclinación de la Cara [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión : GV  
 Tipo de relleno estructural : Arena  
 Relleno estructural : RE  
 Suelo de relleno : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura : RE  
 Suelo de Fundación : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo [m] = 5.60  
 Gavión [m]: Altura = 1.00      Ancho = 1.00

**Bloque: B-12**

Block dimensions [m] : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Back Shift [m] = 0.10 por B-11  
 Inclinación de la Cara [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión : GV  
 Tipo de relleno estructural : Arena  
 Relleno estructural : RE  
 Suelo de relleno : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura : RE  
 Suelo de Fundación : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo [m] = 5.60  
 Gavión [m]: Altura = 1.00      Ancho = 1.00

**Bloque: B-13**

Block dimensions [m] : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Back Shift [m] = 0.10 por B-12  
 Inclinación de la Cara [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión : GV  
 Tipo de relleno estructural : Arena  
 Relleno estructural : RE  
 Suelo de relleno : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura : RE  
 Suelo de Fundación : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo [m] = 5.60  
 Gavión [m]: Altura = 1.00      Ancho = 1.00

**Bloque: B-14**

Block dimensions [m] : Ancho de la Base = 5.60      Altura = 1.00  
 Back Shift [m] = 0.10 por B-13  
 Inclinación de la Cara [°] : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] ..... = 5.60

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

**Bloque: B-15**

Block dimensions ..... [m] ..... : Ancho de la Base ..... = 5.60 Altura ..... = 1.00

Back Shift ..... [m] ..... = 0.10 por B-14

Inclinación de la Cara ..... [°] ..... : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] ..... = 5.60

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

**Bloque: B-16**

Block dimensions ..... [m] ..... : Ancho de la Base ..... = 5.60 Altura ..... = 1.00

Back Shift ..... [m] ..... = 0.10 por B-15

Inclinación de la Cara ..... [°] ..... : 0.00

Material de relleno para el Gavión ..... : GV  
 Tipo de relleno estructural ..... : Arena  
 Relleno estructural ..... : RE  
 Suelo de relleno ..... : RE  
 Suelo del talud arriba de la estructura ..... : RE  
 Suelo de Fundación ..... : SUELO 01

**Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo ..... [m] ..... = 5.60

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

**SOBRECARGAS****Efectos Sísmicos :**

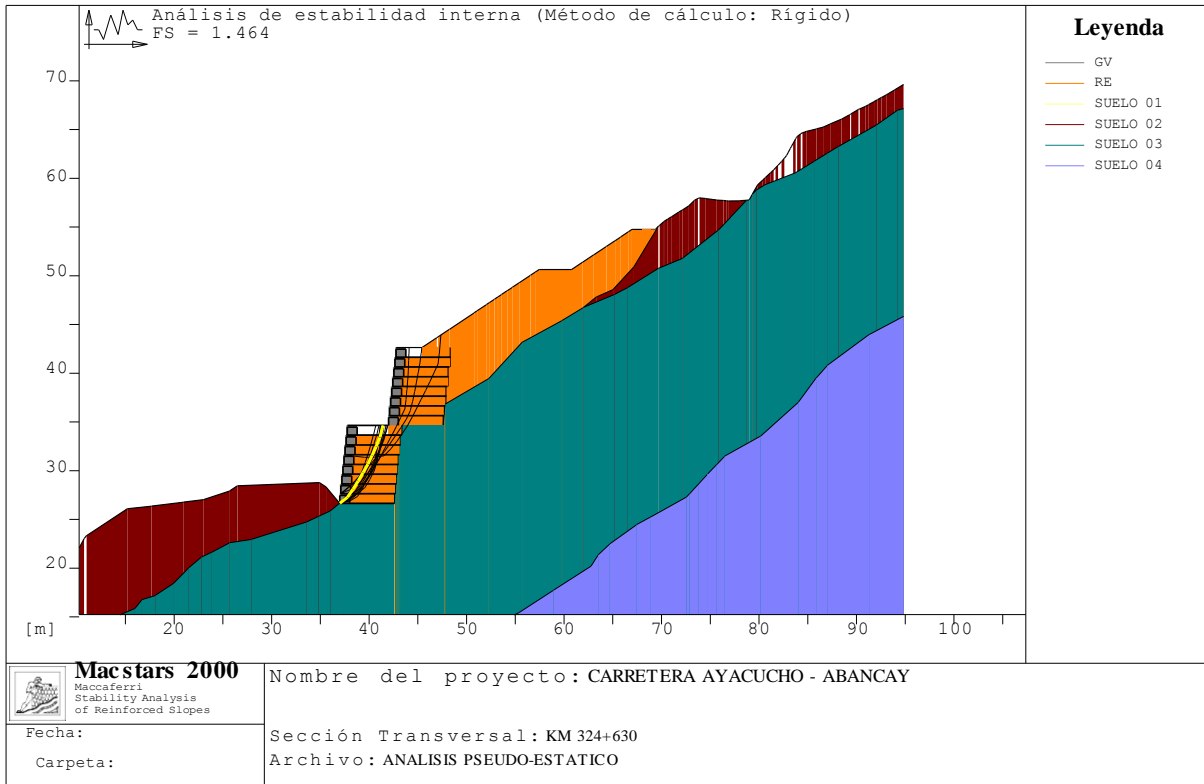
Aceleración ..... [m/s<sup>2</sup>] ..... : Horizontal ..... = 1.47 Vertical ..... = 0.00

## PROPIEDADES DE LOS REFUERZOS UTILIZADOS

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

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 ruptura (grava) .....		1.44
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) .....		1.00
Factor de seg. contra la ruptura (arena) .....		1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) .....		1.00
Factor de seg. contra la ruptura (arena limosa) .....		1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out) .....		1.00
Factor de seg. contra la ruptura (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



**Estabilidad Interna:**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido

Análisis de estabilidad con superficies poligonales

de acuerdo con el Método de Janbu

Factor de Seguridad Calculado.....: 1.464

Limites de búsqueda para las superficies de ruptura

Bloque	Limite inicial, abscisas [m]	Segundo punto
B-01	Primer punto 40.00	50.00
Número de puntos de inicio en el Primer segmento .....		1
Número total de superficies verificadas .....		100
Largo mínimo de la base de las lámelas .....	[m]	1.00
Ángulo limite superior para la búsqueda .....	[°]	0.00
Ángulo limite inferior para la búsqueda .....	[°]	0.00

Bloque : B-08

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque : B-09

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

## Bloque : B-10

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

## Bloque : B-11

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

## Bloque : B-12

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

## Bloque : B-13

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

## Bloque : B-14

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

## Bloque : B-15

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

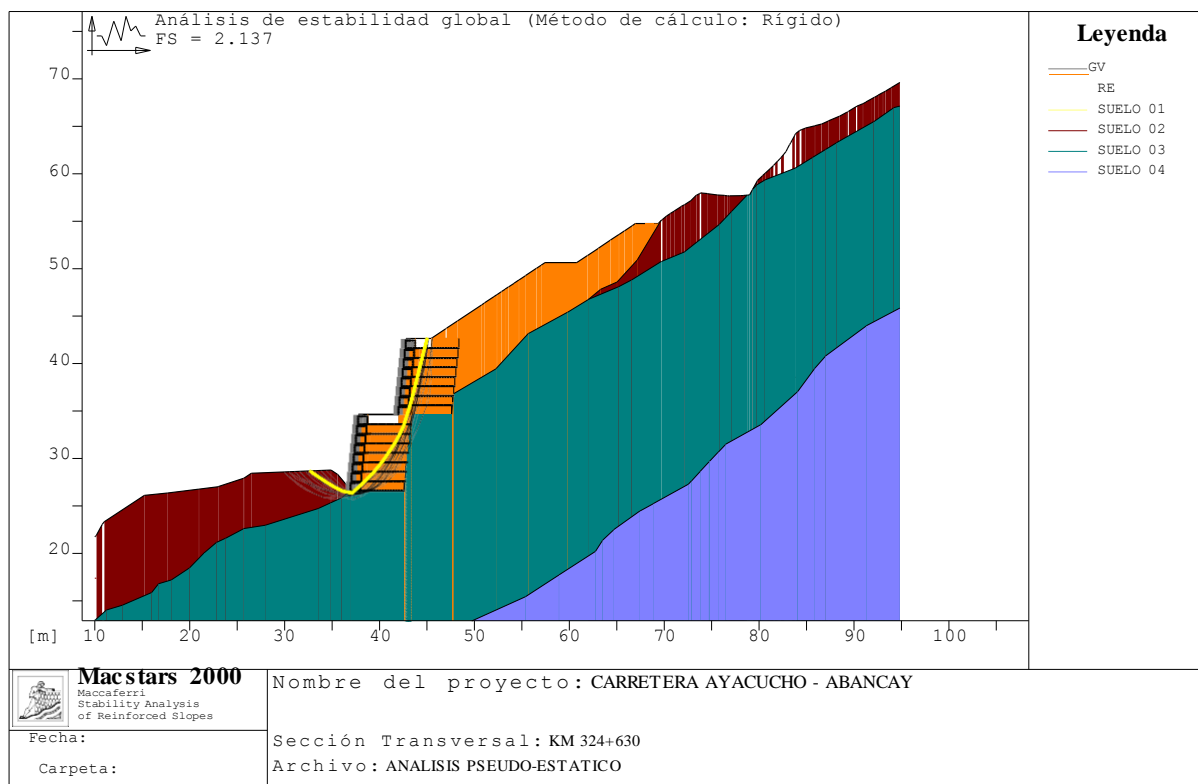
## Bloque : B-16

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768





### Verificación de la estabilidad Global:

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido

Análisis de estabilidad con superficies poligonales de acuerdo  
con el Método de Janbu

Factor de Seguridad Calculado ..... : 2.137

Limites de búsqueda para las superficies de ruptura

Limite inicial, abscisas [m]		Limite final, abscisas [m]	
Primer punto	Segundo punto	Primer punto	Segundo punto
30.00	35.00	45.00	50.00
Número de puntos de inicio en el Primer segmento .....			10
Número total de superficies verificadas .....			100
Largo mínimo de la base de las láminas .....	[m]		1.00
Ángulo limite superior para la búsqueda .....	[°]		0.00
Ángulo limite inferior para la búsqueda .....	[°]		0.00

Bloque : B-01

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00  
Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque : B-02

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00  
Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque :

B-03

Maccaferri - Terramesh System	Fmáx
Y	
[m]	0.7

Bloque :

B-04

Maccaferri - Terramesh System	Fmáx
Y	
[m]	0.7

Bloque : B-05

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque : B-06

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque : B-07

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque : B-08

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque : B-09

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque : B-10

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque : B-11

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque :

B-12

Maccaferri - Terramesh System	Fmáx
Y	
[m]	0.7

Bloque :

B-13

Maccaferri - Terramesh System	Fmáx
Y	
[m]	0.7

Bloque : B-14

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque : B-15

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

Bloque : B-16

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Relación: Carga de Tracción/Resistencia a Tracción

Y [m]	Fmáx
0.00	0.768

# PARÁMETROS DE SUELOS

# ROCA ALTERADA



## Hoek-Brown Classification--

sigci 120 :±:J MPa  
 GSI p0 :±:J  
 mi 110 :±:J  
 1° :±:J

## HoekBrown Criterion =

mb loa21  
 s 0.0004  
 a 10522

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left( m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

## Failure Envelope Range

Application: Slopes  
 sig3ma 103280 :±:J MPa  
 Unit Weight j0 126 MN/m3  
 Slope Height m

## MohrCawl

c j0.118 MPa  
 phi 14 deg

## Rock Mass Parameters

sigc j0.344 MPa  
 sigcm j2.193 MPa  
 Em j1414.21 MPa

CopyData

## Analysis of Roc:k/Soil Strength using RocOata

### Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 201.1Pa  
 GSI= 30 mi= 10 Disturbance factor = 0

### Hoek-Brown Criterion

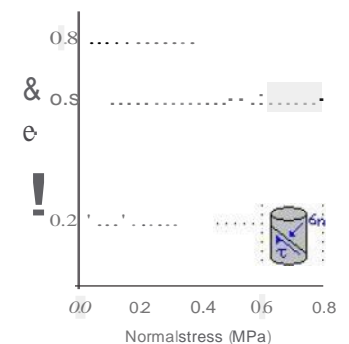
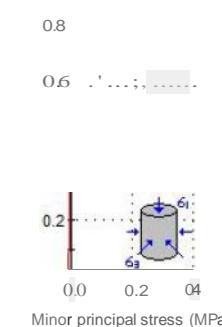
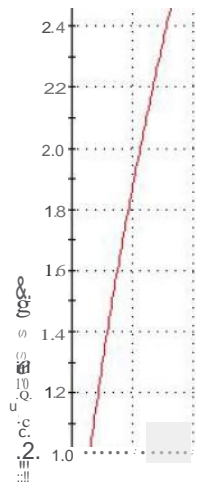
mb = 0821 s = 0.0004 a = 0522

### Mohr-Coulomb fit

cohesion = 0,1181.1Pa friction angle = 4614deg

### Roc:k Mass Parameters

tensile strength t1 = -0.010 MPa  
 uniaxial compressive strength ll = 0.344 1.1Pa  
 global strength = 2.193 MPa  
 modulus of deformation = 1414.21 MPa



# ROCA POCO ALTERADA

File Edit View Analysis Window Help

D 1:9. B | m | 11.1 Ea. ©. e. @. '1\ e3 tw | :grm& li: 11!!

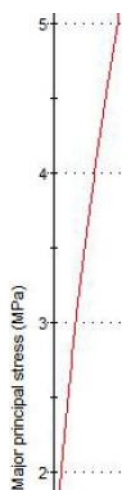
f Hoek-Brown Classification

sigci 150 MPa  
 GSI j35  
 mi j10  
 o jo 3

f Hoek-Brown Criteion

1 mb jo.9B1  
 s jo.0007  
 a jo.51G

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left[ \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} \right]^m + s$$



Analysis of Rock!SoilStrength using RocOata

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial compressive strength = 50 MPa  
 GSI = 35 rri = 10 Disturbance factor = 0

**Hoek-Brown Criterion**  
 mb = 0.981 s = 0.0007 a = 0.516

**Mohr-Coulomb fit**  
 cohesion = 0.25() MPa friction angle = 51.99 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.037 MPa  
 uniaxial compressive strength = 1204 MPa  
 global strength = 6215 MPa  
 modulus of deformation = 2981.84 MPa

MPa

MPa

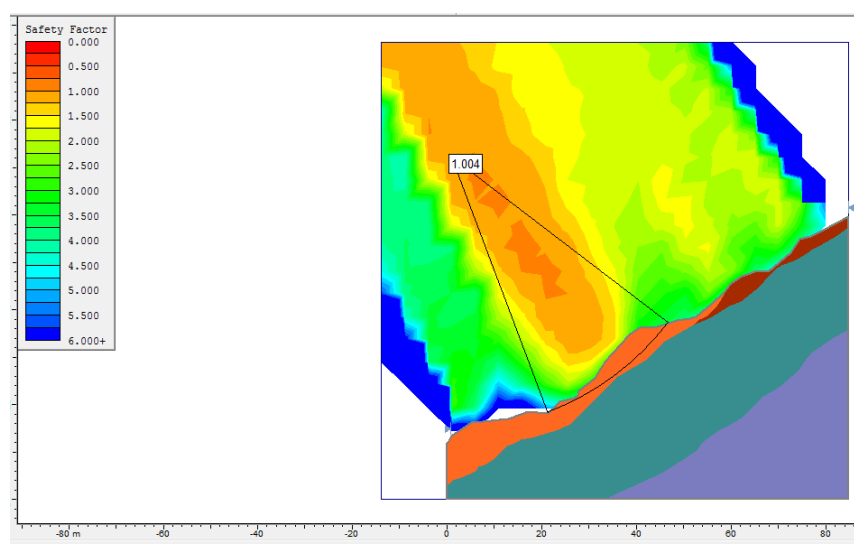
sigcm 16.215 MPa  
 Em 129 B, L, B4 MPa

## **CAPITULO V**

### **5. DESARROLLO DE LOS SISTEMAS PROPUESTOS**

## 5.1. DESARROLLO MUROS PROPUESTOS

El sector está comprendido por material coluvio-residual por su condición presenta fallas locales y una superficie de falla definida. Debido a los desprendimientos progresivos del talud se interrumpió parte de la vía y el colapso del canal de derivación de agua situada en la parte alta, generando de manera temporal a la vía proyectada.



**Figura 1. Esquema del talud actual**

Se tiene alta probabilidad de que la falla se incremente y ponga en riesgo el camino inca ubicado en la parte superior del talud.



En este tramo se ha evaluado la siguiente alternativa, debido a no tener espacio para generar más corte por estar limitado por la zona arqueológica.

En La propuesta se consideró procedente la alternativa propuesta, mediante 02 muros tipo Terramesh, que consiste en colocar gaviones tipo caja con cola (sistema de tierra armada), relleno a cada 0.25 m. y colocación de material filtrante. Con un tratamiento final de revegetar los taludes expuestos para evitar las erosiones y/o formación de cárcavas debido a las precipitaciones pluviales propias de la zona.

La alternativa considera mantener el eje actual de la vía conservando el nivel de plataforma planteado, se llegara a colocar 2 muros de suelo reforzado de 8 m de altura y de fondo con 5.6 m de cola, se realizara para esto un corte recomendable de 1V:3H al pie de fondo de cada talud de suelo reforzado, para los taludes superiores se recomienda unos taludes 1.5V:1H así también se recomienda subdren como se muestra en el gráfico.

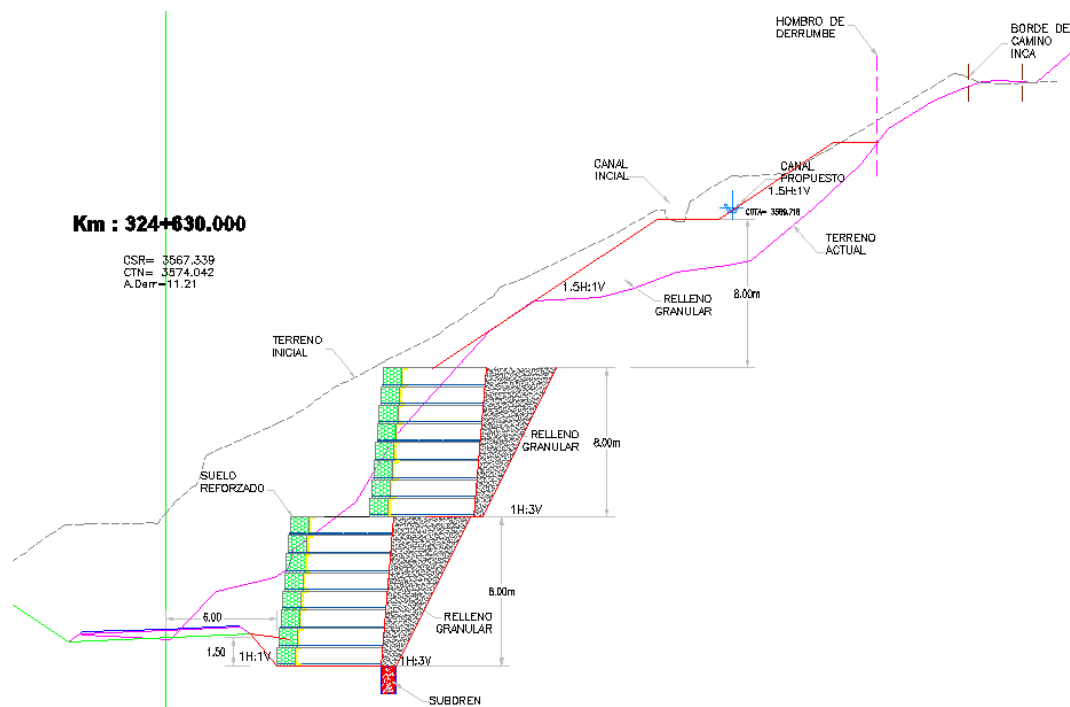


Figura 2. Esquema de Alternativa propuesta

Para analizar la estabilidad del talud se determinó los Factores de seguridad con el terreno inicial y con la alternativa propuesta, presentando en resumen en el cuadro 7.1.

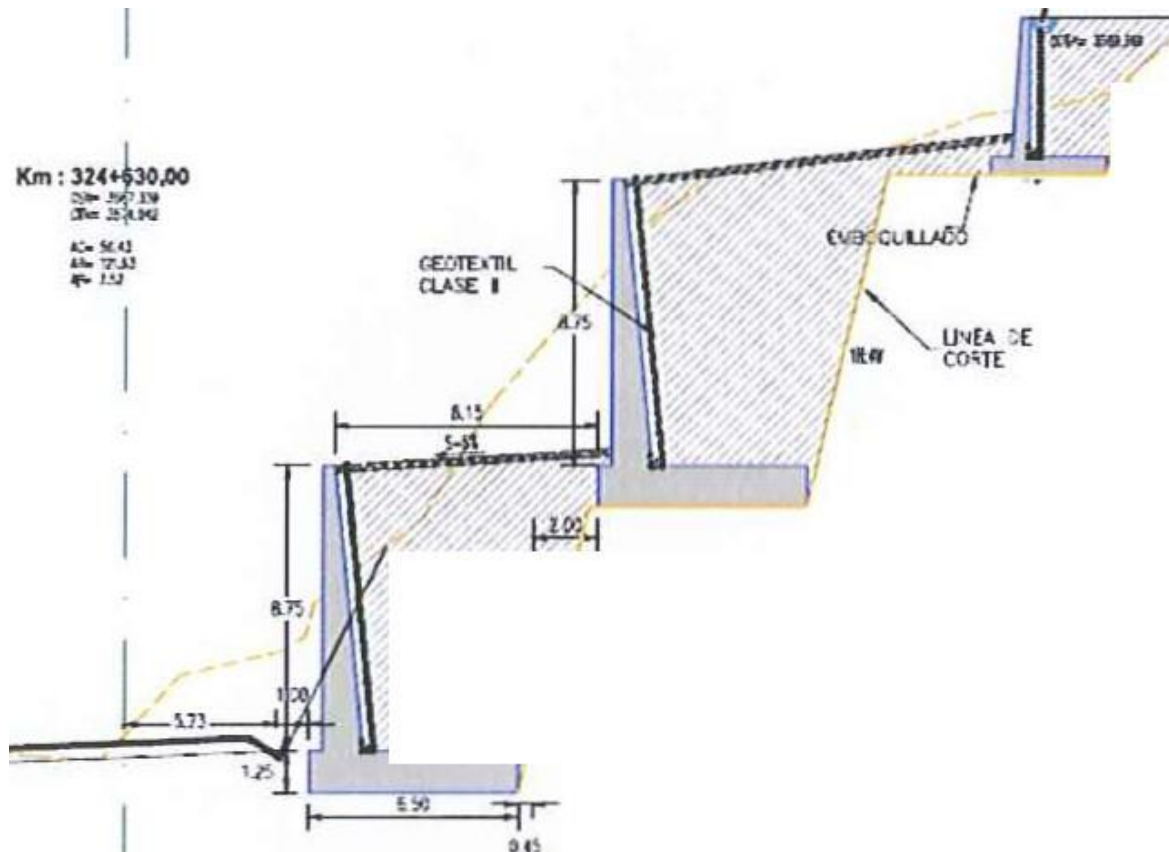
Cuadro N°1. Análisis de Alternativas

Análisis	Descripción	Talud Superior		Observaciones
		FS. Estático	FS. Pseudoestático	
Condición Actual	Talud sin ninguna intervención	1.004	0.808	Inestable
Alternativa	Suelo reforzado	1.308	1.101	Estable

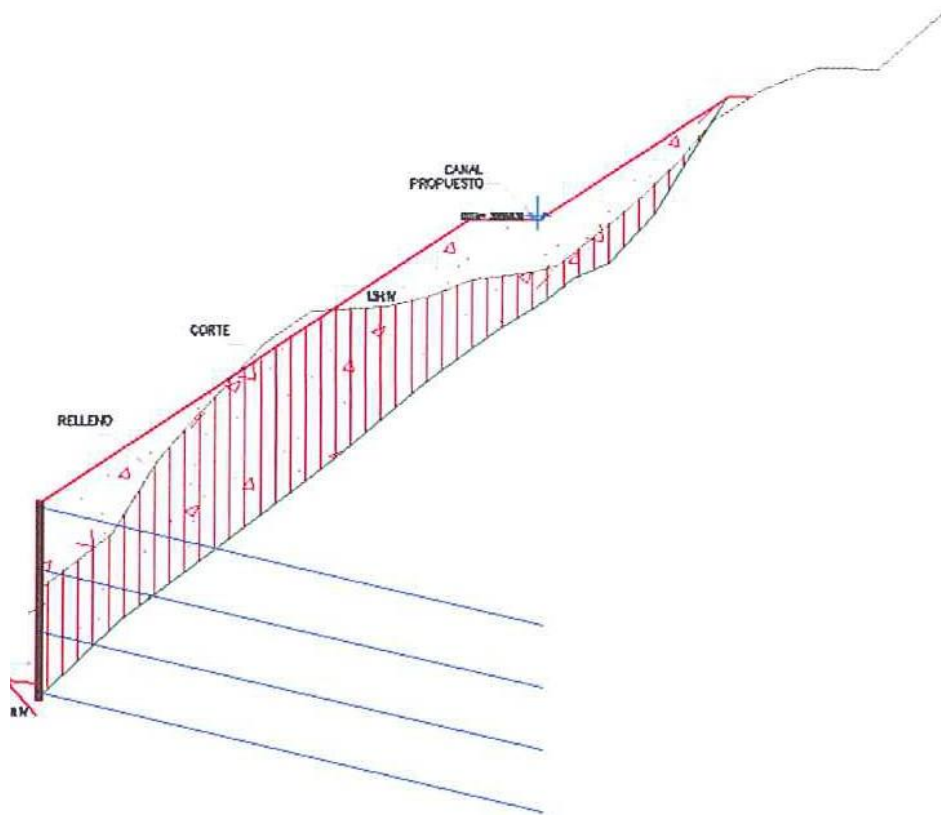
*El resultado análisis de alternativa se encuentra en el Anexo C: "Análisis de Ingeniería".*

Se descarta el uso del sistema erdox como alternativa de sostenimiento, debido a las altas deformaciones que se producen en el relleno que no es factible tenerlo debido a la presencia del canal que debe ser repuesto en la parte superior del talud.

También se dio como alternativa la colocación de muros de concreto armado para no comprometer la zona arqueológica (ver gráfico), pero se descartó por el tema de costo.



La otra alternativa descartada es el muro de pantalla con anclajes que deberían ser colocados hasta encontrar la roca; esta alternativa es más cara que las dos anteriores. Para esto van anclajes de 30 Ton. espaciadas cada 2m en sentido longitudinal en 4 hileras de 25 m de longitud. (Ver gráfico).



## Análisis de Alternativas

Análisis	Descripción	Talud Superior		Observaciones
		FS. Estático	FS. Pseudoestático	
Condición Actual	Talud sin ninguna intervención	0.602	0.503	Inestable
Alternativa 1	Muro de suelo reforzado	1.278	1.018	Estable
Alternativa 2	Muro de concreto	1.756	1.458	Estable
Alternativa 3	Pantalla Anclada	1.553	1.296	Estable

**VALORACIÓN COMPARATIVA ALTERNATIVAS SECTOR CRÍTICO km. 324+610 al 324+650**

ITEM	PARTIDA	UND	PU	ALT. 1 - TERRAMESH		ALT. 2 - MCA		ALT. 3 - MURO ANCLADO	
				METRADO	IMPORTE	METRADO	IMPORTE	METRADO	IMPORTE
<b>600</b>	<b>OBRAS DE ARTE Y DRENAJE</b>								
601.A	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAS	m3	17.57	6,075.27	106,742.49	6,022.70	105,818.84	5,734.04	100,747.08
605.A	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	m3	26.17	1,819.80	47,624.17	4,862.80	127,259.48	-	-
303.A	RELLENO CON MATERIAL DE SUBBASE	m3	37.06	-	-	-	-	3,445.96	127,707.28
610.H	CONCRETO CLASE H (FC=100KG/CM2)	m3	351.86	-	-	62.80	22,096.81	-	-
610.D	CONCRETO CLASE D (FC=210KG/CM2)	m3	485.58	-	-	1,346.40	653,784.91	111.74	54,258.71
612.A	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	48.63	-	-	2,187.73	106,389.31	558.72	27,170.55
615.A	ACERO DE REFUERZO	Kg	4.75	-	-	90,503.53	429,891.77	5,212.97	24,761.61
627.B	TUBERÍA DRENAJE PVC 2"	m	5.02	-	-	221.20	1,110.42	-	-
627.D	TUBERÍA DRENAJE PVC 4"	m	11.41	-	-	110.00	1,255.10	-	-
625.A	SUBDREN PROFUNDO	m3	93.43	163.83	15,306.64	-	-	-	-
625.D	TUBERÍA DE PVC 6" PESADA CON PERFORACIÓN	m	20.16	133.86	2,698.62	-	-	-	-
632.A	MAMPOSTERÍA DE PIEDRA	m3	257.8	-	-	33.00	8,507.40	-	-
635.D	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA DE CONCRETO TIPO I	m	201.86	40.00	8,074.40	40.00	8,074.40	29.10	5,874.13
650.H	GEOTEXTIL NO TEJIDO CLASE 2	m2	132.28	650.51	86,049.46	318.70	42,157.64	279.36	36,953.74
670.A	GAVION CAJA TIPO A	m3	236.13	640.00	151,123.20	-	-	-	-
670.B	GAVION CAJA TIPO B	m3	231.39	-	-	-	-	-	-
675.A	MATERIAL DE FILTRO	m3	88.12	1,294.40	114,062.53	86.70	7,640.00	279.36	24,617.20
<b>700</b>	<b>TRANSPORTE</b>								
700.A	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE ENTRE 120M Y 1000M	m3k	4.29	3,744.82	16,065.28	1,020.71	4,378.85	5,045.96	21,647.17
700.B	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE A DISTANCIAS MAYORES DE 1000M	m3k	0.65	79,381.58	51,598.03	22,687.64	14,746.97	112,157.82	72,902.58
700.C	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR ENTRE 120M Y 1000M	m3k	4.39	1,601.42	7,030.23	4,279.26	18,785.97	3,032.44	13,312.41
700.D	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA DISTANCIA MAYOR DE 1000M	m3k	1.44	12,320.05	17,740.87	37,735.33	54,338.87	26,740.62	38,506.49
<b>900</b>	<b>PROTECCION AMBIENTAL</b>								
<b>907</b>	<b>RECONFORMACIÓN DE CANTERAS, DME's Y AREAS AUXILIARES</b>								
907.B	ACONDICIONAMIENTO DE DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME's)	m3	5.91	4,255.47	25,149.83	1,159.90	6,855.01	5,734.04	33,888.18
	<b>PARTIDAS NUEVAS</b>								
677.B	JUNTA ASFALTICA PARA MUROS	m2	39.77	-	-	1,155.10	45,938.33	19.40	771.54
1003.A	LAVADO ARENA ZARANDEADA PARA CONCRETO	m3	17.8	-	-	739.06	13,155.34	58.10	1,034.27
1019.a1	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACIÓN EQUIPOS PERFORACION	gib	94136.35	-	-	-	-	1.00	94,136.35
1019.a3	ANCLAJES AUTOPERFORANTE	m	333.26	-	-	-	-	1,500.00	499,890.00
1023.A	TERRAMESH (INC. GEOMALLA BIAJIAL)	m3	135.39	3,006.40	407,036.50	-	-	-	-
	<b>COSTO DIRECTO</b>		<b>TOTALES</b>		<b>1,056,302.24</b>		<b>1,672,185.42</b>		<b>1,178,179.29</b>

## **CAPITULO VI**

### **6. ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS**



## **6.1. PRESENTACION DE ANALISIS DE RESULTADOS**

Para evaluar la mejor alternativa de solución al problema de la estabilidad del talud de la vía, que se tiene en el sector km 324+580 al km 324+650, debido a la presencia de un sector arqueológico en la margen izquierda, se evaluará: Las consideraciones técnicas, económicos, funcionabilidad y su facilidad de instalación, teniendo en cuenta que no se podrá restringir totalmente el tránsito vehicular y en que dicha zona no se puede efectuar un debió provisional por la existencia de la zona arqueológica.

## **6.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIONES ESTRUCTURALES**

A continuación se presentara algunas características relacionadas con las ventajas y desventajas de estos sistemas, donde se hará referencia en el caso que aplique directamente al estudio, así como el costo total aproximado de muro de las propuestas estudiadas.

### **6.2.1. Características y funcionalidad de los sistemas.**

#### **Sistema Muro No Convencional tipo Terramesh® System (Gavion, Malla biaxial y Tierra armada)**

- ✓ La Flexibilidad que brinda a la estructura y la posibilidad de acompañar los asentamientos del terreno de fundación,

principalmente cuando se compara con las soluciones tradicionales.

- ✓ Su configuración de malla hexagonal, crea un sistema permeable que alivia presiones hidrostáticas, la cual se genera debido a los vacíos entre las piedras.
- ✓ Bajo Impacto Ambiental debido a que el frontis del gavión es relleno con piedras con vacíos, que a futuro se llenan con material fino y semillas las cuales permiten que la vegetación se desarrolle.
- ✓ La Versatilidad que permite construir un paramento vertical, inclinado o escalonado.
- ✓ Su proceso constructivo implica compactación, de cada capa, así como también un ancho de fundación suficiente para el desarrollo de su cola en nuestro caso 5.6m.

### **Sistema Muro Concreto Armado**

- ✓ Su proceso constructivo demanda mucho tiempo para su ejecución en dicho sector.
  
- ✓ En el proceso constructivo se deberá esperar mucho tiempo para realizar los rellenos posteriores, para cumplir con las resistencias requeridas de la estructuras para la aplicación de cargas en los rellenos estructurales.
  
- ✓ Debido a su geometría y al relleno con material granular, no favorece la revegetación del talud.

### **Sistema Muro de Pantalla con Anclado**

- ✓ Su proceso constructivo demanda mucho tiempo para su ejecución en dicho sector.
  
- ✓ Tiempos de Construcción es el más largo de las propuestas estudiadas del sector.
  
- ✓ Es una alternativa con elevado costo de ser implementada para su ejecución.

### 6.2.2. En cuanto a los costos

Para el análisis de costos, para ambos sistemas constructivos, solo se ha considerado los insumos necesarios y su instalación, así como la longitud de muro de construcción de  $L = 70\text{m}$ , partiendo de lo acotado, se establece que.

- El sistema de muro no convencional tipo **Terramesh® System**, (Gaviones, Malla Biaxial y Tierra Armada) tiene un costo de S/. 1 058,302.24 (Un millón cincuenta y ocho mil trescientos dos con 24/100 soles )
- El sistema **Muro de Concreto Armado**, tiene un costo de S/. 1 872,185.42 (Un millón ochocientos setenta y dos mil ciento ochenta y cinco con 42/100 soles )
- El sistema **Muro Pantalla Anclado**, se ha calculado un costo de S/. 1 178,179.29 (Un millón ciento setenta y ocho mil ciento setenta y nueve con 29/100 soles )

### 6.2.3. ELECCION DEL DISEÑO

Para la elección de la solución más adecuada, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- La existencia de un sector arqueólogo.
- Imposibilidad de construcción de una vía provisional, para el desvío vehicular.
- Ancho reducido para maniobras de 4.5 a 5 metros

Partiendo de las tres premisas antes mencionado, realizaremos un análisis comparativo de ambas soluciones, las cuales se mencionan a continuación:

- 1) Los tres diseños cumplen con los requisitos técnicos para completar anchos de Vías, la verificación de su estabilidad, por el método de estado limite, según los resultados de los cálculos obtenidos, cumplen con las solicitaciones de carga requeridas.
- 2) El sistema de muro no convencional con sistema tipo Terramesh® (Gavión, Cola malla biaxial y Tierra armada) es la mejor alternativa económica debido a que su costo de construcción es más económico que los muros estudiados.

- 3) El sistema de muro no convencional, al ser una estructura prefabricada, facilita su instalación, optimizando tiempos, su instalación se efectúa con maquina liviana y su relleno es con piedra mediana no menor de 12cm de diámetro, siendo su rendimiento de ejecución superior al sistema Terramesh.
  
- 4) La mejor alternativa técnica y funcional aplicable para el sector Km 324+580 al Km 324+650, teniendo en consideración la no afectación de las poligonales trazadas por el Ministerio de Cultura y que no se puede restringir el tránsito vehicular, resulta aplicada la construcción de la vía empleando el sistema de muro no convencional tipo Terramesh.

## CONCLUSIONES

- ✓ Con el propósito de plantear una alternativa técnica, económica y de rápida construcción, para dar solución al problema de taludes inestables en el sector Km 324+580 al Km 324+650, se deberá garantizar la estabilidad de la vía en el sector.
- ✓ Técnicamente los tres sistemas analizados cumplen con las solicitaciones de empujes para la estabilización de taludes en carreteras, son estructuralmente estables, teniendo en cuenta los empujes propios del material de relleno.
- ✓ El sistema de muro no convencional tipo “Terramesh System” (gavión, Malla Biaxial y tierra armada) es más económico que el sistema de muro de concreto armado en un 43.47%, indicando que el costo efectuado ha sido solamente de instalación y materiales de cada sistema.
- ✓ Por procedimiento constructivo, es más eficaz el sistema de muro no convencional tipo terramesh, por su rápida instalación, al ser una estructura pre-montada el cual facilita su instalación y relleno en un corto tiempo.
- ✓ Del análisis de costos económicos de las propuestas realizadas se determinó los valores siguientes en Muro convencional S/. 1 058 302,24 soles, Muro concreto armado S/. 1 872 185,42 soles y Muro Pantalla anclado S/. 1 178 179.29 soles.

- ✓ El sistema de muro no convencional está en armonía con el medio ambiente permitirá revegetar en la parte del talud del gavión



## RECOMENDACIONES

- ✓ Las condiciones de cálculo y resultados obtenidos solo son aplicables al presente proyecto, para otros proyectos se deberá realizar otro tipo de análisis para escoger la solución más adecuada, teniendo en cuenta el suelo de fundación, topografía, Angulo de fricción, condición de napa freática.
- ✓ Para el empleo del sistema de muro no convencional es una excelente alternativa por las limitaciones que se tiene para dar solución y siendo la única vía de acceso en ese sector.
- ✓ Para obtener una interpretación más certera de los sistemas propuestos, en el aspecto económico, es necesario hacer una comparación en términos de costos totales, cuando hay variabilidad de la altura del muro, así como también considerar, los tiempos de transporte y la vida útil de cada sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alva Hurtado, J. (2007), "Diseño de Cimentaciones", Instituto de la Construcción y Gerencia, San Isidro - Lima – Perú.
- Lambe T.W. & Whitman R.V. (1969), "Soil Mechanics", John Wiley, New York.
- Terzaghi K. y Peck R.B. (1967), "Soil Mechanics in Engineering Practice", John Wiley, New York.
- Cortez C., Gonzáles N y otros. – 1982- GEOGRAFÍA.: Medio Físico Peruano por Dr. Javier Pulgar Vidal.
- Vesic A. (1973), "Análisis de la Capacidad de Carga de Cimentaciones Superficiales", JSMFED, ASCE, Vol. 99.
- Mecánica de Suelos por Braja M. Das.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2006), "Norma E-050 Suelos y Cimentaciones", Lima- Perú.
- Barton, N., Lien, R. & Lunde J., 1974: Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support. Rock Mechanics 6, pp 189-236.
- Bieniawski, Z.T., 1989: Engineering Rock Mass Classifications. John Wiley & Sons, New York. 251 p.p.
- E. Hoek, "Practical rock engineering" Rocscience, 2002.
- E. Hoek, "Estimating Mohr-Coulomb Friction and Cohesion Values from the Hoek-Brown Failure Criterion" Technical Note Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol. 27, N° 3, pp 227-229, 1990.

- Hoek, E., Carranza-Torres, C. & Corkum, B., 2002: Hoek-Brown Failure Criterion – 2002 Edition. In: Rocscience Inc., 2002: RocLab, Rock Mass Strength Analysis Using the Hoek-Brown Failure Criterion User's Guide, version: 1.010.
- Hoek, E. & Bray, J.W., 1981: Rock Slope Engineering. Revised Third Edition. The Institution of Mining and Metallurgy, London. 358 p.p.
- Hoek, E. & Brown, E.T., (1997) Practical estimatives of rock mass strength, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 34, 8, 1165-1186.
- Marinos, P. & Hoek E., (2000), A geologically friendly tool for rock mass strength estimation. Proc. GeoEng2000, Melbourne.
- P. Marinos and E. Hoek, "GSI: A Geologically Friendly Tool for Rock Mass Strength Estimation", Technical Paper 2001.
- Barriga Dall'Orto S.A. (2010). Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Churin-Oyon, Tramo I: Churin - KM 131+00. EXPEDIENTE TECNICO, LIMA.
- MACCAFERRI LTDA. (2005, SEPTIEMBRE). ESTRUCTURAS EN SUELO REFORZADO CON EL SISTEMA TERRAMESH®.
- MACCAFERRI LTDA. (2009). MANUAL TECNICO "REFUERZO DE SUELO".
- NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC). (2008). Italia.
- Perea, Hugo Egoavil. (n.d.). Sistema de Suelo Reforzado Terramesh en Proyectos Mineros. MACCAFERRI.
- MAC.ST.A.R.S 2000 – Rel. 2.2 MACcaferri STability Analysis of Reinforced Slopes Officine Maccaferri S.p.A.Via Agresti 6, 40123 Bologna Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507
- MANUAL DE CARRERAS. (2016). Taludes muros y obras complementarias