

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**MUROS DE CONTENCIÓN CON SUELO REFORZADO**  
**ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**JUAN MANUEL SÁNCHEZ SANDOVAL**

**LIMA, PERÚ**

**2007**

## ÍNDICE

<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>4</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 1: ESTABILIDAD DE TALUDES .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Nociones Básicas de Estabilidad de Taludes.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Fallas Ligadas a la Estabilidad de Taludes Naturales.....</b>	<b>10</b>
1.2.1 <i>Deslizamiento Superficial por Falta de Resistencia por Baja Presión de Confinamiento (Creep) .....</i>	<i>10</i>
1.2.2 <i>Fallas Asociadas a Procesos de Deformación Acumulativa.....</i>	<i>11</i>
1.2.3 <i>Flujos .....</i>	<i>12</i>
<b>1.3 Fallas Ligadas a la Estabilidad de Taludes Artificiales.....</b>	<b>12</b>
1.3.1 <i>Falla Rotacional.....</i>	<i>12</i>
1.3.2 <i>Falla Traslacional.....</i>	<i>13</i>
1.3.3 <i>Fallas con Superficie Compuesta.....</i>	<i>14</i>
<b>1.4 Concepto de Suelo Reforzado.....</b>	<b>15</b>
<b>1.5 Estabilización de Taludes con Suelo Reforzado .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO 2: SISTEMA TERRAMESH.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Descripción del Sistema Terramesh.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Tipos de Sistema Terramesh.....</b>	<b>20</b>
2.2.1 <i>Terramesh System .....</i>	<i>20</i>
2.2.2 <i>Terramesh Verde.....</i>	<i>21</i>
<b>2.3 Características Generales.....</b>	<b>23</b>
2.3.1 <i>Flexibilidad.....</i>	<i>23</i>
2.3.2 <i>Versatilidad.....</i>	<i>23</i>
2.3.3 <i>Permeabilidad.....</i>	<i>23</i>
2.3.4 <i>Simplicidad Constructiva .....</i>	<i>23</i>
2.3.5 <i>Otras Características .....</i>	<i>24</i>
<b>2.4 Proceso Constructivo .....</b>	<b>24</b>
2.4.1 <i>Excavaciones.....</i>	<i>24</i>
2.4.2 <i>Nivelación de la Superficie .....</i>	<i>24</i>
2.4.3 <i>Colocación de los Elementos Terramesh.....</i>	<i>25</i>
2.4.4 <i>Llenado de las Cajas de los Elementos Terramesh .....</i>	<i>27</i>
2.4.5 <i>Colocación del Geotextil de Separación.....</i>	<i>29</i>

2.4.6	<i>Elementos de Refuerzo Adicional</i> .....	30
2.4.7	<i>Colocación del Relleno Compactado</i> .....	31
<b>2.5</b>	<b>Modelo Experimental - Muro de Contención con Suelo Reforzado..</b>	<b>34</b>
2.5.1	<i>Generalidades</i> .....	34
2.5.2	<i>Descripción de la Zona de Trabajo</i> .....	35
2.5.3	<i>Investigación Geotécnica</i> .....	37
2.5.4	<i>Diseño y Análisis del Muro de Contención</i> .....	40
2.5.5	<i>Presupuesto del Proyecto</i> .....	45
<b>CAPÍTULO 3: ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN</b>		<b>47</b>
<b>3.1</b>	<b>El Ingeniero de CQA</b> .....	<b>47</b>
<b>3.2</b>	<b>Reuniones de Coordinación</b> .....	<b>48</b>
3.2.1	<i>Reunión Previa a la Construcción</i> .....	48
3.2.2	<i>Reuniones de Avance Diarias o Semanales</i> .....	49
3.2.3	<i>Reuniones por Deficiencia en el Trabajo</i> .....	49
<b>3.3</b>	<b>Aseguramiento de la Calidad de los Materiales</b> .....	<b>50</b>
3.3.1	<i>Elemento Terramesh</i> .....	50
3.3.2	<i>Relleno de las Cajas</i> .....	51
3.3.3	<i>Geotextil No Tejido</i> .....	51
3.3.4	<i>Relleno Estructural</i> .....	54
<b>3.4</b>	<b>Aseguramiento de la Calidad de la Construcción</b> .....	<b>56</b>
3.4.1	<i>Excavaciones</i> .....	56
3.4.2	<i>Nivelación de la Superficie</i> .....	56
3.4.3	<i>Colocación de los Elementos Terramesh</i> .....	57
3.4.4	<i>Llenado de las Cajas de los Elementos Terramesh</i> .....	58
3.4.5	<i>Colocación del Geotextil de Separación</i> .....	59
3.4.6	<i>Colocación del Relleno Compactado</i> .....	60
<b>CONCLUSIONES</b> .....		<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		<b>65</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....		<b>66</b>
<b>ANEXOS</b>		
<b>ANEXO I</b>	<b>ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	
<b>ANEXO II</b>	<b>RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD</b>	
<b>ANEXO III</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
<b>ANEXO IV</b>	<b>PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS</b>	
<b>ANEXO V</b>	<b>PLANOS DEL PROYECTO</b>	

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1 Ubicación de Calicatas.....	38
Tabla 2-2 Parámetros Físicos y Mecánicos de Materiales .....	41
Tabla 2-3 Aceleraciones Máximas al Sur de Lima .....	44
Tabla 2-4 Resultados del Análisis de Estabilidad Utilizando MacStars.....	45
Tabla 2-5 Resultados del Análisis de Estabilidad Utilizando MS Excel.....	45
Tabla 2-6 Resumen del Presupuesto de Obra .....	46
Tabla 3-6 Frecuencias de Ensayos de Campo .....	62

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Esquema de deslizamiento superficial (Creep).....	11
Ilustración 1.2 Esquema de fallas por deformación acumulativa .....	11
Ilustración 1.3 Esquema de flujos .....	12
Ilustración 1.4 Esquema de falla rotacional .....	13
Ilustración 1.5 Esquema de falla traslacional .....	14
Ilustración 1.6 Esquema de falla con superficie compuesta .....	14
Ilustración 1.7 Deformaciones en elementos de suelo sin y con refuerzo .....	16
Ilustración 1.8 Incremento de pendiente de un talud estable no reforzado .....	17
Ilustración 2.1 Corte transversal de muro reforzado con el sistema Terramesh .	18
Ilustración 2.2 Detalle del funcionamiento de la malla hexagonal.....	19
Ilustración 2.3 Elementos Terramesh dispuestos y armados en obra.....	20
Ilustración 2.4 Estructura construida con el sistema Terramesh.....	21
Ilustración 2.5 Construcción de muro utilizando el sistema Terramesh Verde....	22
Ilustración 2.6 Muro reforzado con el sistema Terramesh Verde.....	22
Ilustración 2.7 Nivelación del terreno antes de colocar elementos Terramesh ...	25
Ilustración 2.8 Colocación y despliegue de los elementos Terramesh.....	26
Ilustración 2.9 Amarre de las aristas de los elementos Terramesh.....	27
Ilustración 2.10 Colocación de la piedra dentro de los elementos Terramesh....	28
Ilustración 2.11 Disposición de tensores en elementos Terramesh .....	29
Ilustración 2.12 Colocación del geotextil de separación.....	30
Ilustración 2.13 Colocación de geomalla de refuerzo adicional .....	31
Ilustración 2.14 Colocación del material de relleno estructural .....	32
Ilustración 2.15 Proceso de compactación utilizando equipo pesado .....	33
Ilustración 2.16 Proceso de compactación utilizando equipo liviano.....	33
Ilustración 2.17 Prueba de compactación en campo con densímetro nuclear ....	34
Ilustración 2.18 Vista general de la zona del proyecto .....	36

Ilustración 2.19 Toma panorámica del macizo rocoso .....	37
Ilustración 2.20 Imagen de la calicata C-1 .....	38
Ilustración 2.21 Imagen de la calicata C-2 .....	39
Ilustración 2.22 Imagen de la calicata C-3 .....	39
Ilustración 2.23 Mapa geológico del cuadrángulo de Lima .....	41
Ilustración 2.24 Mapa de zonificación sísmica del Perú .....	42
Ilustración 2.25 Mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú .....	43
Ilustración 3.1 Elementos Terramesh entregados en obra.....	51
Ilustración 3.2 Apilamiento de piedra en el lugar del proyecto .....	52
Ilustración 3.3 Identificación de un rollo de geotextil.....	53
Ilustración 3.4 Apilamiento de material de relleno estructural.....	55
Ilustración 3.5 Colocación de la piedra dentro de las cajas de gaviones .....	58
Ilustración 3.6 Colocación del geotextil de separación.....	59
Ilustración 3.7 Compactación del material de relleno estructural .....	61
Ilustración 3.8 Realización de pruebas de densidad in-situ (cono de arena).....	61

## RESUMEN

Este informe presenta las indicaciones básicas para el desarrollo de un plan de supervisión que garantice la calidad de la construcción de un muro de contención con suelo reforzado utilizando el sistema Terramesh.

Este proyecto forma parte del Curso de Actualización de Conocimientos “Aplicación de Geosintéticos en Obras de Ingeniería Civil”, ofrecido por la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. Como parte del curso, se elaboró un diseño completo de la alternativa designada; la cual incluyó la investigación geotécnica de campo y de laboratorio, el diseño en detalle de la alternativa más conveniente, los análisis de estabilidad y asentamientos de la estructura propuesta, las especificaciones técnicas aplicables al proyecto, los planos de diseño, el presupuesto y análisis de costos unitarios y el manual de aseguramiento de la calidad de la construcción.

El muro de contención propuesto fue construido en el campus de la Universidad Nacional de Ingeniería, detrás de la losa deportiva de la Facultad de Ingeniería de Minas. Los materiales geosintéticos como los elementos Terramesh, el geotextil no tejido así como el alambre de amarre fueron proporcionados por la empresa Maccaferri del Perú, mientras que el material de relleno estructural y la piedra para las cajas de los elementos Terramesh fueron adquiridas por los integrantes del grupo de estudio.

El muro de contención ha sido emplazado sobre un terreno de cimentación formado por un macizo rocoso, cuya evaluación descartó la posibilidad de tener asentamientos considerables de la estructura. Dada la configuración del muro, así como las características de sus materiales, los análisis de estabilidad global e interna establecieron factores de seguridad aceptables para condiciones estáticas y pseudo-estáticas (simulación de un sismo).

## INTRODUCCIÓN

Las estructuras de contención en taludes son construidas ante la necesidad de mejorar la estabilidad de laderas naturalmente inestables, o que requieran la realización de cortes de carácter antrópico. Ante la presencia de taludes inestables, es necesario elaborar y diseñar soluciones que sean técnica y económicamente factibles para el caso dado.

La necesidad de lograr la efectiva estabilización de un talud se ha venido dando a lo largo de la historia, y con el pasar de los años, van apareciendo soluciones más innovadoras y en muchos casos, más convenientes desde el punto de vista económico. Es así como aparece una alternativa planteada por la empresa Maccaferri, la cual propone una solución basada en el concepto de tierra armada, llamada Terramesh System.

El sistema Terramesh consiste en la estabilización de un talud mediante un refuerzo horizontal embebido en un material de relleno estructural debidamente compactado. Este material de relleno puede ser formado por un suelo de la zona que cumpla las especificaciones establecidas para el proyecto. El sistema contempla un paramento frontal, formado por cajas de gaviones (una solución ampliamente conocida en el mundo) las cuales son llenadas de piedras de tamaño y características establecidas. El sistema en conjunto, es decir, el refuerzo y el paramento frontal son hechos en base a un alambre de acero revestido formando una gran malla hexagonal.

El caso particular de la obra diseñada y edificada por el grupo de trabajo durante el curso de titulación, consistió de un muro de contención diseñado para alcanzar una altura de 3 metros con una longitud de 6 metros y un ancho total de 3 metros. En vista que el muro tiene fines didácticos, este no tendrá una función de contención de un bloque de suelo o la estabilización de un talud inestable, sino que será emplazado entre la tribuna de una losa deportiva y el macizo rocoso existente al pie del cerro de la Universidad. El material de relleno estructural utilizado en la construcción del muro no fue confinado utilizando la parte posterior de la tribuna.

La investigación geotécnica fue realizada con la ayuda del asesor geotécnico del curso, incluyendo un reconocimiento de campo de la zona de trabajo, la

excavación de 3 calicatas para evaluar el terreno de cimentación y tomar muestras representativas para su posterior análisis, el ensayo en laboratorio de las muestras tomadas de los diferentes materiales en estudio y la interpretación estereográfica del macizo rocoso.

Los ensayos de laboratorio necesarios para evaluar las muestras tomadas fueron realizados en el Laboratorio de Geotecnia Aplicada a la Hidráulica de la Universidad Nacional de Ingeniería y en el Laboratorio Geotécnico de la empresa Vector Perú. Durante la construcción, mientras se realizaba la colocación y compactación del material de relleno estructural, se realizaron pruebas de densidad de campo utilizando un cono de arena perteneciente al primer laboratorio citado.

El programa de Aseguramiento de la Calidad en la Construcción (CQA por sus siglas en inglés) establece los lineamientos básicos y necesarios para lograr una supervisión efectiva que garantice el fiel cumplimiento del diseño de ingeniería establecido, los planos de diseño y las especificaciones técnicas de los materiales y procedimientos a seguir durante la construcción de la obra.

La supervisión de CQA es normalmente encargada a una empresa especializada en el tema, y que no tiene relación alguna con la empresa contratada para la ejecución de la obra. El supervisor de CQA tiene la responsabilidad de la calidad final del proyecto y debe hacer realizar todo el esfuerzo posible para hacer cumplir los parámetros establecidos; sin embargo, no es su responsabilidad controlar el avance del proyecto aunque podría ofrecer alternativas de solución en caso de retrasos o problemas durante la ejecución del proyecto.

El informe está dividido en 3 capítulos; el primero describe brevemente los conceptos básicos y los tipos de falla asociados a la estabilidad de taludes así como una descripción de los muros de contención con suelo reforzado. El segundo capítulo detalla las características del sistema Terramesh, su proceso constructivo y hace una síntesis del procedimiento de diseño seguido para este caso en particular. Mientras que, el tercer capítulo abarca las indicaciones y recomendaciones para la supervisión y aseguramiento de la calidad en la construcción de un muro reforzado utilizando el sistema Terramesh.

Como parte de este informe, se adjuntan los anexos correspondientes al estudio geotécnico efectuado para el proyecto, las hojas con los resultados de los ensayos de laboratorio, los cálculos de diseño del muro, las especificaciones técnicas y los planos del proyecto.

## **CAPÍTULO 1**

### **ESTABILIDAD DE TALUDES**

#### **1.1 Nociones Básicas de Estabilidad de Taludes**

El nombre genérico de *taludes* corresponde a cualquier superficie inclinada con respecto a la horizontal que haya de adoptar permanentemente las masas de tierra, tanto de forma natural como por la intervención humana en una obra de ingeniería. Cuando el talud es conformado de forma natural, se le denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando los taludes son conformados por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales.

La verificación de la estabilidad de los taludes se hace necesaria debido a la posibilidad de ocurrencia de deslizamientos o movimientos de masa, inducidos por el aumento de las sollicitaciones (tensiones de corte) o por la reducción de su resistencia. En el primer caso, el aumento de las sollicitaciones es, en general, debido a: sobrecargas en el coronamiento (terraplenes, construcciones, etc.), descarga en la base (cortes, excavaciones, erosiones, etc.), vibraciones (terremotos, máquinas, etc.). En el segundo caso, los factores más comunes para la reducción de la resistencia son: intemperismo de los minerales, modificaciones estructurales (fisuración, amasamiento, etc.), aumento de las presiones de poros.

#### **1.2 Fallas Ligadas a la Estabilidad de Taludes Naturales**

##### **1.2.1 *Deslizamiento Superficial por Falta de Resistencia por Baja Presión de Confinamiento (Creep)***

Esta falla se refiere al proceso más o menos continuo y que generalmente presenta un lento deslizamiento ladera abajo de la zona superficial de los taludes naturales. Este tipo de falla es comúnmente conocido como “creep” pero también se utiliza el término “deslizamiento superficial”.

El creep suele afectar grandes áreas y el movimiento superficial se produce sin una transición brusca entre la parte superficial móvil y las masas inmóviles más profundas. En este tipo de falla no se identifica una superficie de deslizamiento. El creep se origina a una combinación de las acciones de las fuerzas de gravedad y de otros agentes. La velocidad de deslizamiento de este tipo de falla

es muy baja y rara vez excede de algunos centímetros por año. La Ilustración 1.1 muestra este tipo de falla.

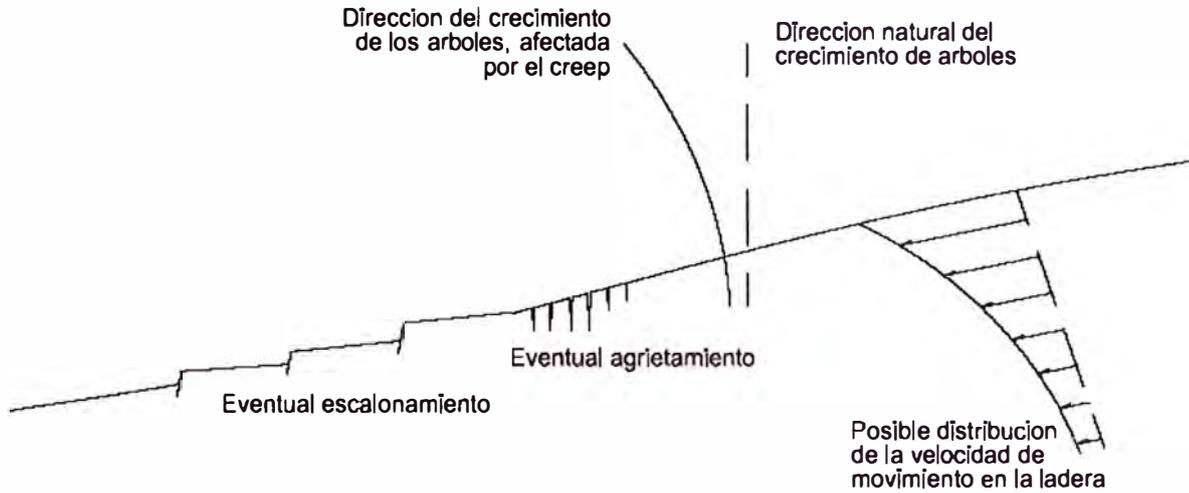


Ilustración 1.1. Esquema de falla por baja presión de confinamiento

### 1.2.2 Fallas Asociadas a Procesos de Deformación Acumulativa

Este tipo de falla se produce como consecuencia de procesos de deformación acumulativa, por la tendencia de grandes masas a moverse ladera abajo. Este fenómeno es particularmente típico en formaciones análogas en cuanto a formaciones geológicas formadas de materiales muy heterogéneos, no consolidados y bajo la acción casi exclusiva de la gravedad. La Ilustración 1.2 muestra la falla por deformación acumulativa.

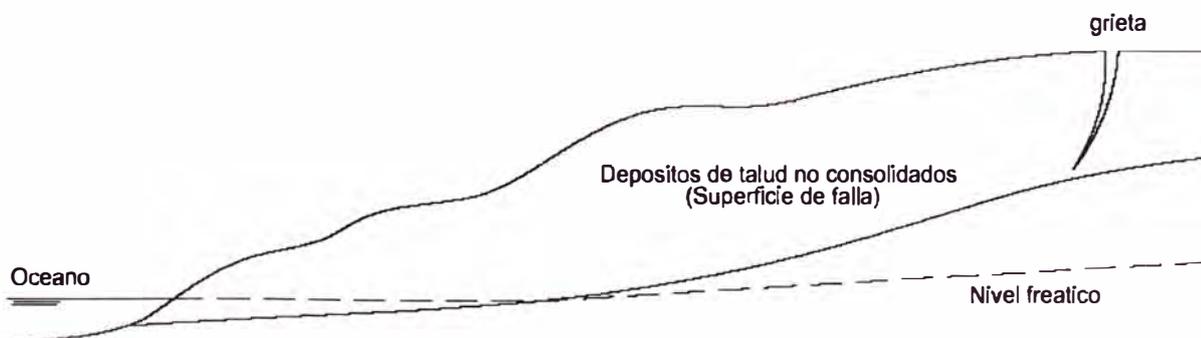


Ilustración 1.2. Esquema de falla por procesos de deformación acumulativa

Los estados de deformación continua se desarrollan muy lentamente en aquellas zonas del interior de la ladera donde existan concentraciones locales de

esfuerzos cortantes. En estas condiciones, la ladera puede deformarse durante largo tiempo, hasta que tal acumulación de deformación produzca la ruptura del suelo y la formación de una superficie de falla generalizada en el interior de la propia ladera.

### 1.2.3 Flujos

Se refiere a los tipos de falla con movimientos más rápidos de una parte de la ladera natural, de tal manera que movimiento entre sí y la distribución aparente de velocidades y desplazamientos se asemeja al comportamiento de un líquido viscoso, tal como lo muestra la Ilustración 1.3. La superficie de deslizamiento no es distinguible o se desarrolla durante un lapso de tiempo relativamente breve.

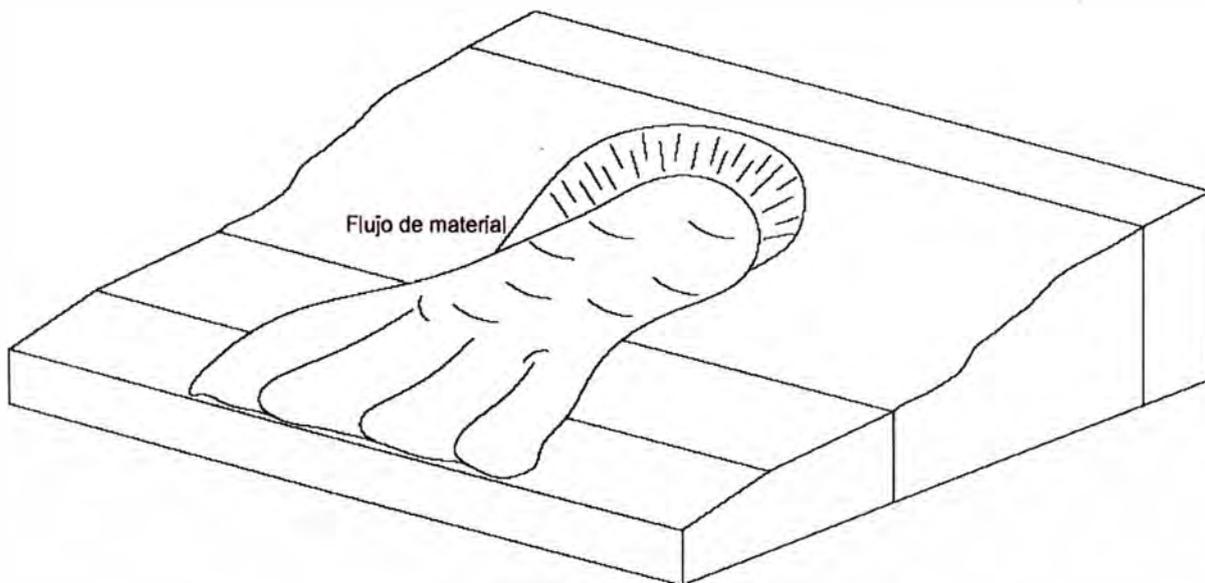


Ilustración 1.3. Esquema de falla por flujos

Los materiales susceptibles a fluir pueden ser formaciones no consolidadas, que pueden presentarse en fragmentos de roca, depósitos de talud, suelos granulares finos o arcillas francas.

## 1.3 Fallas Ligadas a la Estabilidad de Taludes Artificiales

### 1.3.1 Falla Rotacional

Son movimientos rápidos o instantáneos, que afectan masas profundas de los taludes, con deslizamiento a lo largo de una superficie de falla curva desarrollada en el interior del cuerpo del talud. La superficie de falla se forma cuando en la

zona de su futuro desarrollo actúan esfuerzos cortantes mayores a la resistencia del material, generalmente en taludes de corte o terraplenes de vías terrestres.

La falla se produce cuando en el interior del talud existe un estado de esfuerzos cortantes que vence en forma más o menos rápida, la resistencia al esfuerzo cortante del suelo. Como consecuencia de este fenómeno, se origina la ruptura del suelo con la formación de una superficie de deslizamiento, a lo largo de la cual se produce la falla, tal y como se muestra en la Ilustración 1.4.

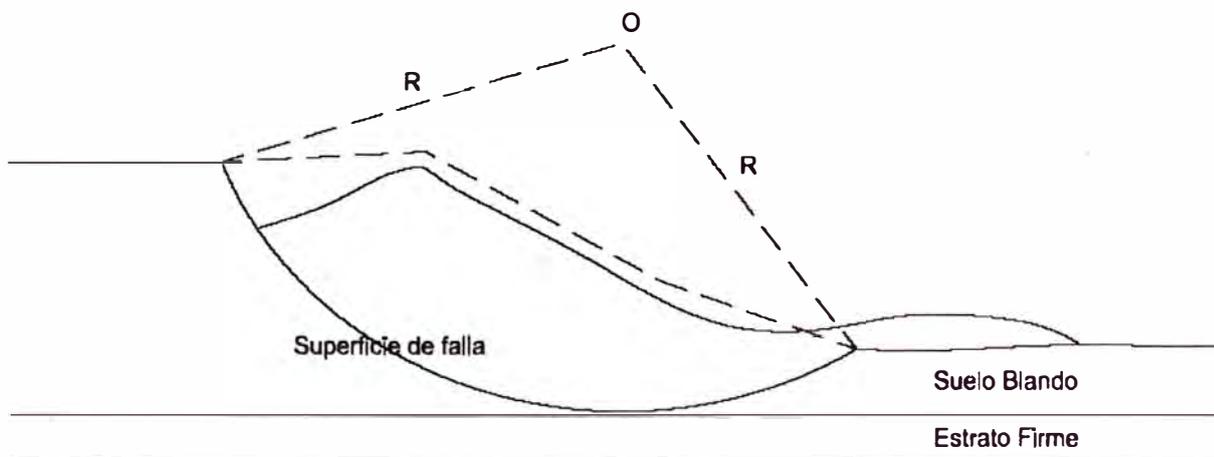


Ilustración 1.4. Esquema de falla rotacional

Las fallas rotaciones circulares son comunes en materiales arcillosos homogéneos o en suelos cuyo comportamiento mecánico esté regido por su fracción arcillosa. Por lo general, comprometen zonas relativamente profundas del talud, siendo mayor la profundidad cuando más escarpado sea el talud.

### 1.3.2 Falla Traslacional

Estas fallas consisten en movimientos traslacionales importantes del cuerpo del talud sobre superficies de falla básicamente planas, asociadas a la presencia de estratos poco resistentes localizados a poca profundidad bajo el talud.

Las superficies de falla se desarrollan en forma paralela al estrato débil y se complementan en sus extremos por dos agrietamientos. Los estratos débiles son comúnmente formados por arcillas blandas o de arenas finas o limos no plásticos sueltos. Un ejemplo de falla traslacional se tiene en la Ilustración 1.5.

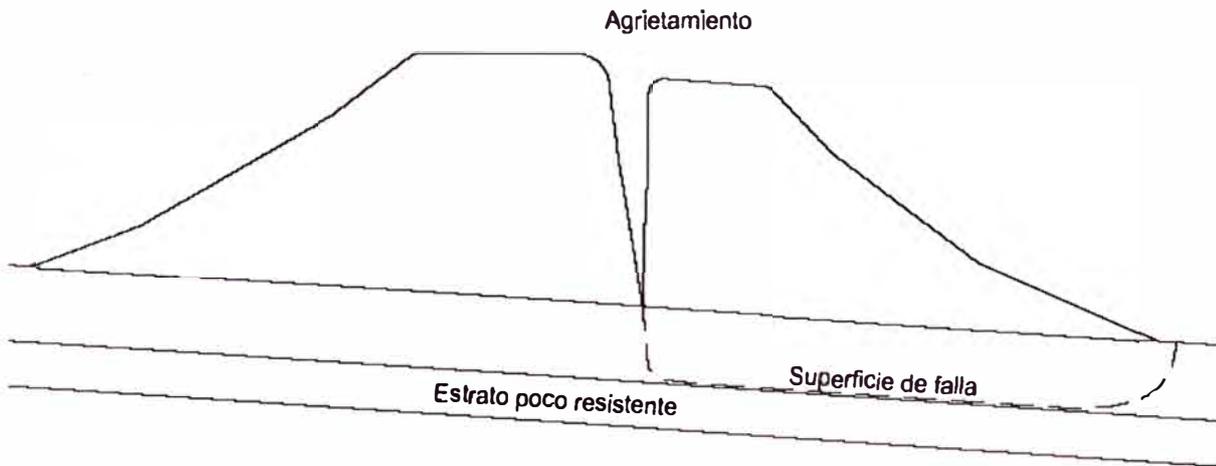


Ilustración 1.5. Esquema de falla traslacional

Con frecuencia, la debilidad del estrato está ligada a las elevadas presiones de poro en el agua contenida en la arcilla, o a fenómenos de elevación de presión de agua en estratos de arena (acuíferos). Es por esto, que este tipo de fallas pueden estar ligadas a las temporadas con mayores índices de precipitación en la región.

### 1.3.3 Fallas con Superficie Compuesta

Este tipo de fallas abarca los movimientos que combinan la acción de la rotación y la traslación, originando superficies de falla compuestas, desarrollando zonas planas a la vez que tramos curvos como se muestra en la Ilustración 1.6.

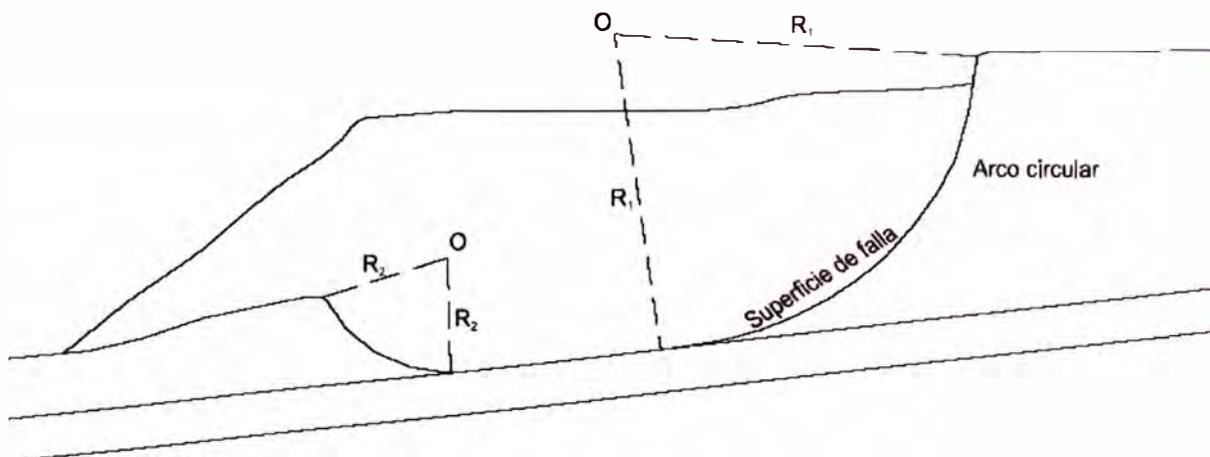


Ilustración 1.6. Esquema de falla con superficie compuesta

En general, estas superficies están ligadas a la presencia de condiciones heterogéneas dentro del talud. El predominio de las partes circulares o planas sirve para clasificar la falla como rotacional o traslacional, siendo la falla compuesta aquella donde ambas curvas se reparten casi equitativamente. Estas fallas compuestas suelen generar distorsiones en los materiales, típica de las fallas circulares.

#### **1.4 Concepto de Suelo Reforzado**

Una estructura de suelo reforzado consiste en la introducción de elementos resistentes a tracción convenientemente orientados, que aumentan la resistencia del suelo y disminuyen las deformaciones que pudieran presentarse. En este método, conocido como refuerzo de suelos, el comportamiento global del macizo es mejorado a costa de la transferencia de los esfuerzos para los elementos resistentes (refuerzos).

En general, los suelos poseen una elevada resistencia a los esfuerzos de compresión, pero al mismo tiempo, una baja resistencia a esfuerzos de tracción. Cuando una masa de suelo es cargada verticalmente, la misma sufre deformaciones verticales de compresión y deformaciones laterales de elongación (tracción).

Si la masa de suelo estuviera reforzada, los movimientos laterales serían limitados por la rigidez del refuerzo. Esta restricción de deformaciones es obtenida gracias a la resistencia a tracción de los elementos de refuerzo. La Ilustración 1.7 muestra el principio básico del comportamiento de un suelo reforzado.

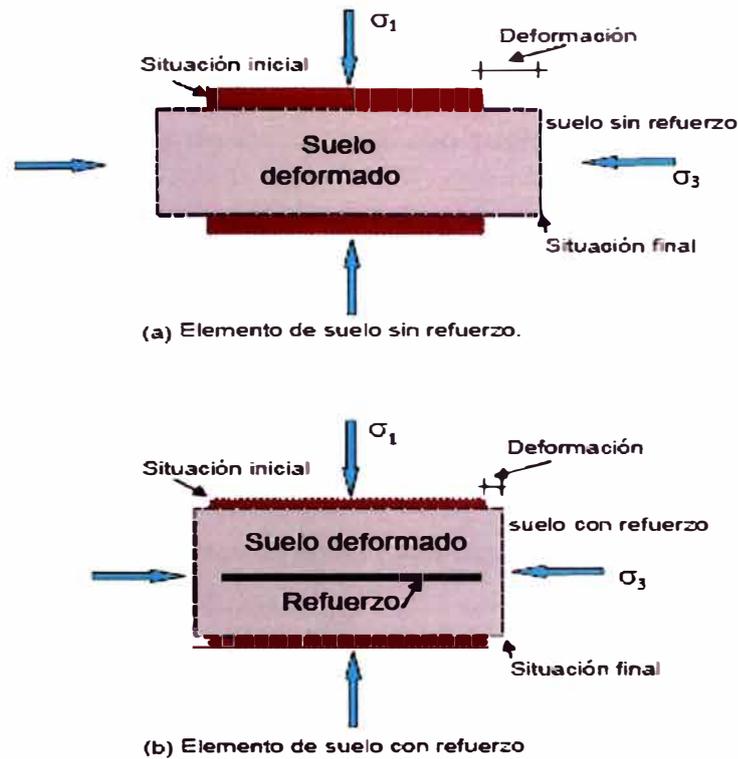


Ilustración 1.7. Deformaciones en elementos de suelo sin y con refuerzo

## 1.5 Estabilización de Taludes con Suelo Reforzado

Los taludes con estructuras de suelo reforzado son sistemas basados en la utilización de suelo mecánicamente reforzado, con inclinaciones menores a  $70^\circ$ . Estas estructuras constituyen alternativas para casos en los que se requiere levantar rellenos de alta pendiente y altura importante, dado que la mayoría de los taludes y laderas naturales pueden presentar fenómenos de remoción en masa, aun cuando estos sean de alta disponibilidad mecánica.

Durante la construcción de taludes y reconstrucción de laderas se pueden intercalar capas de suelo con capas de geosintéticos, logrando un mejor refuerzo en el talud y permitiendo incrementar la pendiente o la altura del talud sin comprometer la estabilidad del conjunto.

En estos casos, la aplicación de geosintéticos busca alcanzar dos objetivos principales:

- Aumentar la estabilidad del talud, particularmente si se requiere una pendiente mayor que aquella que garantiza el suelo natural.

- Mejorar la estabilidad de los materiales que se colocan en los bordes del talud.

Las principales aplicaciones de los taludes con suelo reforzado son:

- Prevención del desprendimiento de cuñas de material del talud durante épocas de alta humedad o por efecto de la desecación.
- Construcción de terraplenes con suelos finos en condiciones atmosféricas invernales.

La Ilustración 1.8 muestra un esquema de un talud sin refuerzo en condición estable y la proyección de la superficie de corte con una pendiente mayor para el mismo talud, con un sistema de refuerzo para mantener la estabilidad del mismo.



Ilustración 1.8. Incremento de la pendiente de un talud estable no reforzado

## CAPÍTULO 2

### SISTEMA TERRAMESH

#### 2.1 Descripción del Sistema Terramesh

El sistema Terramesh se basa en el principio de suelo reforzado y la tecnología desarrollada en los años 60 por el profesor Henri Vidal conocida a nivel mundial como “terre armée” (tierra armada). El origen de la idea se basa en la observación de aquellos suelos que ganan más resistencia ante la presencia de raíces en su estructura, las cuales actúan como tensores.

El sistema Terramesh es una tecnología orientada a la estabilización de suelos a través de un refuerzo continuo, sin interrupciones o amarres, sobre un plano horizontal. La continuidad del refuerzo es necesaria para garantizar, a lo largo de todo el elemento, la misma resistencia a la tracción. Los elementos Terramesh son producidos en piezas separadas sólo en las zonas que no estarán sometidas a esfuerzos de tracción como las laterales, el diafragma y el panel posterior. En la Ilustración 2.1 se puede observar un corte transversal de un muro reforzado con el sistema Terramesh.



Ilustración 2.1. Corte transversal de muro reforzado con el sistema Terramesh

El refuerzo consta de una malla de doble torsión fabricada con alambres de acero consistentes en una mezcla de zinc y aluminio que; a su vez, son revestidos con PVC, creando armaduras longitudinales y continuas. Este refuerzo va unido a una caja de gavión fabricada con la misma malla del refuerzo horizontal, conformando una sola pieza y garantizando la estabilidad del sistema.

La malla de refuerzo incrementa la fricción entre el material de suelo y las secciones del alambre, así como las propiedades mecánicas de trabazón entre las partículas de material del suelo. La diferencia de dimensiones entre la abertura de la malla con y el diámetro del alambre, genera un aumento general de la resistencia del refuerzo, lo que no ocurre con los materiales que sólo aportan resistencia por fricción. El funcionamiento de la malla de refuerzo es mostrado en la Ilustración 2.2.

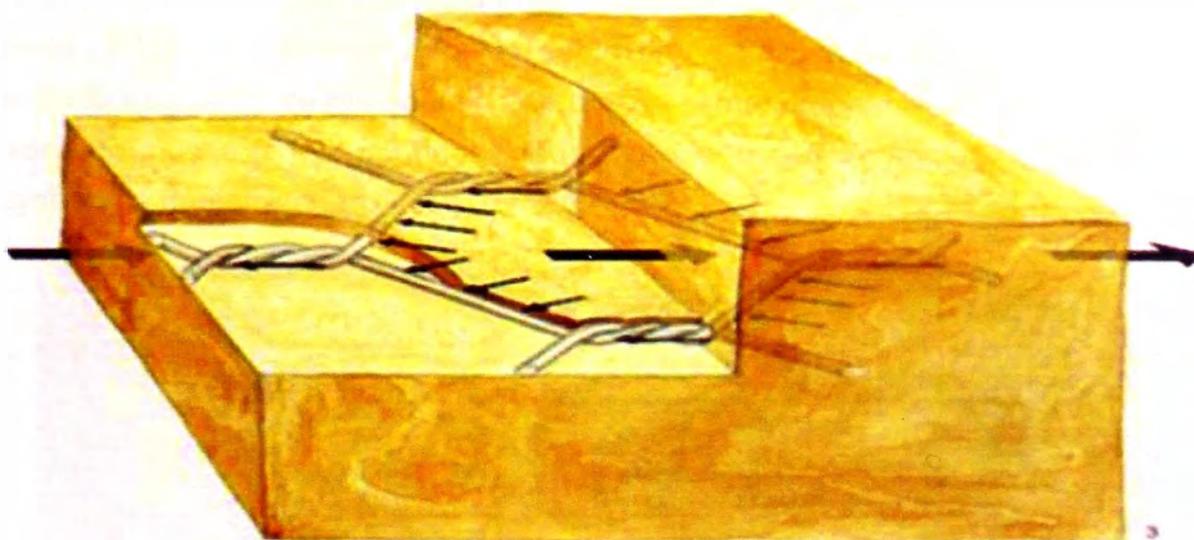


Ilustración 2.2. Detalle del funcionamiento de la malla hexagonal del sistema Terramesh embebida en el suelo

El corte se produce debido a la configuración tridimensional de la malla, la cual confina una porción de relleno en su interior, fenómeno observado en el caso de movimientos relativos entre el suelo y la malla. De acuerdo a pruebas de laboratorio efectuadas, se concluyó que la trabazón entre las partículas y la malla es notoriamente importante cuando el material de relleno está gradado dentro de un huso de 10 a 15 veces el diámetro del alambre.

La utilización de este sistema se remonta al año 1979, donde se puede encontrar el registro de la primera estructura que utilizó la combinación de gaviones y suelo armado, en Malasia. Esta estructura tiene una altura de 14 metros y soporta un tramo de la autopista que une las ciudades de Kota Kinabalu y Sinsuran.

## 2.2 Tipos de Sistema Terramesh

Existen 2 tipos de sistemas basados en el concepto de suelo reforzado con Terramesh: el Terramesh System y el Terramesh Verde. Ambos sistemas tienen el mismo comportamiento estático, características técnicas y procedimiento de construcción, siendo la diferencia esencial la forma de su paramento externo.

### 2.2.1 Terramesh System

Este sistema está formado por un paramento de 1 metro de espesor en forma de paralelepípedo, el cual es llenado con piedras y protegido en su interfase con el suelo de relleno estructural por un geotextil. La función de este geotextil es de evitar la migración de material fino de relleno estructural hacia la zona del gavión (zona de mucha mayor permeabilidad). El armado de los paneles de Terramesh System se muestra en la Ilustración 2.3.



Ilustración 2.3. Elementos Terramesh dispuestos y armados en obra

Este sistema permite la construcción de muros verticales o con inclinaciones muy leves (de hasta  $6^\circ$ ), en paredes planas o escalonadas. La apariencia final de los muros construidos con este método, es la de un muro de gaviones. La Ilustración 2.4 muestra una estructura edificada con este sistema.



Ilustración 2.4. Estructura construida con el sistema Terramesh

### **2.2.2 Terramesh Verde**

El Terramesh Verde está formado por un paramento plano inclinado (generalmente a  $20^\circ$ ) conformado por el panel de malla de doble torsión, una geomanta o biomanta, una malla electrosoldada y 2 elementos metálicos triangulares. La Ilustración 2.5 esquematiza el modo de armado de este sistema.

En este caso, la geomanta (o biomanta) tiene la función de evitar la fuga del material fino del relleno estructural y, al mismo tiempo, permitir el crecimiento de vegetación sobre esta superficie. La función de la malla electrosoldada es garantizar un talud parejo y plano evitando deformaciones excesivas, mientras que los elementos metálicos de forma triangular deben mantener la inclinación deseada, necesaria para el crecimiento de la vegetación. Un ejemplo de una construcción con este sistema es mostrado en la Ilustración 2.6.



Ilustración 2.5. Construcción de un muro utilizando el sistema Terramesh Verde



Ilustración 2.6. Muro reforzado con el sistema Terramesh Verde

## **2.3 Características Generales**

El sistema Terramesh ofrece una serie de características que lo hacen particular con respecto a otras soluciones de estabilización de suelos.

### **2.3.1 Flexibilidad**

Debido a la flexibilidad de las mallas que conforman las cajas de los gaviones del paramento frontal así como de toda la estructura en general, cualquier asentamiento de la superficie de cimentación será acompañado en la misma magnitud por la estructura.

Esta característica garantiza la integridad de la estructura, a pesar de la presencia de asentamientos diferenciales que ocasionarían el colapso de otras estructuras basadas en soluciones diferentes.

### **2.3.2 Versatilidad**

La estructura está conformada de bloques individuales, los cuales ofrecen diversas variantes de construcción de acuerdo a las necesidades del proyecto, como la de tener estructuras con el paramento exterior vertical, escalonado o inclinado. Estas opciones se manejan con mucha facilidad e inclusive, se podrían manejar cambios en el diseño mientras la obra se está ejecutando, para aquellos niveles que aún no han sido instalados.

Así mismo, debido a la alta permeabilidad del elemento frontal, es posible introducir semillas de especies vegetales en él durante la construcción del muro reforzado, lo que minimizaría los posibles impactos ambientales adversos.

### **2.3.3 Permeabilidad**

Debido a que el elemento Terramesh consta de una caja de gaviones en su paramento frontal y que esta es llenada con piedra, la pared exterior del muro ofrece una alta permeabilidad que permite el efectivo drenaje del terreno.

### **2.3.4 Simplicidad Constructiva**

Los elementos son proporcionados por el proveedor de forma tal que, los instaladores solo deben acomodar las caras del elemento dándole la forma final antes de ser colocados en su ubicación definitiva. Una vez instalados, se procede a la costura de las aristas con el alambre proporcionado, fijando

firmemente los elementos. Estas tareas podrían ser efectuadas sin problemas por personal sin experiencia previa en este tipo de estructuras.

La etapa del llenado de cajas con la piedra, así como la colocación del geotextil y material de relleno estructural representan tareas comunes en el ámbito de la construcción, por lo que tampoco representan procedimientos que requieran de asesoramiento o entrenamiento especial.

### **2.3.5 Otras Características**

Adicionalmente, el sistema Terramesh ofrece otras características como la seguridad de la estructura ante el caso de incendios en las proximidades de la estructura (debido a que no contiene materiales inflamables), y la absorción acústica del paramento externo (de 18 a 28 decibeles), lo cual resulta importante en el caso del uso del sistema en zonas residenciales.

## **2.4 Proceso Constructivo**

### **2.4.1 Excavaciones**

Antes de iniciar la nivelación del terreno, se deben realizar trabajos de preparación de la superficie. Estos trabajos incluyen la limpieza del terreno de material orgánico así como la eliminación de todo material inadecuado para la cimentación del muro.

La remoción de materiales inadecuados permitirá tener una superficie de cimentación estable que pueda soportar satisfactoriamente las cargas aplicadas por el peso propio del muro así como las demás cargas actuantes, evitando de este modo, los asentamientos diferenciales que puedan producir el colapso de la estructura.

### **2.4.2 Nivelación de la Superficie**

Una vez terminados los trabajos de excavación masiva y teniendo la aprobación del ingeniero de CQA, se procederá con las excavaciones y rellenos para lograr el nivel de subrasante. El contratista deberá cortar las áreas elevadas y rellenar las depresiones de acuerdo al plan de nivelación proporcionado por el ingeniero.

El contratista deberá realizar todo esfuerzo para lograr que la nivelación de la superficie se aproxime a lo establecido en los planos de diseño. La utilización de

equipos de control topográfico como niveles, teodolitos o estaciones totales es recomendada; sin embargo, si las condiciones del terreno lo ameritan, éstas podrían ser exigidas. La Ilustración 2.7 muestra una superficie nivelada lista para recibir los elementos Terramesh.



Ilustración 2.7. Nivelación del terreno antes de colocar elementos Terramesh

Antes de la colocación de los elementos Terramesh, la superficie deberá estar libre de materiales extraños o que puedan dañar la malla hexagonal. De igual forma, se evitará la presencia de agua empozada o suelos que no hayan sido adecuadamente compactados. Finalmente, la superficie deberá contar con la aprobación del ingeniero de CQA.

### **2.4.3 Colocación de los Elementos Terramesh**

Los elementos Terramesh deberán ser armados mientras estén vacíos, colocando la primera hilera en su ubicación definitiva. Los amarres deberán hacerse utilizando el alambre suministrado por el mismo fabricante de los elementos Terramesh y en conformidad con las especificaciones técnicas del proyecto y bajo la aprobación del ingeniero de CQA.

El amarre debe ser realizado pasando el alambre a través de todas las mallas que forman cada una de las aristas de los elementos, alternando una vuelta simple y una doble. El alambre deberá ser tensado de forma tal que los amarres estén firmes y ajustados pero se debe evitar causar daño al alambre, al utilizar herramientas manuales como alicates. El personal encargado de la instalación deberá asegurarse que las aristas ya amarradas no presenten movimientos relativos entre sí.

Una vez que los elementos de la primera hilera han sido colocados y amarrados adecuadamente, las colas deberán ser desplegadas en toda su longitud y unidas en zonas puntuales, mediante amarres con alambre. Estos amarres no cumplen ninguna función estructural, sino que facilitan el esparcido del material de relleno a colocarse posteriormente, evitando que las colas se muevan de su posición o sufran alguna deformación durante este proceso.

La Ilustración 2.8 muestra la disposición de una hilera de elementos Terramesh después de haber sido colocados y desplegados. El amarre de estos elementos es apreciado en la Ilustración 2.9.



Ilustración 2.8. Colocación y despliegue de los elementos Terramesh



Ilustración 2.9. Amarre de las aristas de los elementos Terramesh

#### **2.4.4 Llenado de las Cajas de los Elementos Terramesh**

Una vez que los elementos Terramesh han sido colocados en su ubicación definitiva, armados y sujetos correctamente, se procederá con el llenado de las cajas del paramento frontal. El material deberá consistir en piedras sanas, compactas, limpias y no solubles al agua de modo que se garantice la resistencia y estabilidad de la cara frontal del muro.

El tamaño de las piedras deberá estar entre 150 y 250 mm, sin embargo se podrían utilizar tamaños mayores, siempre y cuando sean aprobados por el ingeniero de CQA.

El personal encargado de la colocación de la piedra deberá hacerlo de modo tal que se minimice al máximo el índice de vacíos. Dependiendo de la altura del gavión, se llenará hasta alcanzar 30 cm y 50 cm para elementos de 1 m y 0.5 m de altura respectivamente. En el primer caso, los gaviones serán llenados en 3 capas mientras que para los gaviones de 50 cm de altura, el llenado se hará en sólo 2 capas. La Ilustración 2.10 ilustra esta etapa de la construcción.



Ilustración 2.10. Colocación de la piedra dentro de los elementos Terramesh

Una vez que la primera capa del gavión ha sido llenada con la piedra, se colocarán 2 tensores horizontales por cada caja, a la misma altura uno del otro, para asegurar la forma cúbica del elemento y evitar deformaciones generadas por el proceso de llenado.

En el caso de los elementos de 50 cm de altura, los tensores se colocarán a la mitad de la altura del elemento, mientras que para el caso de los elementos de 1 metro de altura, se colocarán tensores a los tercios de la altura del mismo.

Los tensores podrán ser hechos del mismo alambre utilizado para el amarre de los elementos Terramesh, proporcionado por el proveedor del producto. La Ilustración 2.11 muestra la disposición de uno de los tensores dentro de un elemento Terramesh.



Ilustración 2.11. Disposición de los tensores dentro de los elementos Terramesh

#### **2.4.5 Colocación del Geotextil de Separación**

El geotextil deberá ser no tejido y se colocará entre la cara interna de las cajas de gaviones llenas y el relleno estructural, tal como muestra la Ilustración 2.12. La función de este geotextil será de separación de materiales evitando que materiales finos del relleno estructural pasen a través de los gaviones, los cuales están llenos de piedras, formando una pared altamente permeable.

El geotextil no tejido será cortado en paños de longitud equivalente a la longitud del muro a construir y con un ancho igual a la altura del gavión más 50 cm de material a desplegarse antes de colocar el relleno estructural y otros 50 cm que irán sobre la última capa del relleno ya colocado y compactado. Es decir, para gaviones de 0.50 metros de altura, tendremos paneles de geotextil de 1.50 m de ancho, mientras que para gaviones de 1 metro de altura, el ancho de los paneles será de 2 metros.

Una vez colocado el geotextil, se utilizará el alambre de amarre para fijar los paños de geotextil a la malla desplegada sobre la base y sobre la cara interna de

los gaviones. El espaciamiento de los elementos sujetadores podría estar entre 40 y 50 cm.



Ilustración 2.12. Colocación del geotextil de separación

#### **2.4.6 Elementos de Refuerzo Adicional**

En caso que el diseño lo considere, se colocarán elementos de refuerzo adicional como geomallas o materiales de similar función. Antes de desplegar la geomalla o el elemento de refuerzo complementario, se deberá verificar su longitud y características para que estén acordes con lo estipulado en las especificaciones técnicas.

Durante la colocación del material de refuerzo se deberá verificar la correcta orientación de la misma, la cual deberá estar en conformidad con los planos de diseño. Además, se deberá inspeccionar la posible presencia de daños causados durante el almacenaje o manipuleo. Las geomallas o materiales de refuerzo serán cortados sólo si los planos de diseño o las especificaciones técnicas lo indican. Al observar la Ilustración 2.13, se puede apreciar la colocación de una geomalla de refuerzo.



Ilustración 2.13. Colocación de geomalla de refuerzo adicional

#### **2.4.7 Colocación del Relleno Compactado**

El material de relleno estructural debe ser colocado, esparcido y nivelado en capas sueltas de 25 a 30 cm de espesor, de acuerdo a lo que se especifique en las especificaciones técnicas y luego deberán ser compactadas al porcentaje especificado de la máxima densidad seca obtenida del ensayo del Proctor Estándar.

Mientras se realice la colocación y/o compactación del material de relleno estructural, deberá mantenerse la posición e integridad del geotextil previamente colocado como separador de materiales.

La compactación de las capas de material de relleno podrá realizarse con rodillos vibratorios o no vibratorios o equipos de compactación manuales. Sin embargo, no se recomienda el uso de maquinaria pesada como rodillos lisos dentro del área más próxima al paramento frontal, considerando un ancho de 1 metro. Para esta zona, se deberá utilizar equipos livianos como planchas compactadoras o compactadores tipo sapo.

En la Ilustración 2.14 se puede observar la colocación del relleno estructural, mientras que la Ilustración 2.15 y la Ilustración 2.16 muestran la compactación del material utilizando equipo pesado y liviano, respectivamente.



Ilustración 2.14. Colocación del material de relleno estructural

Las pruebas de densidad de campo son siempre necesarias para verificar la conformidad de la compactación de las capas de material de relleno estructural y pueden realizarse utilizando el cono de arena o un densímetro nuclear, el cual es mostrado en la Ilustración 2.17.



Ilustración 2.15. Proceso de compactación utilizando equipo pesado



Ilustración 2.16. Proceso de compactación utilizando equipo liviano



Ilustración 2.17. Prueba de compactación en campo con densímetro nuclear

## **2.5 Modelo Experimental - Muro de Contención con Suelo Reforzado**

Una de las etapas del presente trabajo de investigación es la ejecución del proyecto elaborado.

### **2.5.1 Generalidades**

La obra fue emplazada en el campus de la Universidad Nacional de Ingeniería en la parte posterior de la tribuna de la losa deportiva “Jesús Arias Dávila” de la Facultad de Ingeniería de Minas, en las faldas del cerro “El Milagro”.

El proyecto contempló la construcción de un muro de contención con suelo reforzado utilizando el sistema Terramesh, de 6 metros de longitud, 5.5 metros de ancho y 3 metros de altura utilizando el sistema Terramesh.

Los elementos Terramesh, el geotextil y el alambre de amarre fueron proporcionados por la empresa Maccaferri del Perú, mientras que los materiales de relleno de gaviones así como el de relleno estructural fueron adquiridos por los integrantes del grupo. La construcción de este proyecto estuvo a cargo de los mismos alumnos integrantes del grupo, así como los gastos por ensayos de

laboratorio, materiales, equipos y demás insumos necesarios para completar el trabajo.

Los elementos que conforman el muro de contención son los siguientes:

- Paramento frontal (gavión) y panel de anclaje, los cuales conforman el elemento terramesh. Los gaviones consisten en mallas hexagonales de doble torsión y tienen las siguientes dimensiones: 2.00 m de largo, 1.00 m de ancho y 1.00 m de alto.
- El panel de anclaje está conformado por la misma malla hexagonal y cumple con las mismas especificaciones técnicas aplicables para los gaviones. La longitud de los paneles de anclaje, para este proyecto en particular, es de 2 metros.
- Los gaviones serán llenados con piedras redondeadas y/o angulosas, de un tamaño acorde con las especificaciones técnicas del proyecto.
- El relleno estructural estará conformado por un material seleccionado y previamente ensayado, para verificar el cumplimiento de las especificaciones aplicables para los materiales de relleno.
- Geotextil de protección, el cual servirá como capa separadora de materiales, evitando que el material de relleno estructural pase a través del paramento frontal.

El muro de contención no tendrá revestimiento.

### **2.5.2 Descripción de la Zona de Trabajo**

La zona de trabajo se ubica en el departamento de Lima, provincia de Lima, distrito del Rímac, a una elevación de unos 108 metros sobre el nivel del mar. La zona de trabajo se caracteriza por tener un clima templado durante la mayor parte del año y presencia de escasas precipitaciones durante las temporadas de otoño e invierno.

Primeramente se realizó el reconocimiento del terreno, así como la identificación visual del material de cimentación y el macizo rocoso que conforman el área donde se emplazará el muro. Durante esta etapa se identificaron las potenciales dificultades del trabajo así como las áreas destinadas al apilamiento de material

de relleno estructural y de piedra. En la Ilustración 2.18 se puede apreciar una vista general de la zona del proyecto.



Ilustración 2.18. Vista general de la zona del proyecto

El área del proyecto se desarrolla a través de unidades lito-estratigráficas como las formaciones rocosas existentes. La edad de estas formaciones se remonta al Cretáceo Inferior, como parte de la Formación Marcavilca. Esta formación está constituida por areniscas cuarcíticas de grano fino a medio, con intercalaciones de lutitas seguidas de cuarcitas competentes y areniscas blancas con estratigrafía cruzada.

Esta estructura está rodeada de materiales consolidados del cuaternario, como los depósitos aluviales correspondientes al cono aluvial del río Rimac, así como los depósitos coluviales constituidos por bloques y fragmentos rocosos entremezclados en una matriz limo-arenosa. En la parte más superficial del área se encuentran depósitos antrópicos recientes.

En general, el terreno presenta buenas condiciones de cimentación, deformación y estabilidad debido a que se encuentra emplazado sobre una base rocosa conformada por filita de origen metamórfico.

La Ilustración 2.19 muestra una imagen panorámica del macizo rocoso adyacente a la zona de trabajo.



Ilustración 2.19. Toma panorámica del macizo rocoso

### **2.5.3 Investigación Geotécnica**

La investigación geotécnica realizada está compuesta por los trabajos de campo, los ensayos de laboratorio y los cálculos de gabinete. Los ensayos de laboratorio fueron realizados en 2 laboratorios de la ciudad, el Laboratorio de Geotécnica aplicada a la Hidráulica en la Universidad Nacional de Ingeniería y en el Laboratorio Geotécnico de la empresa Vector Perú.

La investigación geotécnica de campo propuso la excavación de 3 calicatas (excavaciones a cielo abierto) convenientemente distribuidas en la zona del proyecto. La profundidad promedio de las calicatas es de 1.50 metros. A partir de estas se obtuvieron muestras representativas, las cuales fueron enviadas al laboratorio para su análisis. Cabe mencionar que ninguna de las calicatas evidenció la presencia de nivel freático.

El resumen y ubicación de las calicatas excavadas se muestra en la Tabla 2-1. Mientras que, los fotografías de las calicatas realizadas se muestran en las Ilustraciones 2-20 a 2-22.

**Tabla 2-1**  
**Ubicación de Calicatas**

Calicata	Este	Norte
C-1	277,075.0	8'670,515.5
C-2	277,074.4	8'670,523.4
C-3	277,074.8	8'670,531.6

De igual forma, el material de relleno estructural, que fue adquirido de una cantera ubicada en el distrito de Puente Piedra, fue evaluado en laboratorio con el fin de obtener sus parámetros básicos así como sus parámetros de resistencia.



Ilustración 2.20. Imagen de la calicata C-1



Ilustración 2.21. Imagen de la calicata C-2



Ilustración 2.22. Imagen de la calicata C-3

Se realizó un reconocimiento de las discontinuidades del macizo rocoso con la finalidad de obtener los parámetros de resistencia del mismo. Estos datos también sirvieron para el estudio de representación estereográfica del macizo rocoso, utilizado para complementar los cálculos de estabilidad del muro de contención. Los resultados de los ensayos de laboratorio realizados Figuran en el Anexo II.

#### **2.5.4 Diseño y Análisis del Muro de Contención**

Una vez realizados todos los estudios geotécnicos de campo y de laboratorio, se realizó el diseño del muro de contención, tomando como base su geometría, los parámetros geotécnicos del suelo de cimentación, del relleno estructural y parámetros de resistencia de los elementos del sistema Terramesh.

La estabilidad del muro de contención fue evaluada utilizando el software MacStars 2000 de Maccaferri y mediante una hoja de cálculo basada en el análisis por dovelas. Este análisis comprende el cálculo de la estabilidad global, interna tanto en condiciones estáticas como pseudo-estáticas.

Los métodos utilizados para el análisis de fallas fueron Bishop y Janbu mientras se utilizó el programa Macstars, mientras que la hoja de cálculo utilizó los métodos de Felenius y Janbu.

El cálculo realizado presenta las unidades geotécnicas involucradas adoptando un modelo de falla e integrando los factores que condicionan la estabilidad como:

- Propiedades del comportamiento físico-mecánico del muro de contención
- Condiciones geométricas del muro (cimentación y taludes)
- Condiciones geométricas del refuerzo (relleno estructural, paramento frontal y plano de refuerzo horizontal)
- Condiciones geotécnicas (suelo de cimentación, rellenos)
- Condiciones de agua subterránea o filtraciones.

Las propiedades de los materiales involucrados en el diseño del muro de contención Figuran en la Tabla 2-2, mientras que el Anexo I muestra el informe de laboratorio completo y el Anexo II los resultados de los análisis de estabilidad realizados.

**Tabla 2-2**  
**Parámetros Físicos y Mecánicos de Materiales**

Material	Densidad (Ton/m <sup>3</sup> )	C (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ø (°)
Roca	1.69	3.10	36.0
Concreto	2.40	2.00	40.0
Relleno Estructural	1.50	0.20	37.0
Piedra	1.70	0.20	40.0

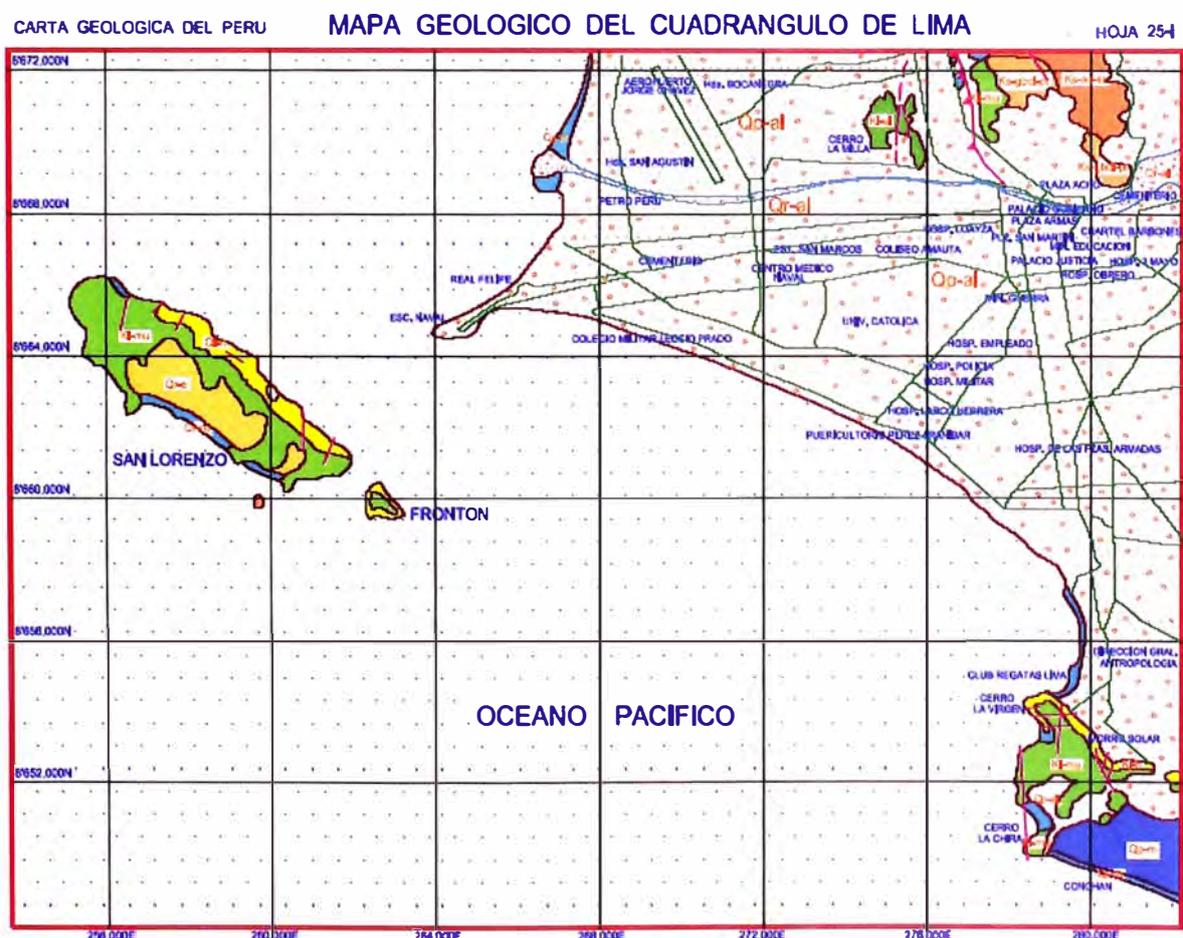


Ilustración 2.23. Mapa geológico del cuadrángulo de Lima

Para la verificación de la estabilidad del muro de contención se utilizaron los factores de seguridad mínimos recomendados por la Norma E-050 para Suelos y

Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones, es decir, 1.50 para la condición estática y 1.25 para la condición pseudo-estática.

De acuerdo con el mapa de zonificación sísmica (Ilustración 2.24) y la Norma E-030 Sismo-Resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, el departamento de Lima está en zona de alta sismicidad, entre VII y IX en la escala de Mercalli Modificado.



Ilustración 2.24. Mapa de zonificación sísmica del Perú

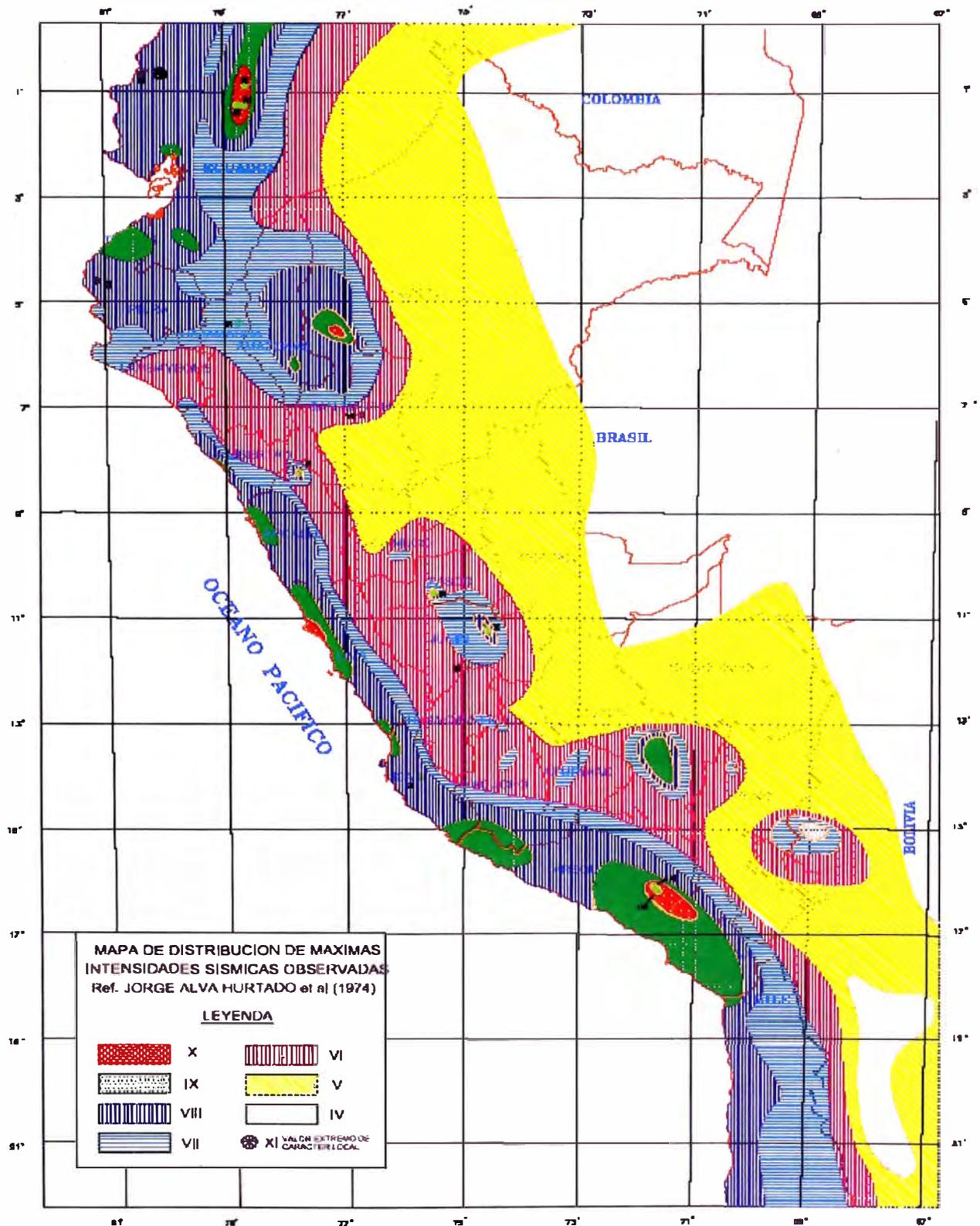


Ilustración 2.25. Mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú

La Ilustración 2.25 presenta el mapa de máximas intensidades sísmicas en el Perú. Estos valores tienen una buena correlación con el mapa de máximas intensidades sísmicas observadas (Alva, 1984) en el que se observa que las zonas de Tumbes, Piura, Lima, Arequipa, Tacna y el norte de Chile presentan intensidades entre VIII y IX en la escala de MM, mientras que la zona oriental presenta valores por debajo de V.

Además, se tomó como referencia una publicación del Ministerio de Energía y Minas para la variante de Cañete del Proyecto Camisea la cual ofrece datos de aceleraciones máximas para un período de retorno de 475 años en diversas ciudades al sur de Lima. La Tabla 2-3 muestra estos valores:

**Tabla 2-3**  
**Aceleraciones Máximas al Sur de Lima**

Lugar de Análisis	Aceleración Máxima (g)	Aceleración de Análisis (g)
Humay	0.42	0.22
Lurín	0.44	0.22
Chilca	0.43	0.22
Cañete	0.44	0.22
Chincha	0.43	0.22
Pisco	0.44	0.22

Nota: 1 g equivale a 981 cm/seg<sup>2</sup>.

La aceleración máxima esperada corresponde a la selección del evento sísmico, dependiendo del tipo de obra a ser construida, por ejemplo, se considera un período de retorno de 100 años para una estructura de 50 años de vida útil. Para el caso de muros de contención y terraplenes, la aceleración de análisis es igual al 50% del valor de la aceleración máxima y es este valor el que se considera dentro del análisis de estabilidad bajo condiciones pseudo-estáticas. Por lo tanto, para la zona del proyecto se consideró una aceleración de diseño de 0.22g.

La Tabla 2-4 muestra los resultados obtenidos para los análisis de estabilidad utilizando los métodos de Bishop y Janbu en el programa MacStars.

**Tabla 2-4**  
**Resultados del Análisis de Estabilidad utilizando MacStars**

Tipo de Análisis	Método de Bishop		Método de Janbu	
	Estático	Pseudo-Estático	Estático	Pseudo-Estático
	(a = 0.0g)	(a = 0.22g)	(a = 0.0g)	(a = 0.22g)
Estabilidad Interna	2.306	1.804	2.285	1.702
Estabilidad Global	19.154	13.019	17.216	11.232

La Tabla 2-5 muestra los resultados obtenidos con la hoja de cálculo para el análisis de estabilidad global e interna aplicando los métodos indicados para cada caso.

**Tabla 2-5**  
**Resultados del Análisis de Estabilidad utilizando MS Excel**

Tipo de Análisis	Estabilidad Interna		Estabilidad Global	
	Método de Fellenius	Método de Janbu	Verificación al Deslizamiento	Verificación al Volteo
	Resultados	4.40	3.47	6.36

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que el muro de contención planteado es estable tanto para condiciones estáticas como para pseudo-estáticas.

### **2.5.5 Presupuesto del Proyecto**

Como parte del estudio del muro de contención con el sistema Terramesh, se realizó un presupuesto de obra y un análisis de costos unitarios para el proyecto analizado, los cuales se encuentran adjuntos en el Anexo V (Presupuesto y Análisis de Costos Unitarios) del presente informe. La Tabla 2-6 muestra el resumen de las partidas consideradas.

**Tabla 2-6**  
**Resumen del Presupuesto de Obra**

Items	Monto Parcial (S/.)	Porcentaje de Incidencia (%)
Obras Preliminares	300.50	2.56
Movimiento de Tierras	3,829.18	32.57
Instalación del Sistema Terramesh	5,189.16	44.15
Estudio Geotécnico y de Control de Calidad	2,436.00	20.72
<b>TOTAL</b>	<b>11,754.84</b>	<b>100.00</b>

## CAPÍTULO 3

### ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

El programa de Aseguramiento de la Calidad en la construcción (CQA por sus siglas en inglés, Construction Quality Assurance) presenta todas las tareas que el ingeniero supervisor a cargo del control de calidad y del aseguramiento de la calidad debe desempeñar, haciendo hincapié en el monitoreo y ensayos a ser realizados de forma cuidadosa, durante la construcción de obras civiles en las que se involucre el uso de soluciones de suelo reforzado, en este caso particular, el sistema Terramesh.

El programa de CQA, incluye el control de los materiales que intervendrán en la obra, así como los procedimientos que se deberán seguir para cada una de las tareas a realizarse, entre las cuales tenemos el movimiento de tierras, instalación de sistemas de subdrenaje, colocación y armado de los elementos Terramesh, colocación de la roca en los gaviones, colocación y compactación del relleno estructural, manipuleo y colocación del geotextil, entre otras.

El objetivo principal del aseguramiento de la calidad en obra, es utilizar las técnicas y procedimientos de construcción apropiados para que el proyecto se desarrolle de acuerdo a las especificaciones y planos de diseño. Además, el de identificar y definir problemas que pudieran ocurrir durante la construcción y verificar que éstos se corrijan antes de finalizar la obra.

Antes de iniciar una obra, se deberá definir el responsable del control de calidad y el responsable del aseguramiento de la calidad. Esta tarea deberá recaer sobre el Cliente o Propietario. Es práctica común que los ensayos de control de calidad sean efectuados por el Contratista asignado para la ejecución de la obra o, por otra empresa calificada para esta tarea. Las tareas de aseguramiento de la calidad, normalmente recaen sobre una empresa especialmente calificada para este fin.

#### 3.1 El Ingeniero de CQA

El ingeniero o supervisor de CQA tiene la obligación y responsabilidad de implementar y hacer cumplir todos los elementos del Plan de CQA para garantizar que los trabajos de construcción se realicen en conformidad con los

garantizar que los trabajos de construcción se realicen en conformidad con los planos de diseño y las especificaciones técnicas. Para lograr esto, el ingeniero deberá hacer todo esfuerzo necesario para mantener una comunicación eficiente y efectiva con los encargados de la ejecución del proyecto.

Es importante resaltar que el ingeniero de CQA no está en la posición de dirigir los trabajos de construcción, sin embargo, éste podría asesorar al ejecutante para mejorar el progreso u optimizar los recursos en obra.

El ingeniero de CQA deberá tener una preparación académica formal en ingeniería civil, geotécnica, de minas o geología. Además de ello, es necesario que tenga experiencia en construcción con movimiento de tierras, conformación de terraplenes, instalación de geosintéticos y sistemas de drenaje, así como pruebas de laboratorio para suelos y geosintéticos.

El ingeniero de CQA podrá contar con asistentes de campo, capacitados para efectuar la inspección de las actividades que el proyecto comprenda. Los asistentes deberán llevar registros diarios de los ensayos de campo efectuados, avance diario de las diferentes actividades del proyecto, y presentarán informes al final del día, resumiendo las tareas realizadas por el ejecutor de la obra durante el turno correspondiente.

### **3.2 Reuniones de Coordinación**

La comunicación entre la supervisión, el ejecutor de la obra y todas las demás partes involucradas en el proyecto deberá ser permanente y eficiente. Estas reuniones tendrán como finalidad la coordinación de las actividades de obra, informes de progreso o deficiencias durante la construcción, de seguridad o cualquier otro tema de interés e importancia para el proyecto.

#### **3.2.1 Reunión Previa a la Construcción**

Antes de iniciar el proyecto, se deberá organizar una reunión entre el propietario, el supervisor o ingeniero de CQA y el contratista a cargo de la ejecución del proyecto. En esta reunión se tratarán los siguientes puntos:

- Revisión de las especificaciones y planos de construcción;
- Revisión de las tareas y responsabilidades del proyecto;

- Revisión de la programación del proyecto;
- Definición de los canales de comunicación y autoridad;
- Establecer procedimientos de información y documentación;
- Revisión de equipos y métodos de ensayo;
- Realizar una inspección de campo para revisar el área de trabajo, rutas de acceso y las instalaciones involucradas en el proyecto.

El ingeniero de CQA deberá emitir un documento con la lista de asistentes a la reunión, así como todos los puntos tratados y acordados en la misma. Luego, deberá entregar copias del documento a todos quienes asistieron a la reunión.

### **3.2.2 Reuniones de Avance Diarias o Semanales**

Diariamente, antes de iniciar las labores del día, se deberá llevar a cabo una reunión breve sobre el progreso de las actividades y las tareas planificadas para esa jornada de trabajo. Al final de la semana, se realizará otra reunión más formal, con una agenda definida por el ingeniero de CQA. La finalidad de estas reuniones será:

- Revisión de las actividades programadas para la semana finalizada;
- Discutir los problemas o dificultades encontradas durante la construcción;
- Revisión de los resultados de ensayos de campo realizados;
- Programación y revisión de los trabajos planificados para la semana siguiente, así como las medidas a tomar para mejorar la productividad.

El ingeniero deberá asistir a estas reuniones llevando consigo copias de los reportes diarios de la semana finalizada, así como un resumen de los resultados de ensayos de laboratorio y de campo efectuados en el mismo periodo de tiempo.

### **3.2.3 Reuniones por Deficiencia en el Trabajo**

Si las circunstancias lo requieren, se llevarán a cabo reuniones orientadas a tratar problemas específicos o deficiencias surgidas durante la construcción y que no puedan ser resueltas fácilmente. A esta reunión deberán asistir el ingeniero de CQA, sus supervisores asistentes, el representante del cliente y el contratista. La finalidad de estas reuniones es:

- Identificar la naturaleza, alcance y posibles causas del problema;
- Estudiar medidas necesarias para corregir los problemas o deficiencias; y
- Establecer una solución e implementarla adecuadamente.

El ingeniero registrará esta reunión en un documento que incluya los problemas tratados así como las soluciones planteadas. Este documento deberá ser distribuido a todas las partes participantes y luego archivarse.

### **3.3 Aseguramiento de la Calidad de los Materiales**

Durante la construcción de muros de refuerzo utilizando el sistema Terramesh, se requiere de la utilización de una serie de materiales que van desde los alambres que conforman las mallas hexagonales hasta las piedras de las cajas de gaviones y el suelo que servirá como relleno estructural. Todos estos materiales deberán cumplir los parámetros mínimos establecidos por las especificaciones técnicas del proyecto, las cuales a su vez, tendrán como base las normas para ensayos y procedimientos aplicables, así como las recomendaciones del fabricante.

A continuación se darán los lineamientos generales que garanticen el estricto cumplimiento de las especificaciones técnicas de los materiales:

#### **3.3.1 Elemento Terramesh**

El elemento Terramesh deberá mantener la forma prismática en su malla, la cual a su vez, deberá estar en adecuadas condiciones que garanticen su buen funcionamiento y durabilidad.

Antes del inicio de la instalación de los elementos, el contratista deberá entregar al propietario los certificados de conformidad firmados por un representante del fabricante del material y el mismo contratista, certificando que el material recibido cumple con todos los requerimientos especificados en las especificaciones técnicas. Los certificados de conformidad deberán mostrar los resultados de todos los ensayos efectuados para cada propiedad del material.

Si el ingeniero de CQA lo considera necesario, se podrá efectuar un programa complementario de ensayos de laboratorio, como verificación de lo presentado. La presentación de los elementos Terramesh enviados al lugar de la obra, se muestra en la Ilustración 3.1.



Ilustración 3.1. Elementos Terramesh entregados en obra

### **3.3.2 Relleno de las Cajas**

La piedra a ser utilizada como relleno de las cajas de los elementos Terramesh deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones técnicas del proyecto. El ingeniero de CQA inspeccionará visualmente la calidad de la piedra, sus dimensiones, formas y que haya cierta uniformidad en el material.

La fuente de préstamo de este material también deberá ser inspeccionada por el ingeniero de CQA, asegurándose que la cantera cuenta con su aprobación y que no se está explotando otra ubicación sin su previa autorización. La Ilustración 3-2 muestra el apilamiento de piedra en el lugar del proyecto.

### **3.3.3 Geotextil No Tejido**

Antes que la construcción empiece, el Ingeniero de CQA deberá recibir una copia del certificado de control de calidad de cada uno de los rollos de geotextil fabricado para este proyecto. Estos certificados deberán incluir una declaración que indique que el geotextil entregado está libre de agujas y cualquier otro material que pueda resultar perjudicial.



Ilustración 3.2. Apilamiento de piedra en el lugar del proyecto

Los rollos de geotextil deberán ser convenientemente embalados y embarcados hacia la zona del proyecto utilizando medios adecuados, a fin de evitar daño alguno. El desembarque se realizará en presencia del Ingeniero, quien informará de cualquier daño producido durante esta tarea. Todo el geotextil entregado en el sitio deberá ser registrado en un formato que contenga la lista completa de rollos recibidos, número de rollo, número de lote de fabricación, así como los correspondientes certificados de calidad.

La Ilustración 3-3 muestra la identificación de un rollo de geotextil con el tipo de geotextil y las dimensiones del rollo.

En caso de tener uno o más rollos de geotextil dañados, estos deberán ser separados de aquellos que no estén dañados hasta que el Ingeniero de CQA determine la gravedad del daño y autorice o desaproebe el uso de éstos rollos.

El geotextil deberá ser almacenado en una zona aprobada por el Ingeniero, la cual deberá proteger al geotextil de perforaciones, precipitaciones, polvo, grasa, agua, abrasión mecánica, exposición directa a la luz solar o cualquier otro daño.

El contratista deberá utilizar equipo de manipuleo adecuado para cargar, mover o desplegar el material de forma tal que éste no sufra daños durante su manejo.

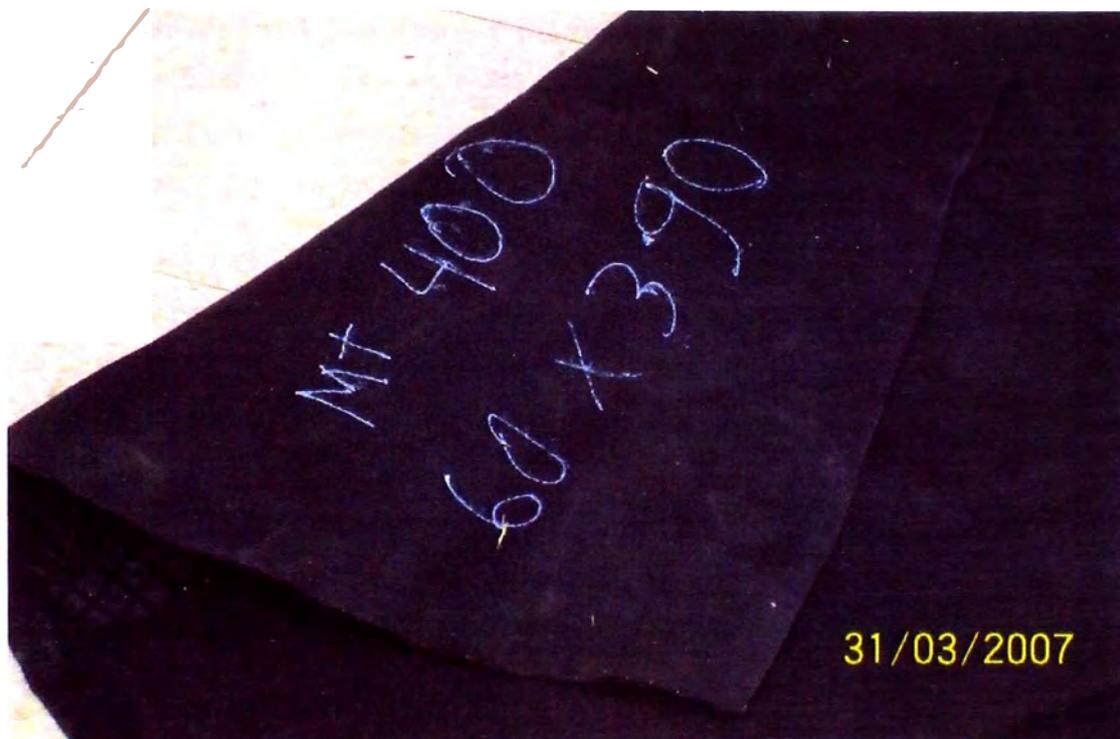


Ilustración 3.3. Identificación de un rollo de geotextil

Una vez que la entrega esté en conformidad, el Ingeniero de CQA tomará muestras de geotextil por cada 10,000 metros cuadrados de geotextil entregado. Las muestras a ser tomadas de los rollos no deberán incluir el primer metro del rollo. Las muestras deberán tener un ancho de 1 metro y una longitud igual al ancho del rollo.

El Ingeniero marcará en cada rollo los siguientes datos: nombre del fabricante, identificación del producto, número de lote, número y dimensiones de rollo.

El contratista proporcionará el personal y equipos necesarios para la obtención de las muestras, las cuales se deberán obtener en presencia del Ingeniero. Las pruebas de conformidad que deberán realizarse son:

- Masa por Área Unitaria (ASTM D-3776);
- Tensión de Agarre / Elongación (ASTM D-4632);
- Resistencia al Punzonamiento (ASTM D-4833);

- Permeabilidad (ASTM D-4491); y
- Tamaño Aparente de Abertura (ASTM D-4751).

Es responsabilidad del propietario y del contratista, garantizar que los materiales estén disponibles en obra con la anticipación suficiente que le permita al Ingeniero de CQA realizar las pruebas de conformidad al geotextil sin que esto represente un retraso al avance de la obra.

El ingeniero de CQA no permitirá la instalación de geotextil hasta que todas las pruebas de conformidad hayan sido concluidas de forma satisfactoria con resultados adecuados, a menos que el propietario lo apruebe por escrito, asumiendo la responsabilidad de este hecho.

Durante la colocación del geotextil, el Ingeniero de CQA deberá:

- Supervisar el despliegue de geotextil, registrando todo defecto y sus respectivas disposiciones (rechazos, parches, etc.);
- Verificar que el equipo utilizado no cause daños al geotextil;
- Controlar que el personal que trabaja con el geotextil no realice actividades que puedan dañarlo;
- Asegurarse que los paneles de geotextil sean anclados debidamente para evitar que se muevan por la acción del viento;
- Verificar que las uniones sean traslapadas en conformidad con las especificaciones técnicas del proyecto;

Durante el despliegue, el contratista y el Ingeniero de CQA inspeccionarán el geotextil desplegado en busca de materiales extraños que puedan dañar el material, el material subyacente o el material a ser desplegado sobre el geotextil (si fuese el caso). Así mismo, se deberán reconocer deficiencias sobre la superficie desplegada para su inmediata reparación. El Ingeniero notificará al contratista sobre cualquier área que tenga problemas e inspeccionará las reparaciones, registrando toda la información pertinente en hojas de registro y los respectivos informes diarios.

#### **3.3.4 Relleno Estructural**

El material de relleno estructural deberá ser apilado en una zona libre de materiales que puedan contaminar el material, como grasa, humedad excesiva,

agua empozada, material de desmonte u otros desechos, entre otros que puedan ser considerados peligrosos por el Ingeniero de CQA. La Ilustración 3-4 muestra el apilamiento del material de relleno estructural en un área cercana a la zona del muro de contención.



Ilustración 3.4. Apilamiento de material de relleno estructural

La colocación del relleno estructural deberá ser inspeccionada por el contratista y el Ingeniero de CQA durante su transporte, esparcido y nivelado de acuerdo al espesor de las capas indicado en las especificaciones técnicas del proyecto.

La compactación de la capa de relleno estructural deberá realizarse una vez se hayan conseguido alcanzar los niveles indicados y utilizando los equipos de compactación que cuenten con la aprobación del Ingeniero de CQA

Una vez que la compactación de una capa de material de relleno estructural ha sido terminada, el contratista notificará al Ingeniero de CQA para realizar las pruebas de densidad y humedad de campo requeridas, de acuerdo a la frecuencia indicada en las especificaciones técnicas. Si los resultados de las pruebas de conformidad son positivos, el Ingeniero dará por aprobada la capa y el contratista podrá empezar con la colocación de la siguiente.

### **3.4 Aseguramiento de la Calidad de la Construcción**

Esta sección establece los requerimientos de cada uno de los trabajos involucrados con la construcción de un muro de contención utilizando el sistema Terramesh, es decir movimiento de tierras, colocación de elementos Terramesh, colocación y compactación de relleno estructural y colocación de geotextil.

#### **3.4.1 Excavaciones**

El ingeniero deberá estar presente durante la excavación del terreno para observar la estabilidad de los taludes, verificar los niveles de subrasante deseados y garantizar que todos los trazos en campo siguen fielmente las indicaciones de los planos de diseño. Con respecto a la estabilidad de los taludes de corte, el ingeniero deberá supervisar estrictamente que éstos sean estables y que permanezcan estables durante todo el proceso de construcción. Si fuese necesario, el ingeniero tomará muestras de los taludes para realizar ensayos y análisis geotécnicos de adicionales.

Todo material proveniente de las excavaciones deberá ser apilado en una zona previamente acordada y aprobada por el ingeniero en coordinación con el cliente, para su posterior utilización o disposición final. Todo apilamiento conformado deberá ser considerado para la elaboración de los planos post-construcción.

#### **3.4.2 Nivelación de la Superficie**

Los trabajos de nivelación se iniciarán sólo cuando se hayan terminado los trabajos de excavación masiva y con la aprobación del ingeniero de CQA. La superficie de nivelación deberá tener los niveles mostrados en los planos de diseño, utilizando los métodos aprobados de corte y relleno.

El material utilizado como relleno estructural durante los trabajos de nivelación de la superficie deberá cumplir con los requerimientos establecidos en las especificaciones técnicas del proyecto, esto incluye granulometría, índices de plasticidad, cohesión y ángulo de fricción, entre otras. El material deberá tener el contenido de humedad y porcentaje de compactación especificado y será colocado en capas sueltas de forma tal que, después de ser compactadas, tengan el espesor recomendado en las especificaciones técnicas. Una vez que se ha terminado con la colocación y compactación de una capa de material, el

ingeniero verificará el estado y compactación de la misma, primero mediante inspección visual y luego con ensayos de densidad de campo, en la frecuencia establecida en las especificaciones técnicas.

Una vez que los trabajos de nivelación del terreno han sido terminados, el ingeniero y el contratista deberán inspeccionar el área trabajada. Si la superficie se encuentra en conformidad con los niveles deseados, pruebas de campo efectuadas y la opinión del ingeniero, éste dará la zona por aprobada. El propietario podría formar parte de esta etapa de aprobación, si así lo deseara.

El contratista deberá descubrir por cuenta propia cualquier zona que haya sido cubierta con material de relleno sin antes haber sido inspeccionada y/o aprobada por el ingeniero de CQA. De igual forma, cualquier retraso producido por alguna deficiencia en los trabajos correrá por cuenta del contratista, sin representar costo alguno para el propietario, ni será considerado como causal para solicitar ampliaciones en el plazo de ejecución de la obra.

### **3.4.3 Colocación de los Elementos Terramesh**

Los elementos Terramesh deberán ser transportados a la zona de trabajo tratando de evitar cualquier daño que pueda ocurrir mientras se realice el carguío, transporte y/o descarga.

Antes de colocar el primero de los elementos, el ingeniero de CQA deberá asegurarse que todos éstos se encuentran en perfectas condiciones, sin defectos en el alambre o el tejido que da forma a los elementos. El recubrimiento de PVC del alambre deberá mantener su espesor y condiciones óptimas para cumplir la función de protección al alambre central de acero.

Una vez que los elementos hayan sido desplegados y conformados de la forma en la que serán colocados en su ubicación definitiva, el ingeniero de CQA deberá inspeccionar cada una de sus aristas, asegurándose que no existan deficiencias o zonas deterioradas. Así mismo, el terreno que recibirá los elementos deberá estar libre de superficies rugosas y/o materiales que pudieran dañar la base de los elementos, al momento que éstos son colocados.

Los elementos Terramesh serán fijados unos a otros por medio del alambre de amarre que deberá ser suministrado por el mismo proveedor de la malla

hexagonal. El amarre deberá cumplir lo establecido en el procedimiento constructivo y las especificaciones técnicas.

#### **3.4.4 Llenado de las Cajas de los Elementos Terramesh**

Antes de empezar con la colocación de la piedra dentro de las cajas de gaviones, el ingeniero de CQA llevará a cabo los ensayos de laboratorio contemplados en las especificaciones técnicas del proyecto y una vez que los resultados de éstos corroboren la calidad del material, el ingeniero emitirá la aprobación y autorizará su utilización. Los ensayos que deberán realizarse a la piedra y la frecuencia en que deberán ser realizados, Ilustración en la Tabla 3-7.

Durante todo el proceso de colocación de las piedras, el ingeniero de CQA observará que el personal del contratista no dañe los elementos Terramesh, ni las costuras de los mismos. Las piedras deberán ser colocadas cuidadosamente y no dejándolas caer bruscamente sobre la malla, tensores u otros elementos que puedan verse afectados; tal y como lo muestra la Ilustración 3.5.



Ilustración 3.5. Colocación de la piedra dentro de las cajas de gaviones

### 3.4.5 Colocación del Geotextil de Separación

El geotextil deberá ser no tejido y se colocará entre la cara interna de las cajas de gaviones llenas y el relleno estructural, tal como muestra la Ilustración 3.6. La función de este geotextil será de separación de materiales evitando que materiales finos del relleno estructural pasen a través de los gaviones, los cuales están llenos de piedras, formando una pared altamente permeable.



Ilustración 3.6. Colocación del geotextil de separación

El geotextil no tejido será cortado en paños de longitud equivalente a la longitud del muro a construir y con un ancho igual a la altura del gavión más 50 cm de material a desplegarse antes de colocar el relleno estructural y otros 50 cm que irán sobre la última capa del relleno ya colocado y compactado. Es decir, para gaviones de 0.50 metros de altura, tendremos paneles de geotextil de 1.50 m de ancho, mientras que para gaviones de 1 metro de altura, el ancho de los paneles será de 2 metros.

El ingeniero inspeccionará que el geotextil esté libre de agujas u otros materiales que puedan ser perjudiciales. Si el ingeniero nota la presencia de algún material perjudicial en el geotextil, éste podría rechazar todo el rollo. El geotextil será

desplegado sobre superficies libres de elementos que pudieran dañarlo, como rocas u otros elementos punzantes.

Una vez que los paneles de geotextil hayan sido colocados, y se proceda con la colocación de los alambres de amarre, el ingeniero deberá asegurarse que el geotextil no sea perforado, rasgado o dañado de alguna forma mientras se ejecuta esta actividad. Cualquier daño ocasionado al geotextil será reparado colocando un parche de geotextil de las mismas características, cubriendo toda el área dañada y por lo menos 15 cm adicionales de traslape con el material desplegado.

#### **3.4.6 Colocación del Relleno Compactado**

El material de relleno estructural deberá cumplir con lo estipulado en las especificaciones técnicas. El proceso de transporte, esparcido, nivelado y compactado deberá ser inspeccionado por el ingeniero y por el contratista, asegurándose que los espesores de las capas de material están acordes con lo establecido en las especificaciones técnicas.

Una vez concluida la compactación de una capa de relleno estructural, y antes de iniciar con la colocación de la siguiente capa, el contratista deberá notificar al ingeniero de CQA para que se realicen las respectivas pruebas de densidad y humedad requeridas, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 3-7.

Después que el ingeniero ha realizado las pruebas de campo sobre la capa compactada, y si los resultados de éstas son satisfactorios, la capa será aprobada y se procederá con la colocación del material de la siguiente capa.

El proceso de compactación de la última capa de material de relleno estructural es visualizado en la Ilustración 3-7; mientras que la Ilustración 3-8 muestra la realización de una prueba de densidad in-situ con el cono de arena, para verificar el grado de compactación de la capa de relleno estructural compactado.

A continuación, la Tabla 3-7 que indica las frecuencias de los ensayos de campo para los materiales de relleno estructural y de enrocado.



Ilustración 3.7. Compactación del material de relleno estructural

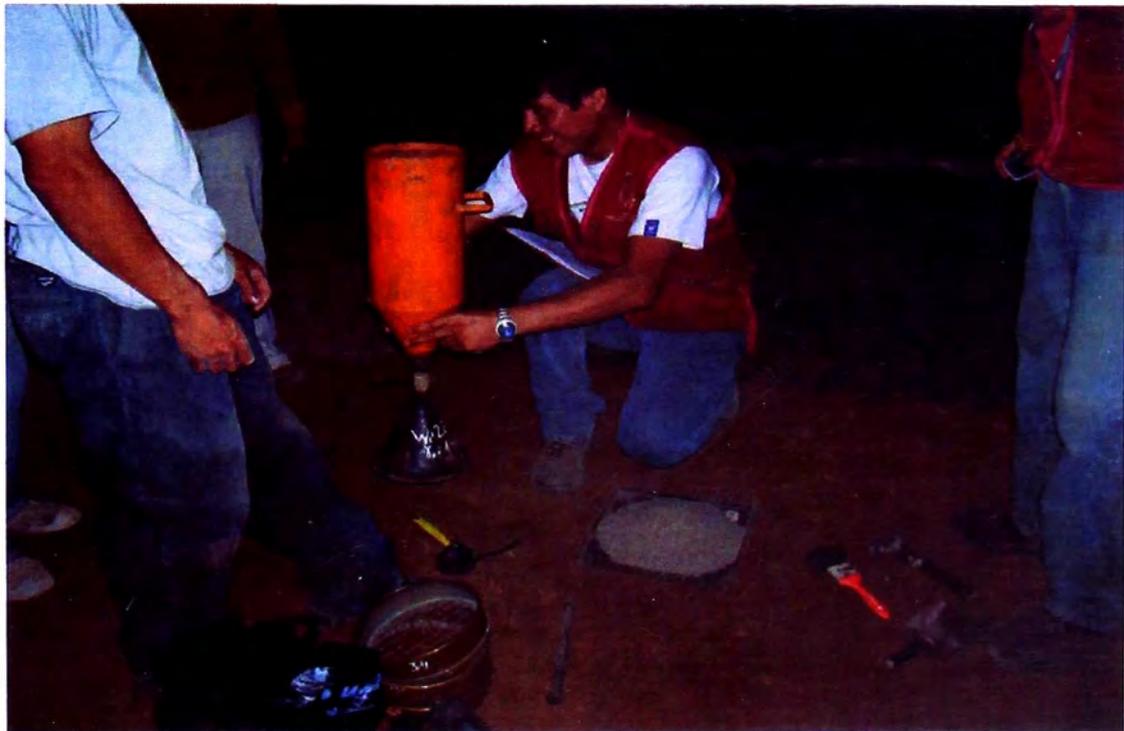


Ilustración 3.8. Realización de pruebas de densidad in-situ (cono de arena)

**Tabla 3-7**  
**Frecuencias de Ensayos de Campo**

Descripción del Ensayo	Norma ASTM	Relleno Estructural	Material de Enrocado
Granulometría	D-422	1/material o 1/10,000 m <sup>3</sup>	Visualmente continuo
Límites de Attergerb	D-4318	1/material o 1/10,000 m <sup>3</sup>	1/material o 1/10,000 m <sup>3</sup>
Próctor Estándar	D-698	1/material, c/punto de control o 1/10,000 m <sup>3</sup>	NA
Densidad y Humedad con Densímetro Nuclear	D-2922	1/1,000 m <sup>3</sup>	NA
Densidad con Cono de Arena	D-1556	1 ensayo por cada 20 ensayos nucleares	NA
Humedad en Horno	D-4959	1 ensayo por cada 4 ensayos nucleares	NA
Índice de Carga Puntual	D-5731	NA	1/material o 1/10,000 m <sup>3</sup>

Notas:

1. Las correlaciones entre los ensayos de Densímetro Nuclear, contenido de humedad con horno y ensayo de cono de arena deberán realizarse en concordancia con los procedimientos estándar ASTM.
2. Las muestras para determinar la humedad con horno deberán ser tomadas por cada ensayo de densímetro nuclear hasta establecer una correlación, con un mínimo de 10 por tipo de suelo. Una vez establecida la correlación se deberá ensayar la humedad al horno con la frecuencia especificada.

## CONCLUSIONES

- Esta investigación ofrece la posibilidad de utilizar una nueva alternativa para muros de contención utilizando el suelo reforzado. El sistema Terramesh representa una interesante opción, siempre y cuando se tenga un diseño correctamente elaborado y la construcción sea efectuada respetando el diseño y las especificaciones del proyecto.
- Dada la simplicidad del procedimiento constructivo, el ejecutor no requerirá de mano de obra calificada o de equipos especiales para poder completar los trabajos de construcción. El personal sin experiencia logra adaptarse a los procedimientos constructivos con mucha facilidad y en poco tiempo se alcanza un nivel de productividad acorde con los rendimientos habituales para este tipo de obras.
- El Aseguramiento de la Calidad en la Construcción de este tipo de obras (como en general, en cualquier tipo de obra civil) es de suma importancia para poder garantizar el fiel cumplimiento de lo establecido en los informes de diseño, los planos del proyecto, las especificaciones técnicas y las recomendaciones del diseñador.
- El resultado de la inversión en un programa de Aseguramiento de la Calidad en la Construcción se ve reflejado a lo largo del tiempo de funcionamiento del proyecto, al tener una estructura cuya vida útil es mayor al de una que no ha sido construida bajo un programa de aseguramiento de calidad.
- A pesar de la simplicidad del método constructivo de este tipo de obras, el encargado del aseguramiento de la calidad del proyecto debe estar supervisando permanentemente todos los aspectos concernientes a la obra, ya que, en cada una de las partidas hay una serie de factores de cuidado que deben ser estrictamente verificados.
- Aunque los supervisores de aseguramiento de la calidad no tienen bajo su responsabilidad el control de la productividad o avance de la obra, éstos sirven como un apoyo adicional a la empresa ejecutora de la obra, debido a su amplio conocimiento de los proyectos en ejecución, pudiendo aportar sugerencias para optimizar los recursos y materiales durante la construcción del proyecto.

- El aseguramiento de la calidad de un proyecto no sólo garantiza el correcto funcionamiento de una instalación, sino también evita las fallas o el colapso de estructuras que podrían ser altamente peligrosas para las comunidades o el medio ambiente, como las estructuras de almacenamiento de materiales peligrosos; por mencionar una.

## RECOMENDACIONES

- En general, se recomienda que los proyectos de toda índole, cuenten con un programa de Aseguramiento de la Calidad en la Construcción llevado de forma adecuada para garantizar el cumplimiento del diseño original, los planos de diseño y las especificaciones técnicas de un proyecto.
- Aunque muchas empresas constructoras tienen personal calificado para realizar los trabajos de control de calidad de sus proyectos, se debería solicitar una supervisión externa, no asociada al ejecutor de la obra, que pueda corroborar y verificar las prácticas y resultados por parte del personal de control de calidad de la empresa ejecutora del proyecto.
- La supervisión de CQA deberá empezar antes que los materiales lleguen al lugar del proyecto, verificando la condición de los mismos a través de los certificados de calidad que deberán ser proporcionados por el fabricante antes de la llegada de los materiales a obra; así como las pruebas de conformidad en laboratorio que se consideren necesarias.
- Los procedimientos constructivos ejecutados siempre deberán seguir lo indicado en las especificaciones técnicas del proyecto y las prácticas comunes de la ingeniería, teniendo en consideración mantener en todo momento la calidad de la obra, la productividad de las tareas en ejecución y las medidas de seguridad aplicables.
- Cualquier tarea que el Ingeniero de CQA considere por debajo de los niveles aceptables, indicados en el informe de diseño y/o las especificaciones técnicas, deberá ser reportada y rechazada, para posteriormente exigir las medidas correctivas necesarias para enmendarla.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- American Society for Testing and Materials (ASTM).
- Lambe, William y Whitman, Robert; Mecánica de Suelos. Wiley, USA, 1969.
- Maccaferri del Perú S.A.C.; Diseño de Estructuras de Suelo Reforzado “Sistema Terramesh”, Lima – Perú, 2007.
- Maccaferri América Latina; Estructuras de Tierra Reforzada.
- Maccaferri América Latina; Especificaciones Técnicas del Terramesh System, 2001.
- Rico y Del Castillo; Mecánica de Suelos en las Vías Terrestres. Limusa, México, 1987.
- Reglamento Nacional de Construcciones, Norma E.050 de Suelos y Cimentaciones

**Anexo I**

**Ensayos de Laboratorio**

Nombre del Proyecto: **MURO DE SUELO REFORZADO**

Cliente: **TITULACIÓN UNI - GRUPO No 5**

N° de Proyecto: --

N° Informe de Lab : --

Ubicación: **UNI - Facultad de Ingeniería de Minas**

Solicitado por: **Juan M. Sanchez**

N° de muestra : **Relleno Estructural**

Fecha: **03/Abr/2007**

Descripción / Zona: --

Partículas >3" (%) : ---

Grava (%) : 37.8

Arena (%) : 33.9

Limos y Arcillas (%) : 28.3

Limites de Atterberg:

LL (%) : 18

LP (%) : 14

IP (%) : 4

Humedad (%) : 4.7

Clasificación SUCS : **GC-GM**

D10 : 0.08

D30 : 0.08

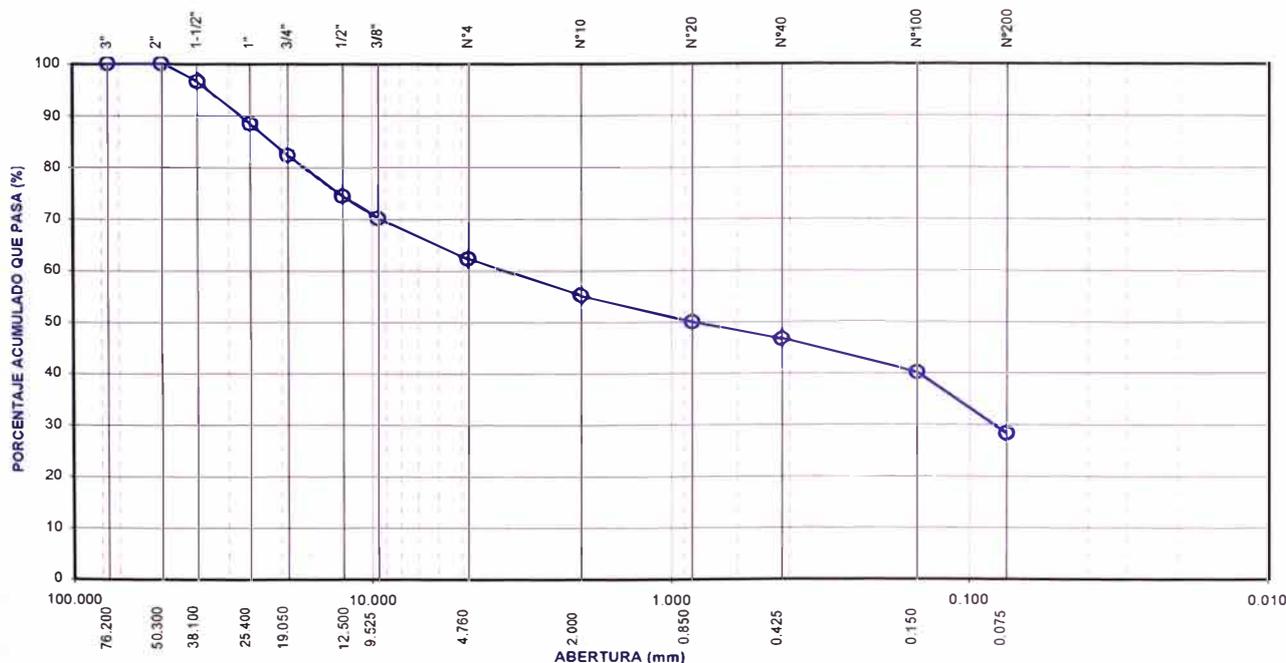
D60 : 3.62

Cu :

Cc :

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	100.0
1 1/2"	38.100	96.4
1"	25.400	88.4
3/4"	19.050	82.3
1/2"	12.500	74.4
3/8"	9.525	70.1
Nº4	4.760	62.2
Nº10	2.000	55.2
Nº20	0.850	50.0
Nº40	0.425	46.6
Nº100	0.150	40.1
Nº200	0.075	28.3

CURVA GRANULOMÉTRICA



Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JYCh

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

--

Nombre del Proyecto: **MURO DE SUELO REFORZADO**

Cliente: **TITULACIÓN UNI - GRUPO No 5**

N° de Proyecto: --

N° Informe de Lab : --

Ubicación: **UNI - Facultad de Ingeniería de Minas**

Solicitado por: **Juan M. Sanchez**

N° de muestra : **Relleno Estructural**

Fecha: **03/Abr/2007**

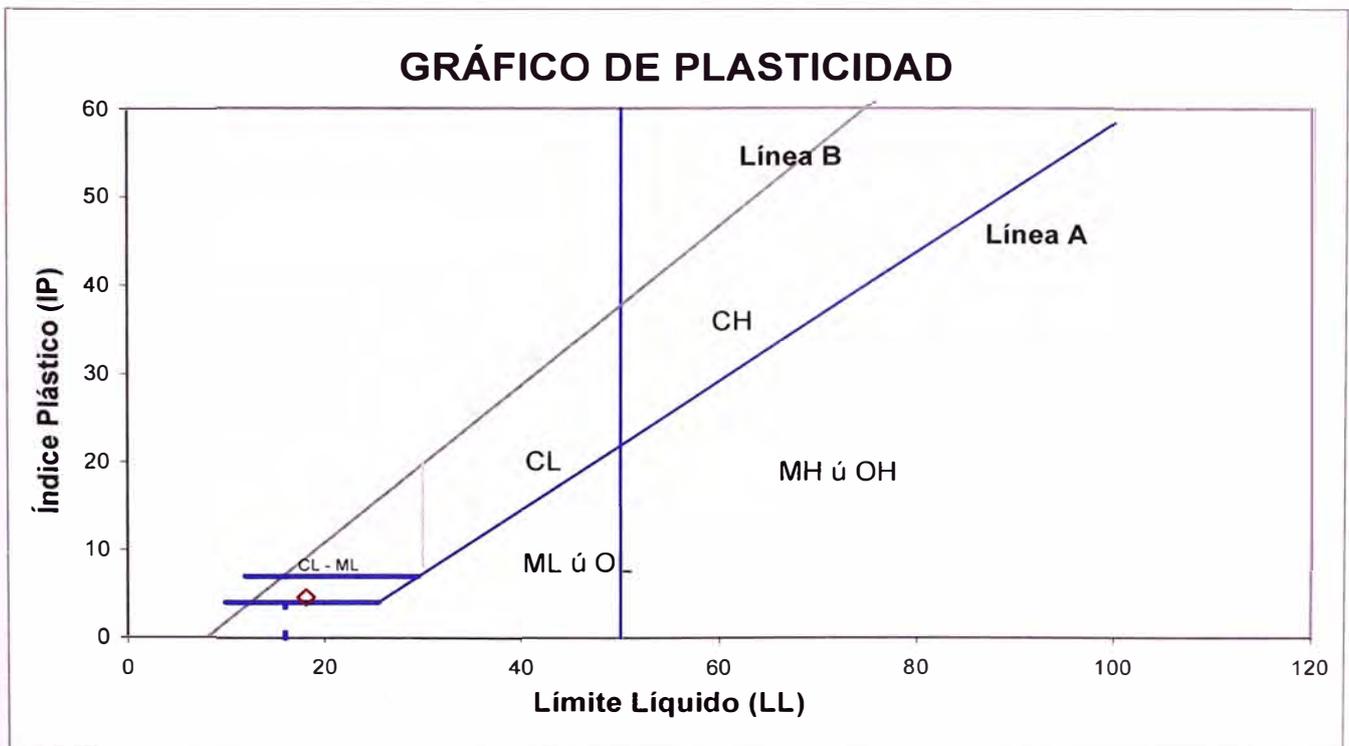
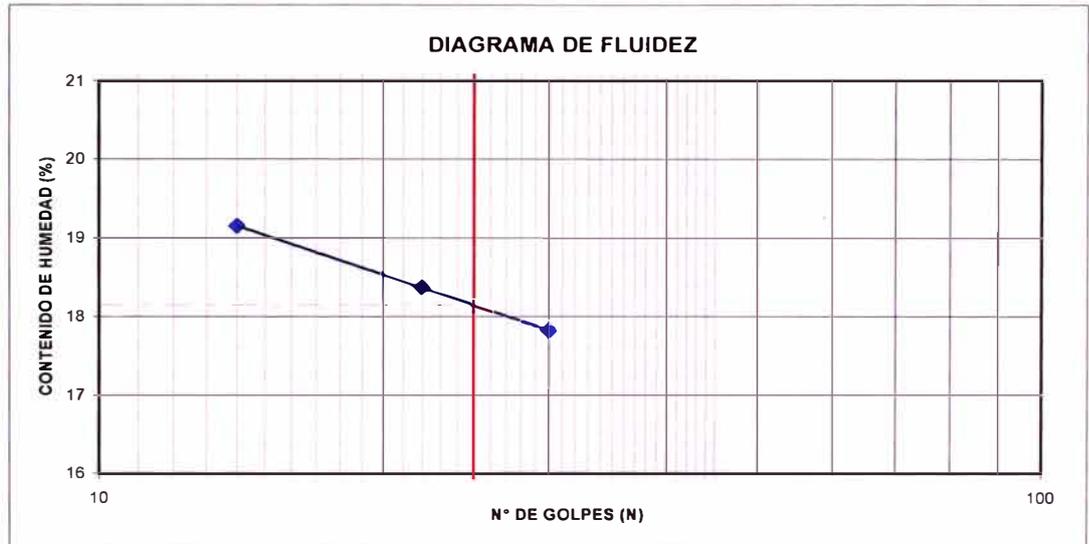
Descripción / Zona: --

### Límites de Atterberg

**LL (%): 18**

**LP (%): 14**

**IP (%): 4**



Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JYCh

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Nombre del Proyecto: **MURO DE SUELO REFORZADO**

Cliente: **TITULACIÓN UNI - GRUPO No 5**

N° de Proyecto: ---

N° Informe de Lab : --

Ubicación: **UNI - Facultad de Ingeniería de Minas**

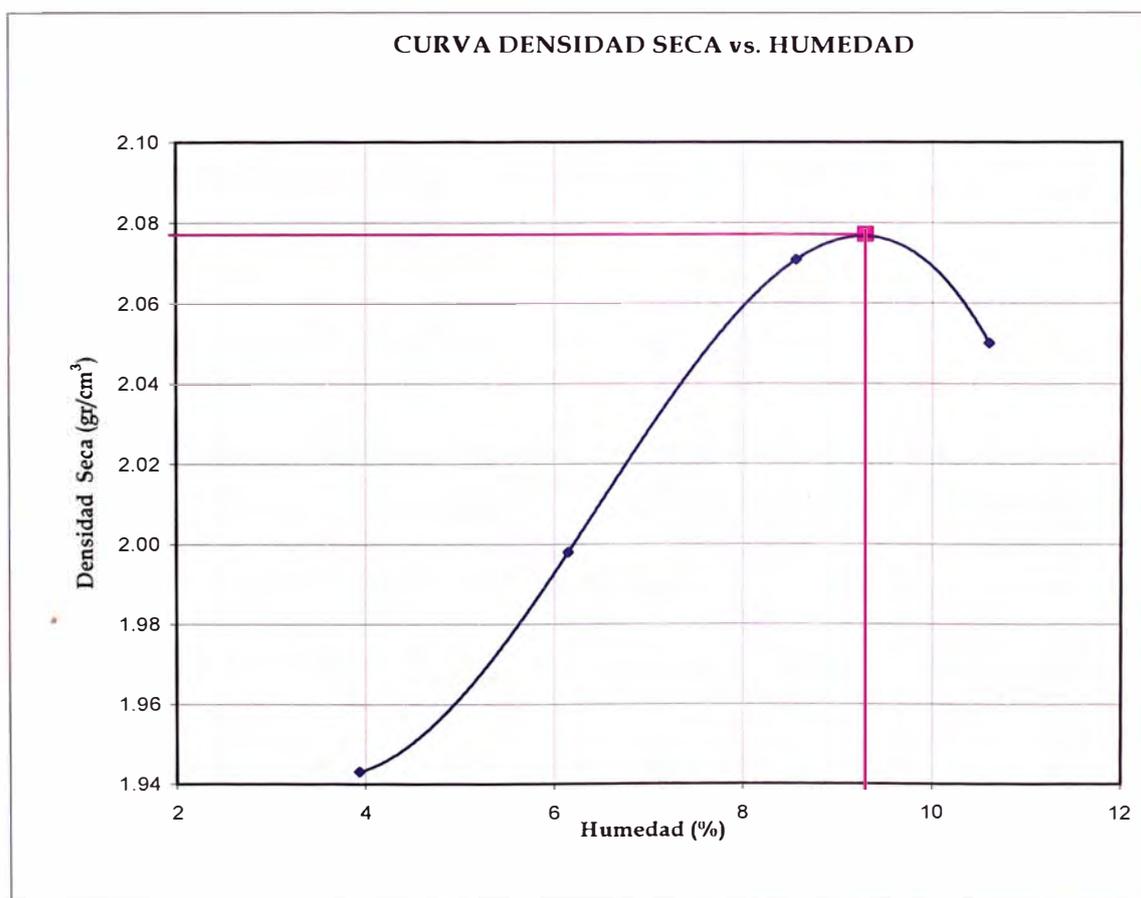
Solicitado por: **Juan M. Sanchez**

N° de muestra : **Relleno Estructural**

Fecha: **03/Abr/2007**

Descripción / Zona: --

Prueba N°	1	2	3	4	5
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.943	1.998	2.071	2.050	
Humedad(%)	3.9	6.1	8.6	10.6	



Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : **2.077**      Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm<sup>3</sup>) : **2.235**  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : **9.3**      Óptimo Contenido de Humedad Corregida (%) : **8.3**

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JYCh

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Nombre del Proyecto:	<b>MURO DE SUELO REFORZADO</b>	N° Informe de Lab :	--
Cliente:	<b>TITULACIÓN UNI - GRUPO No 5</b>	Solicitado por:	<b>Juan M. Sanchez</b>
N° de Proyecto:	--	Fecha:	<b>03/Abr/2007</b>
Ubicación:	<b>UNI - Facultad de Ingeniería de Minas</b>		
N° de muestra :	<b>Relleno Estructural</b>		
Descripción / Zona:	--		

<b>MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4</b>				
% Retenido en la Malla N° 4	P <sub>1</sub>	37.8		
N° de Prueba		1	2	
1) Peso de grava en agua S.S.S. en aire (gr)		963	990	
2) Peso de grava en agua S.S.S. en agua (gr)		591	609	
3) Peso de grava seca (gr)		948	977	Promedio
4) Gravedad Específica de Sólidos Apare (3) / [(3)-(2)]	G <sub>s1</sub>	2.66	2.65	2.66
5) Gravedad Específica de Sólidos Seca (3) / [(1)-(2)]		2.55	2.56	2.56
6) Gravedad Específica de Sólidos S.S.S. (1) / [(1)-(2)]		2.59	2.60	2.59
7) Absorción (%) [(1)-(3)] / (3) * 100		1.58	1.33	1.46

<b>MATERIAL PASA LA MALLA N° 4</b>				
% Pasa la Malla N° 4	P <sub>2</sub>	62.2		
1) N° de Fiola		1	2	
2) Peso de Fiola (gr)		182.2	180.2	
3) Peso de Muestra Seca (gr)		100.0	100.0	
4) Peso de Muestra Seca + Fiola (gr)		282.2	280.2	
5) Peso de Muestra Seca + Fiola + Agua (gr)		743.7	741.8	
6) Peso de Fiola + Peso de agua		680.5	678.1	
7) Gravedad Específica de Sólidos (3)/[(3)+(6)-(5)]	G <sub>s2</sub>	2.72	2.75	
8) Temperatura (°C)		23	23	
9) Corrección por Temperatura (K)		0.99933	0.99933	
10) Gravedad Específica de Sólidos Corre (7)*(9)	G <sub>s2</sub> (20°C)	2.73		

$$G_{s_{prom}} = \frac{1}{\frac{P_1}{100 \times G_{s1}} + \frac{P_2}{100 \times G_{s2} (20^\circ C)}}$$

$$G_{s_{prom}} = 2.70$$

**Nota:**

1) El G<sub>prom</sub> reportado está dado en función al Peso Especifico de Sólidos Aparente.

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente est

Realizado por:

JYCh

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

**ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL**

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Proyecto:	<b>MURO DE SUELO REFORZADO</b>	No Informe de Lab.:	---
Cliente:	<b>TITULACION UNI - GRUPO No 5</b>	Solicitado por:	<b>Juan M. Sanchez</b>
Nº de Proyecto	---	Fecha:	<b>16/Abr/2007</b>
Ubicación	<b>UNI - Facultad de Ingenieria de Minas</b>		
Nº de muestra	<b>Relleno Estructural</b>		
Descripcion/Zona:	---		

Estado : Remoldeado (densidad 1.967 gr/cm³)

Clasificación : **GC-GM**

Etapa	Inicial	Final
Altura (cm)	14.60	14.52
Diámetro (cm)	7.12	7.07
Humedad (%)	8.50	15.13
Densidad seca (gr/cc)	1.967	2.006

Velocidad (pulg/min)	0.01
Parámetro "B"	0.99
Presión de celda	KPa 376
Contra presión	KPa 276
Esf. Efect. Inicial	KPa 100

Deformación (%)	Esf. Desv. KPa	$\mu$ KPa	$\sigma_3$ KPa	$\sigma_1$ KPa	$\bar{p}$ KPa	$\bar{q}$ KPa	$\bar{q} / \bar{p}$	Oblicuidad ( $\sigma_1 / \sigma_3$ )
0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	1.00
0.05	52.10	6.21	93.79	145.90	119.85	26.05	0.22	1.56
0.10	78.11	10.34	89.66	167.77	128.71	39.06	0.30	1.87
0.19	106.32	15.86	84.14	190.46	137.30	53.16	0.39	2.26
0.35	132.13	20.68	79.32	211.44	145.38	66.06	0.45	2.67
0.49	165.77	27.58	72.42	238.19	155.31	82.89	0.53	3.29
0.73	193.49	35.16	64.84	258.33	161.58	96.74	0.60	3.98
0.97	203.11	38.61	61.39	264.50	162.95	101.56	0.62	4.31
1.22	210.45	36.54	63.46	273.91	168.68	105.23	0.62	4.32
1.46	212.16	43.44	56.56	268.73	162.65	106.08	0.65	4.75
1.70	210.53	45.51	54.49	265.02	159.76	105.26	0.66	4.86
1.97	208.86	46.19	53.81	262.66	158.23	104.43	0.66	4.88
2.45	202.29	49.64	50.36	252.65	151.50	101.15	0.67	5.02
2.94	200.18	50.33	49.67	249.85	149.76	100.09	0.67	5.03
3.43	196.99	52.40	47.60	244.59	146.09	98.49	0.67	5.14
3.91	193.82	53.09	46.91	240.73	143.82	96.91	0.67	5.13
4.40	191.75	54.47	45.53	237.28	141.41	95.88	0.68	5.21
4.89	190.77	55.85	44.15	234.93	139.54	95.39	0.68	5.32
5.88	187.72	57.23	42.77	230.49	136.63	93.86	0.69	5.39
6.85	184.72	57.92	42.08	226.80	134.44	92.36	0.69	5.39
7.83	182.79	58.61	41.39	224.18	132.79	91.39	0.69	5.42
8.82	180.82	59.98	40.02	220.84	130.43	90.41	0.69	5.52
9.79	177.87	59.98	40.02	217.88	128.95	88.93	0.69	5.44
10.77	176.96	60.67	39.33	216.28	127.80	88.48	0.69	5.50
11.74	175.02	60.67	39.33	214.35	126.84	87.51	0.69	5.45
12.72	174.08	61.36	38.64	212.72	125.68	87.04	0.69	5.51
13.73	175.00	62.05	37.95	212.95	125.45	87.50	0.70	5.61
14.67	174.06	62.05	37.95	212.01	124.98	87.03	0.70	5.59
15.64	173.03	62.74	37.26	210.29	123.77	86.52	0.70	5.64
16.61	172.92	62.74	37.26	210.18	123.72	86.46	0.70	5.64
17.59	171.84	63.43	36.57	208.41	122.49	85.92	0.70	5.70

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados pueden y deberían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Fecha:
TBP	TOM	CSM	16/Abr/2007

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Proyecto:	<b>MURO DE SUELO REFORZADO</b>	No Informe de Lab.:	---
Cliente:	<b>TITULACION UNI - GRUPO No 5</b>	Solicitado por:	<b>Juan M. Sanchez</b>
N° de Proyecto	---	Fecha:	<b>16/Abr/2007</b>
Ubicación	<b>UNI - Facultad de Ingenieria de Minas</b>		
N° de muestra	<b>Relleno Estructural</b>		
Descripción/Zona:	---		

Estado : Remoldeado (densidad 1.967 gr/cm³)

Clasificación : **GC-GM**

Etapa	Inicial	Final
Altura (cm)	14.63	14.54
Diámetro (cm)	7.12	7.04
Humedad (%)	8.50	14.69
Densidad seca (gr/cc)	1.964	2.022

Velocidad (pulg/min)	
0.01	
Parámetro "B"	0.99
Presión de celda	KPa 476
Contra presión	KPa 276
Esf. Efect. Inicial	KPa 200

Deformación (%)	Esf. Dev. KPa	$\mu$ KPa	$\sigma_3$ KPa	$\sigma_1$ KPa	$\bar{p}$ KPa	$\bar{q}$ KPa	$\bar{q} / \bar{p}$	Oblicuidad ( $\bar{\sigma}_1 / \bar{\sigma}_3$ )
0.00	0.00	0.00	200.00	200.00	200.00	0.00	0.00	1.00
0.05	54.84	6.89	193.11	247.94	220.52	27.42	0.12	1.28
0.10	95.91	13.10	186.90	282.81	234.86	47.96	0.20	1.51
0.19	127.77	19.99	180.01	307.78	243.89	63.89	0.26	1.71
0.35	198.19	38.61	161.39	359.58	260.49	99.10	0.38	2.23
0.49	233.18	48.95	151.05	384.22	267.64	116.59	0.44	2.54
0.73	279.13	62.05	137.95	417.08	277.51	139.56	0.50	3.02
0.97	314.67	70.33	129.67	444.34	287.01	157.33	0.55	3.43
1.22	338.73	79.29	120.71	459.44	290.08	169.37	0.58	3.81
1.46	350.29	82.74	117.26	467.55	292.41	175.14	0.60	3.99
1.70	357.29	86.18	113.82	471.11	292.46	178.65	0.61	4.14
1.96	359.71	88.25	111.75	471.45	291.60	179.85	0.62	4.22
2.45	361.27	91.01	108.99	470.26	289.62	180.63	0.62	4.31
2.93	360.58	93.08	106.92	467.50	287.21	180.29	0.63	4.37
3.42	359.87	94.46	105.54	465.42	285.48	179.94	0.63	4.41
3.91	358.06	95.84	104.16	462.23	283.19	179.03	0.63	4.44
4.39	355.16	97.91	102.09	457.25	279.67	177.58	0.63	4.48
4.88	353.35	98.60	101.40	454.76	278.08	176.68	0.64	4.48
5.87	348.60	101.35	98.65	447.25	272.95	174.30	0.64	4.53
6.84	345.00	103.42	96.58	441.58	269.08	172.50	0.64	4.57
7.81	341.40	104.80	95.20	436.60	265.90	170.70	0.64	4.59
8.80	337.74	106.18	93.82	431.56	262.69	168.87	0.64	4.60
9.77	335.17	107.56	92.44	427.61	260.02	167.58	0.64	4.63
10.75	333.59	108.94	91.06	424.66	257.86	166.80	0.65	4.66
11.72	329.96	109.63	90.37	420.33	255.35	164.98	0.65	4.65
12.69	328.32	110.32	89.68	418.01	253.85	164.16	0.65	4.66
13.70	326.51	110.32	89.68	416.19	252.94	163.25	0.65	4.64
14.64	323.94	111.01	88.99	412.93	250.96	161.97	0.65	4.64
15.61	321.21	111.70	88.30	409.52	248.91	160.61	0.65	4.64
16.58	320.37	111.70	88.30	408.68	248.49	160.19	0.64	4.63
17.55	318.52	112.38	87.62	406.14	246.88	159.26	0.65	4.64

Observaciones:  
Los parámetros de resistencia cortante reportados pueden y deberían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.

Realizado por: **TBP**      Ingresado por: **TOM**      Revisado por: **CSM**      Fecha: **16/Abr/2007**

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Proyecto:	<b>MURO DE SUELO REFORZADO</b>	No Informe de Lab.:	---
Ciente:	<b>TITULACION UNI - GRUPO No 5</b>	Solicitado por:	<b>Juan M. Sanchez</b>
Nº de Proyecto	---	Fecha:	<b>16/Abr/2007</b>
Ubicación	<b>UNI - Facultad de Ingeniería de Minas</b>		
Nº de muestra	<b>Relleno Estructural</b>		
Descripción/Zona:	---		

Estado : Remoldeado (densidad 1.967 gr/cm³)

Clasificación : **GC-GM**

Etapa	Inicial	Final
Altura (cm)	14.60	14.47
Diámetro (cm)	7.14	7.06
Humedad (%)	8.50	13.98
Densidad seca (gr/cc)	1.957	2.021

Velocidad (pulg/min)	0.01
Parámetro "B"	0.99
Presión de celda KPa	676
Contra presión KPa	276
Esf. Efect. Inicial KPa	400

Deformación (%)	Esf. Desv. KPa	$\mu$ KPa	$\sigma_3$ KPa	$\sigma_1$ KPa	$\bar{p}$ KPa	$\bar{q}$ KPa	$\bar{q} / \bar{p}$	Oblicuidad ( $\bar{\sigma}_1 / \bar{\sigma}_3$ )
0.00	0.00	0.00	400.00	400.00	400.00	0.00	0.00	1.00
0.05	87.48	6.89	393.11	480.58	436.85	43.74	0.10	1.22
0.10	141.94	11.72	388.28	530.22	459.25	70.97	0.15	1.37
0.19	229.17	24.82	375.18	604.35	489.77	114.59	0.23	1.61
0.35	352.28	52.40	347.60	699.88	523.74	176.14	0.34	2.01
0.49	436.63	77.91	322.09	758.72	540.40	218.31	0.40	2.36
0.73	525.83	117.90	282.10	807.93	545.01	262.91	0.48	2.86
0.97	570.69	144.10	255.90	826.59	541.24	285.34	0.53	3.23
1.22	593.99	162.72	237.28	831.27	534.28	296.99	0.56	3.50
1.46	605.96	176.51	223.49	829.46	526.48	302.98	0.58	3.71
1.70	610.05	187.54	212.46	822.52	517.49	305.03	0.59	3.87
1.97	608.43	195.12	204.88	813.31	509.09	304.22	0.60	3.97
2.45	606.52	205.46	194.54	801.05	497.80	303.26	0.61	4.12
2.94	603.49	213.74	186.26	789.75	488.01	301.74	0.62	4.24
3.43	596.07	219.25	180.75	776.82	478.78	298.04	0.62	4.30
3.91	589.79	224.08	175.92	765.71	470.81	294.89	0.63	4.35
4.40	582.45	227.53	172.47	754.92	463.70	291.23	0.63	4.38
4.89	577.32	230.97	169.03	746.35	457.69	288.66	0.63	4.42
5.88	569.16	236.49	163.51	732.67	448.09	284.58	0.64	4.48
6.85	556.92	241.32	158.68	715.60	437.14	278.46	0.64	4.51
8.02	546.81	244.76	155.24	702.05	428.64	273.41	0.64	4.52
8.82	538.94	247.52	152.48	691.42	421.95	269.47	0.64	4.53
9.79	532.16	249.59	150.41	682.57	416.49	266.08	0.64	4.54
10.77	526.41	251.66	148.34	674.75	411.55	263.21	0.64	4.55
11.74	521.67	253.04	146.96	668.63	407.80	260.83	0.64	4.55
12.72	517.89	255.11	144.89	662.79	403.84	258.95	0.64	4.57
13.73	512.89	256.49	143.51	656.40	399.96	256.44	0.64	4.57
14.67	510.21	257.17	142.83	653.04	397.93	255.11	0.64	4.57
15.64	508.22	257.86	142.14	650.36	396.25	254.11	0.64	4.58
16.61	504.25	259.24	140.76	645.01	392.88	252.12	0.64	4.58
17.59	499.30	259.93	140.07	639.36	389.72	249.65	0.64	4.56

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados pueden y deberían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Fecha:
TBP	TOM	CSM	16/Abr/2007

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

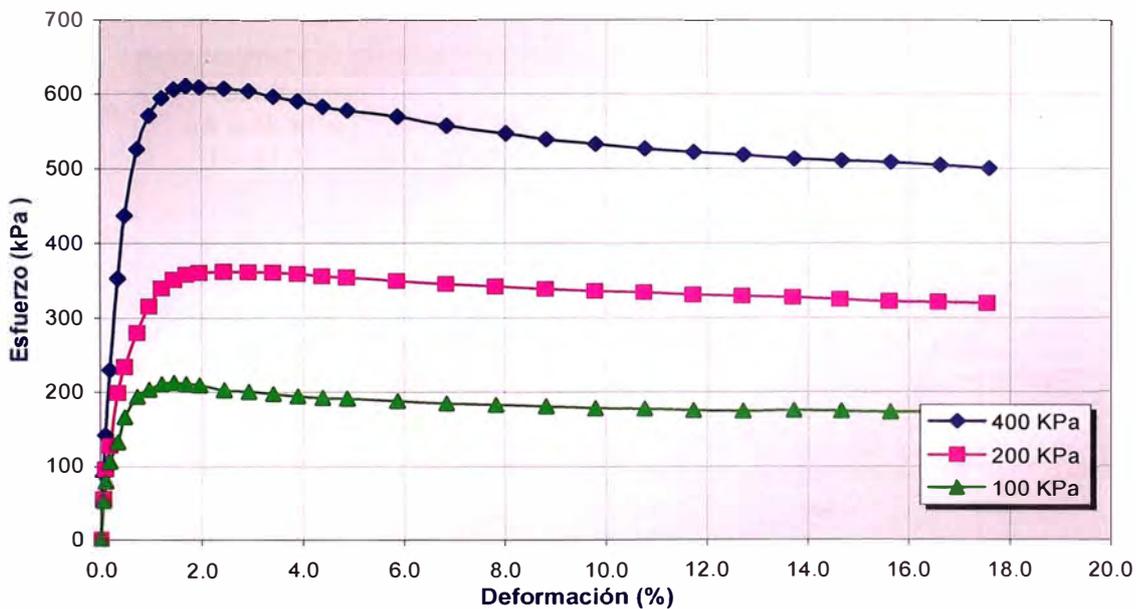
ASTM - D4767

Proyecto:	<b>MURO DE SUELO REFORZADO</b>	No Informe de Lab.:	---
Ciente:	<b>TITULACION UNI - GRUPO No 5</b>	Solicitado por:	<b>Juan M. Sanchez</b>
Nº de Proyecto	---	Fecha:	<b>16/Abr/2007</b>
Ubicación	<b>UNI - Facultad de Ingenieria de Minas</b>		
Nº de muestra	<b>Relleno Estructural</b>		
Descripción/Zona:	---		

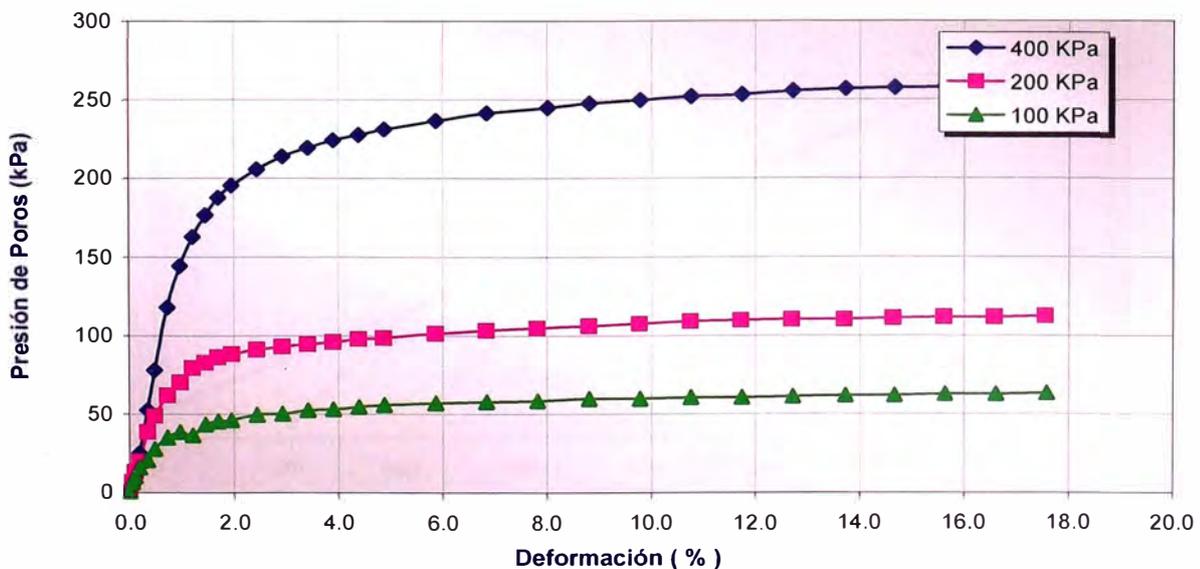
Estado : Remoldeado (densidad 1.967 gr/cm³)

Clasificación : GC-GM

### DEFORMACIÓN vs. ESFUERZO



### DEFORMACIÓN vs. PRESIÓN DE POROS



Realizado por: TBP      Ingresado por: TOM      Revisado por: CSM      Fecha: 16/Abr/2007

**ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL**

**Consolidado - No drenado (CU)**

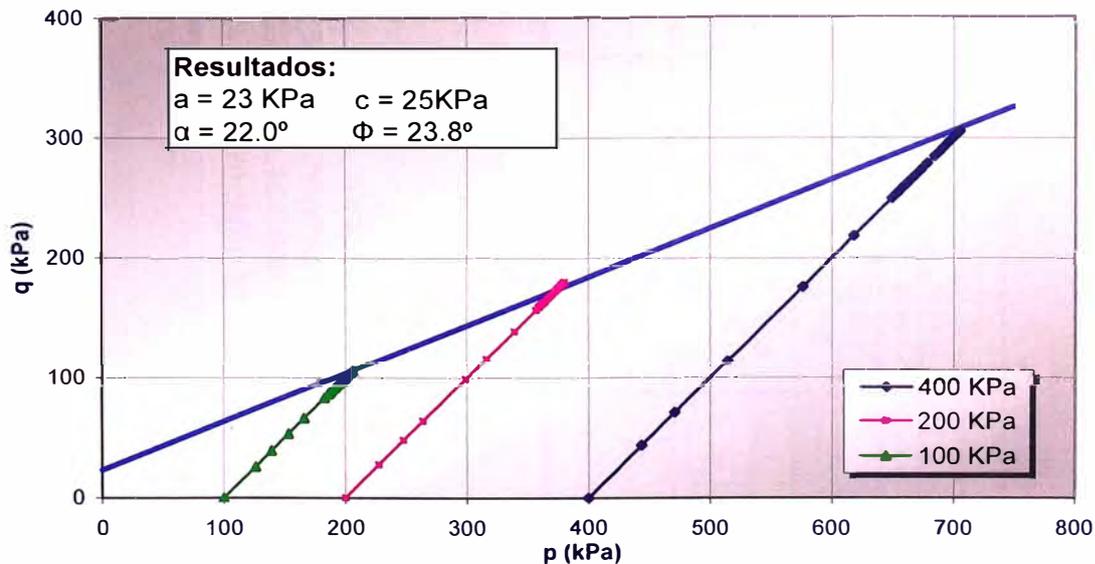
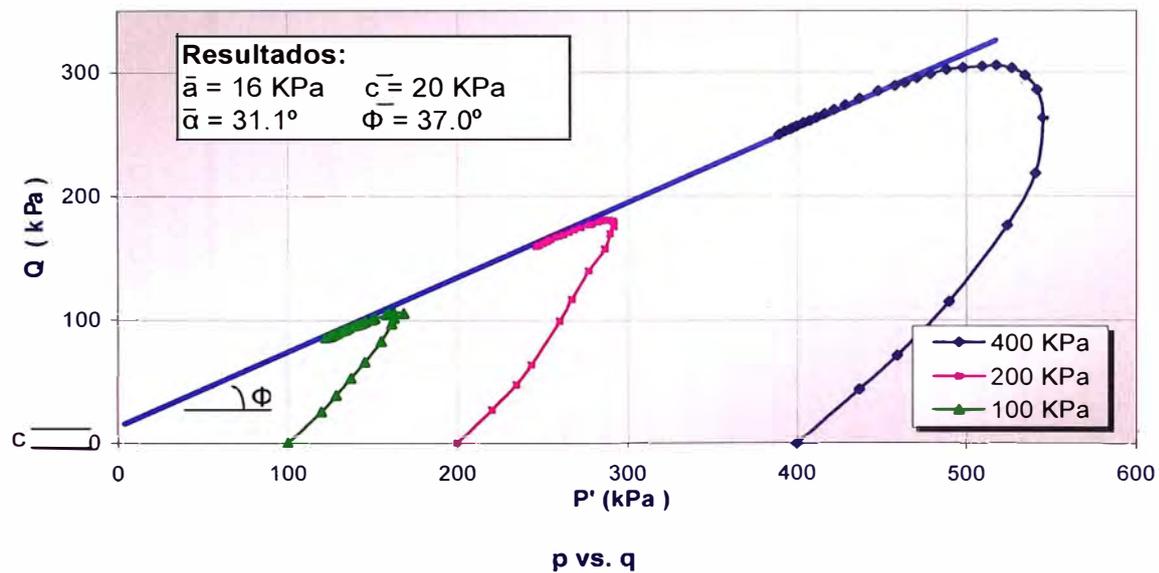
ASTM - D4767

Proyecto:	<b>MURO DE SUELO REFORZADO</b>	No Informe de Lab.:	---
Cliente:	<b>TITULACION UNI - GRUPO No 5</b>	Solicitado por:	<b>Juan M. Sanchez</b>
Nº de Proyecto	---	Fecha:	<b>16/Abr/2007</b>
Ubicación	<b>UNI - Facultad de Ingenieria de Minas</b>		
Nº de muestra	<b>Relleno Estructural</b>		
Descripcion/Zona:	---		

Estado : Remoldeado (densidad 1.967 gr/cm<sup>3</sup>)

Clasificación : GC-GM

**TRAYECTORIA DE ESFUERZOS EFECTIVOS**



**Observaciones:**

Los parámetros de resistencia cortante reportados pueden y deberían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.

Realizado por: **TBP**    Ingresado por: **TOM**    Revisado por: **CSM**    Fecha: **16/Abr/2007**



LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA  
AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



LABORATORIO GEOTECNICO  
MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : MURO DE TERRAMESH  
SOLICITADO : GRUPO MURO DE TERRAMESH  
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
HECHO POR : Y.F./K.C./M.A.L. FECHA: Marzo 2007

GRAVEDAD ESPECIFICA

CALICATA	C - 1	C - 2	C - 3					
MUESTRA N°	M - 1	M - 1	M - 1					
PROFUNDIDAD (m)								
W TARA (B) + Hg	635.60	635.60	635.60					
W TARA (B)	23.20	23.20	23.20					
W Hg	612.40	612.40	612.40					
W Hg (RESTANTE)	234.00	172.00	253.00					
γ Hg	13.60	13.60	13.60					
W ROCA	40.00	31.20	50.00					
VOLUMEN	17.21	12.65	18.60					
DENSIDAD	2.32	2.47	2.69					

Av. Tupac Amaru Puerta N. 4  
Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
Telf (01) 481-1070 anexo 302 Cel 99912987 95242588  
e.mail [lnhgeo@yahoo.com](mailto:lnhgeo@yahoo.com)  
[mg.una.edu.pe](http://mg.una.edu.pe)

  
Ing. JOSE A. MARTINEZ DEL ROSARIO  
Especialista en Geotecnia y Prospección Sísmica  
C.I.P. N° 53362



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
AREA DE GEOTECNIA Y PROSPECCION SISMICA



### RESULTADOS DE PRUEBAS ESCLEROMETRICAS DE LAS ROCAS

	UBICACIÓN	CALICATA	VALOR PROMEDIO	Kg/CM2
1	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	C - 3	41.33	482

VALORES DE	
65	780
60	754
55	734
50	652
45	549
40	458
35	366
30	284
35	366
30	284
21	70

  
Ing. JOSE A. MARTINEZ DEL ROSARIO  
Especialista en Geotecnia y Prospección Sísmica  
C.I.P. N° 53362



LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA  
AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



LABORATORIO GEOTECNICO  
MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : MURO DE TERRAMESH  
SOLICITADO : GRUPO 5 MURO DE TERRAMESH  
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
HECHO POR : Y.F.A/K.C.L/M.A.L. FECHA: 21 Abril 2007

GRAVEDAD ESPECIFICA

CALICATA	Grava	Grava							
MUESTRA N°									
PROFUNDIDAD (m)									
W TARA (B) + Hg	632.80	630.80							
W TARA (B)	23.13	23.13							
W Hg	609.67	607.67							
W Hg (RESTANTE)	237.60	236.00							
$\gamma$ Hg	13.60	13.60							
W ROCA	47.20	47.20							
VOLUMEN	17.47	17.35							
DENSIDAD	2.70	2.72							

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4  
Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería  
Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel 99912987 95242588  
e mail: [lnhgeo@yahoo.com](mailto:lnhgeo@yahoo.com)  
[lnh\\_uni@uni.edu.pe](mailto:lnh_uni@uni.edu.pe)



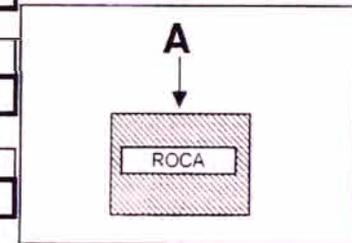
LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA  
AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE LAS ROCAS

**MURO TERRAMESH**

	Lect 1	Lect 2	Lect 3	Lect 4	Lect 5	Lect 6	Lect 7	Lect 8	Lect 9	Promedio
ROCA C-1										
PERPEN.	45	46	44	44	40	47	43	42	45	44.00
ROCA C-2										
PERPEN.	40	41	40	44	42	45	40	45	45	42.44
ROCA C-3										
PERPEN.	40	40	40	42	42	42	44	40	42	41.33



Ing. JOSE A. MARTINEZ DEL ROSARIO  
Especialista en Geotecnia y Prospección Sísmica  
C.I.P. N° 50362



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



## DENSIDADES MINIMA Y MAXIMA

A.S.T.M. D-4253 y A.S.T.M. D-4254

PROYECTO : MURO DE TERRAMESH  
SOLICITADO : GRUPO 5 MURO DE TERRAMESH  
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
HECHO POR : Y.F.A/K.C.L/M.A.L. FECHA: 21 Abril 2007

Volumen

<b>CALICATA</b>								
<b>MUESTRA</b>	Gravas	Gravas						
<b>MINIMAS</b>								
Ws+m+b (1)								
<b>MAXIMAS</b>								
Ws+m+b (1)	35796.00	33512.00						
Dminima (1)								
Dmaxima (1)	1.60	1.50						
<b>DENS MINIMA</b>								
<b>DENS MAXIMA</b>	1.60	1.50						

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4  
Campus de la Universidad Nacional de Ingenieria  
Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel:99912987\_95242588  
e-mail: [lnhgeo@yahoo.com](mailto:lnhgeo@yahoo.com)  
[lnh\\_uni@uni.edu.pe](mailto:lnh_uni@uni.edu.pe)

## **Anexo II**

### **Resultados del Análisis de Estabilidad**

## **CÁLCULO DE DISEÑO UTILIZANDO MACSTARS 2000**

### **Proyecto:**

Muro de Contención con Suelo Reforzado utilizando Terramesh

### **Ubicación:**

Universidad Nacional de Ingeniería

### **Sección Transversal:**

A - A'

**Propiedades del Suelo:**

<b>Suelo: CONCRETO</b>	Descripción: CONCRETO
Cohesión [t/m <sup>2</sup> ]:	20.00
Ángulo de Fricción [°]:	40.00
Valor de Ru:	0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua [t/m <sup>3</sup> ]:	2.40
Peso unitario – abajo del nivel del agua [t/m <sup>3</sup> ]:	2.40
Módulo Elástico [t/m <sup>2</sup> ]:	0.00
Módulo de Poisson:	0.30

<b>Suelo: GAVION</b>	Descripción: GAVION
Cohesión [t/m <sup>2</sup> ]:	2.00
Ángulo de Fricción [°]:	40.00
Valor de Ru:	0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua [t/m <sup>3</sup> ]:	1.70
Peso unitario – abajo del nivel del agua [t/m <sup>3</sup> ]:	1.70
Módulo Elástico [t/m <sup>2</sup> ]:	0.00
Módulo de Poisson:	0.30

<b>Suelo: GC-GM</b>	Descripción: RELLENO ESTRUCTURAL
Cohesión [t/m <sup>2</sup> ]:	2.00
Ángulo de Fricción [°]:	37.00
Valor de Ru:	0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua [t/m <sup>3</sup> ]:	1.97
Peso unitario – abajo del nivel del agua [t/m <sup>3</sup> ]:	1.97
Módulo Elástico [t/m <sup>2</sup> ]:	0.00
Módulo de Poisson:	0.30

<b>Suelo: ROCA</b>	Descripción: ARENISCA-LUTITA
Cohesión [t/m <sup>2</sup> ]:	31.00
Ángulo de Fricción [°]:	36.00
Valor de Ru:	0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua [t/m <sup>3</sup> ]:	2.69
Peso unitario – abajo del nivel del agua [t/m <sup>3</sup> ]:	2.69
Módulo Elástico [t/m <sup>2</sup> ]:	0.00
Módulo de Poisson:	0.30

**Perfil de la Camada:**

**Camada: 1** Descripción: ROCA

Suelo: ROCA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0.00	0.30	1.99	0.30	2.00	0.00	6.00	0.00
6.01	0.30	11.50	0.30				

**Camada: 2** Descripción: CONCRETO

Suelo: CONCRETO

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
7.50	0.30	7.51	3.00	11.49	3.00	11.50	0.30

### **Bloque: G1**

Dimensiones del bloque [m]:	Ancho de Base = 3.00 Altura = 1.00
Origen del Bloque [m]:	Abscisa = 2.00 Ordenada = 0.00
Inclinación de la cara [°]:	0.00
Material de relleno para el Gavión:	GAVION
Tipo de relleno estructural:	Arena
Relleno estructural:	GC-GM
Suelo de relleno:	GC-GM
Suelo del talud arriba de la estructura:	GC-GM
Suelo de Fundación:	ROCA

### **Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2.7 - 1.00

Largo [m] = 2.00

Gavión [m]:    Altura = 1.00  
                  Ancho = 1.00

## **Bloque: G2**

Dimensiones del bloque [m]:	Ancho de Base = 3.00 Altura = 1.00
Berma [m]:	0.00 en relación al bloque G1
Inclinación de la cara [°]:	0.00
Material de relleno para el Gavión:	GAVION
Tipo de relleno estructural:	Arena
Relleno estructural:	GC-GM
Suelo de relleno:	GC-GM
Suelo del talud arriba de la estructura:	GC-GM
Suelo de Fundación:	GC-GM

### **Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2.7 - 1.00

Largo [m] = 2.00

Gavión [m]:    Altura = 1.00  
                  Ancho = 1.00

### **Bloque: G3**

Dimensiones del bloque [m]:	Ancho de Base = 3.00 Altura = 1.00
Berma [m]:	0.00 en relación al bloque G2
Inclinación de la cara [°]:	0.00
Material de relleno para el Gavión:	GAVION
Tipo de relleno estructural:	Arena
Relleno estructural:	GC-GM
Suelo de relleno:	GC-GM
Suelo del talud arriba de la estructura:	GC-GM
Suelo de Fundación:	GC-GM

### **Padrón de los refuerzos:**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2.7 - 1.00

Largo [m] = 2.00

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 [t/m]:	4.21
Tasa de deformación plástica:	2.00
Coefficiente de deformación elástica [m <sup>3</sup> /t]:	1.08e-03
Rigidez del refuerzo [t/m]:	42.81

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

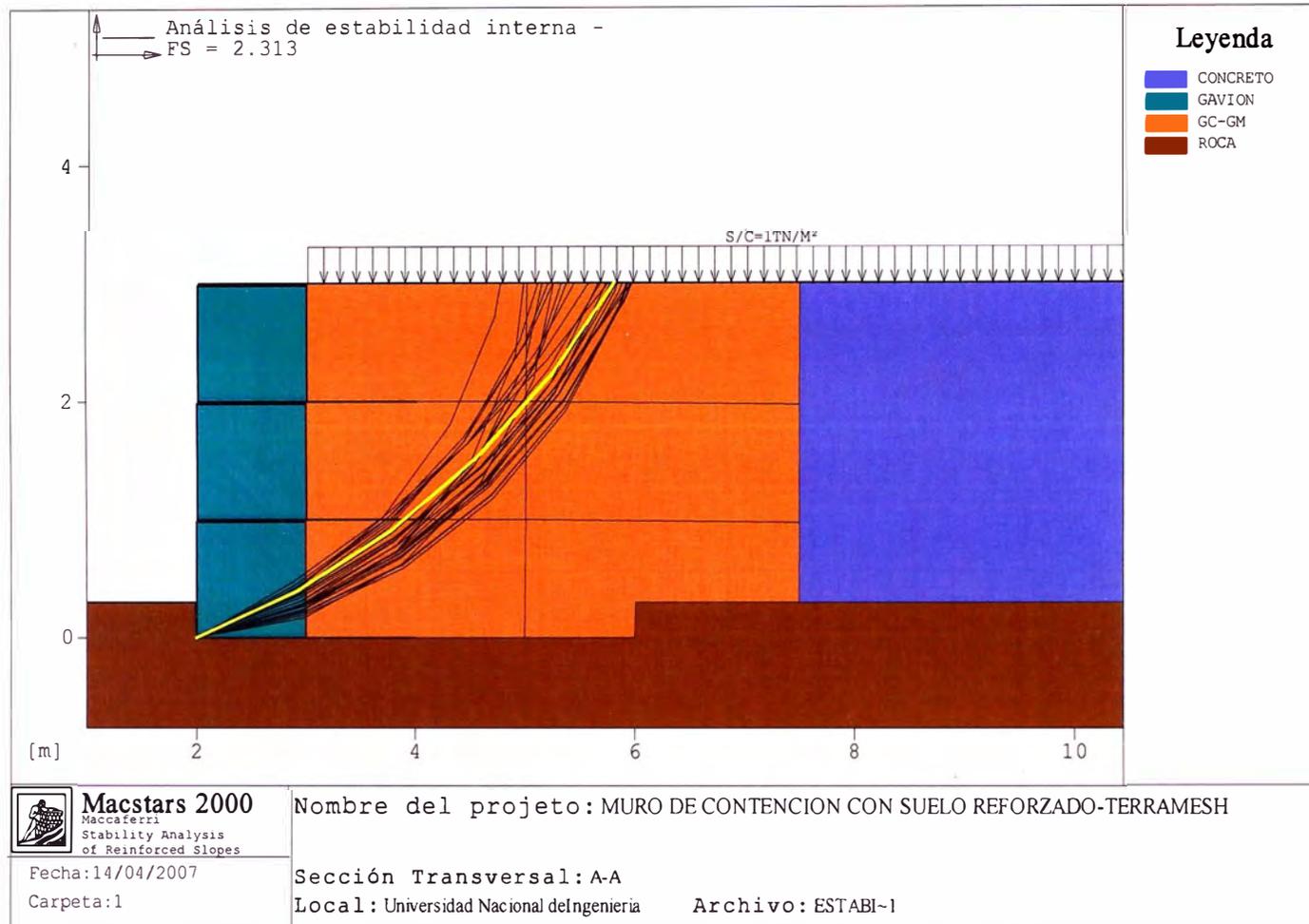
Coefficiente de interacción refuerzo-grava:	0.90
Coefficiente de interacción refuerzo-arena:	0.65
Coefficiente de interacción refuerzo-limo:	0.50
Coefficiente de interacción refuerzo-arcilla:	0.30

### Sobrecargas:

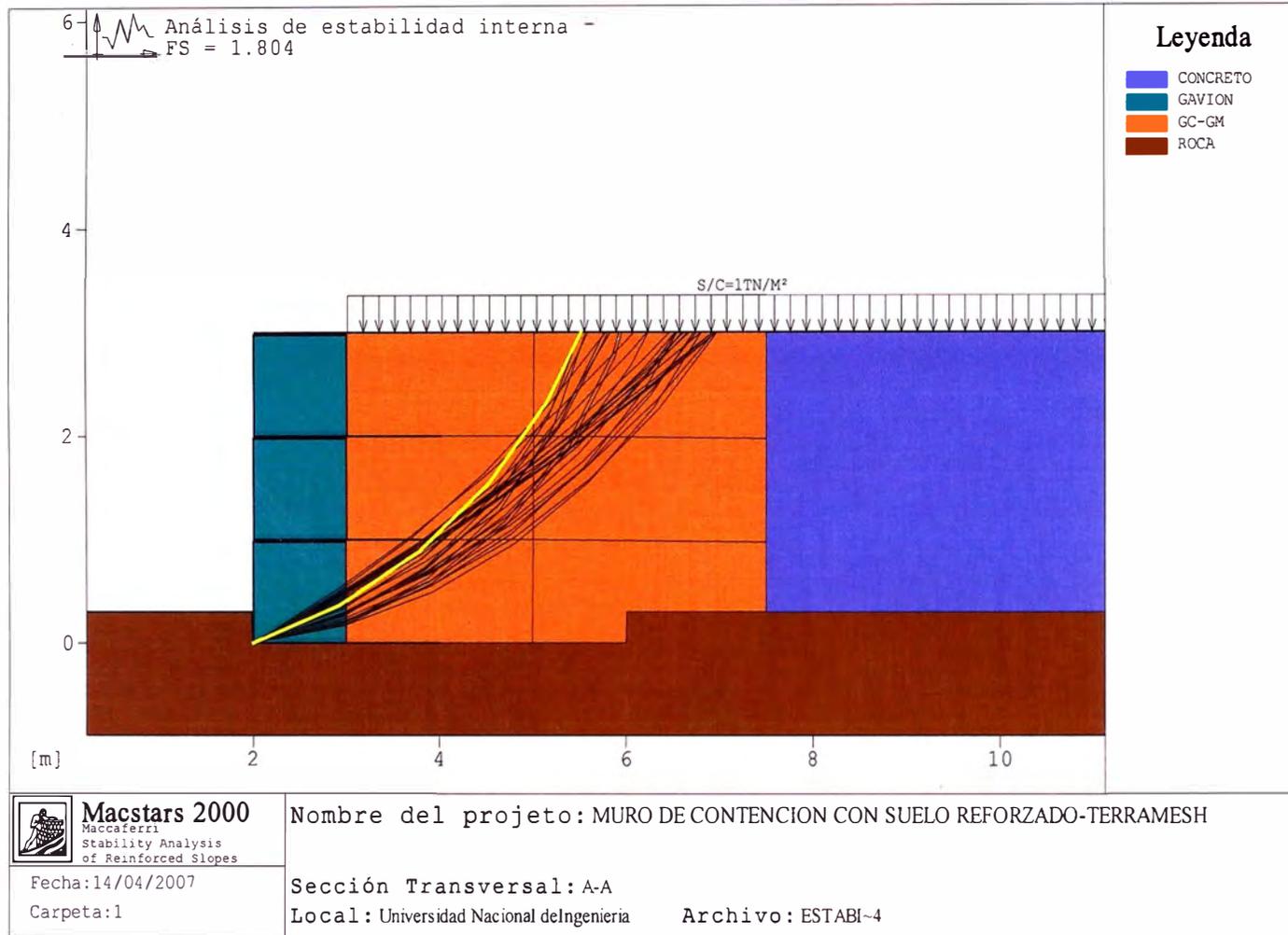
Cargas Distribuidas:	S/C = 1Tn/m <sup>2</sup>
Descripción:	CARGA VIVA
Intensidad [t/m <sup>2</sup> ]:	1.00
Inclinación [°]:	0.00
Abscisa [m]:	de = 3.03 hasta = 11.49

Efectos Sísmicos:	
Aceleración [m/s <sup>2</sup> ]:	Horizontal = 2.16 Vertical = 0.00

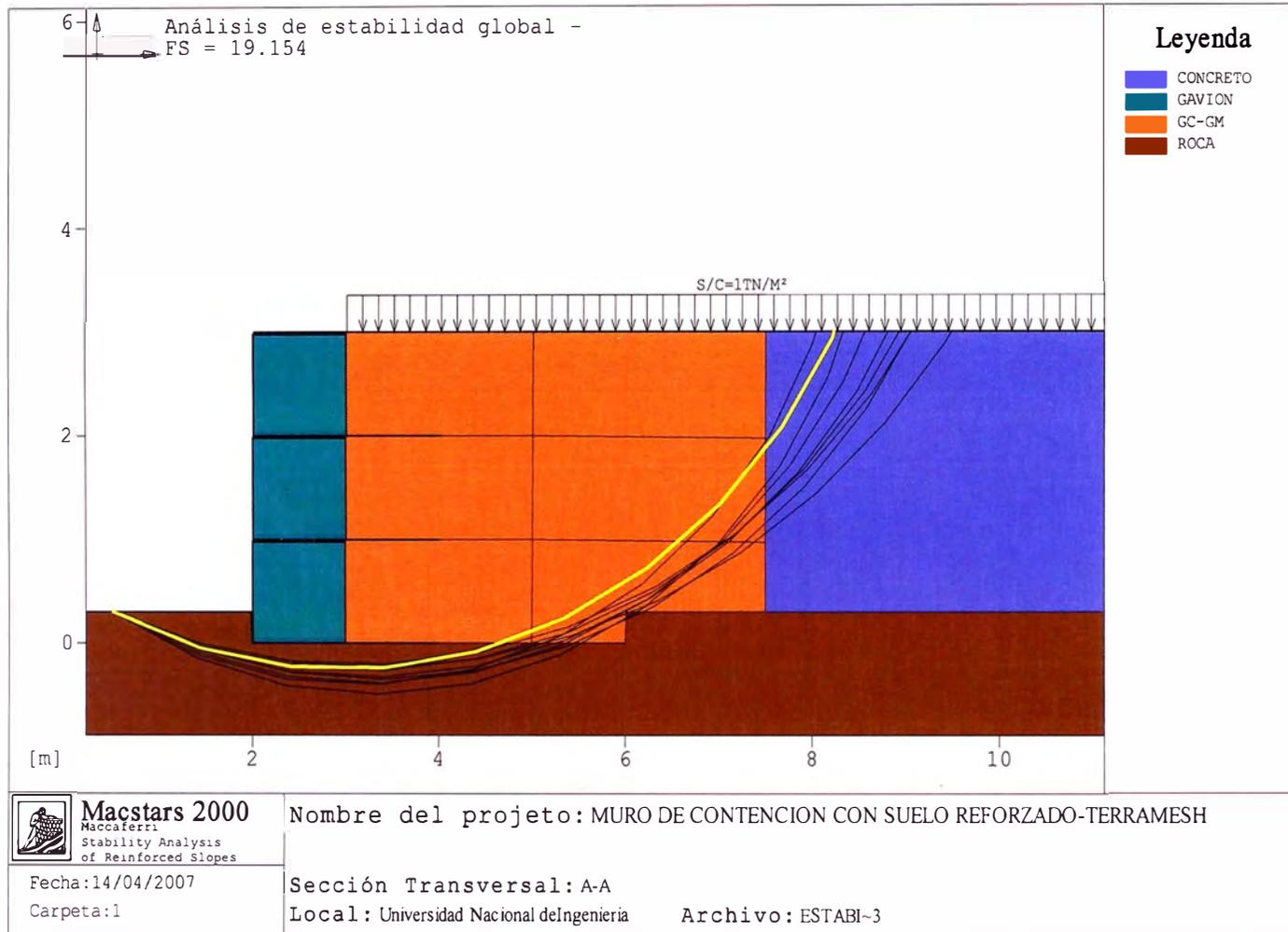
**Verificación de Resultados:** Método de Bishop (Análisis de Estabilidad con Superficies Circulares)  
Estabilidad Interna (Condición Estática): FS = 2.313



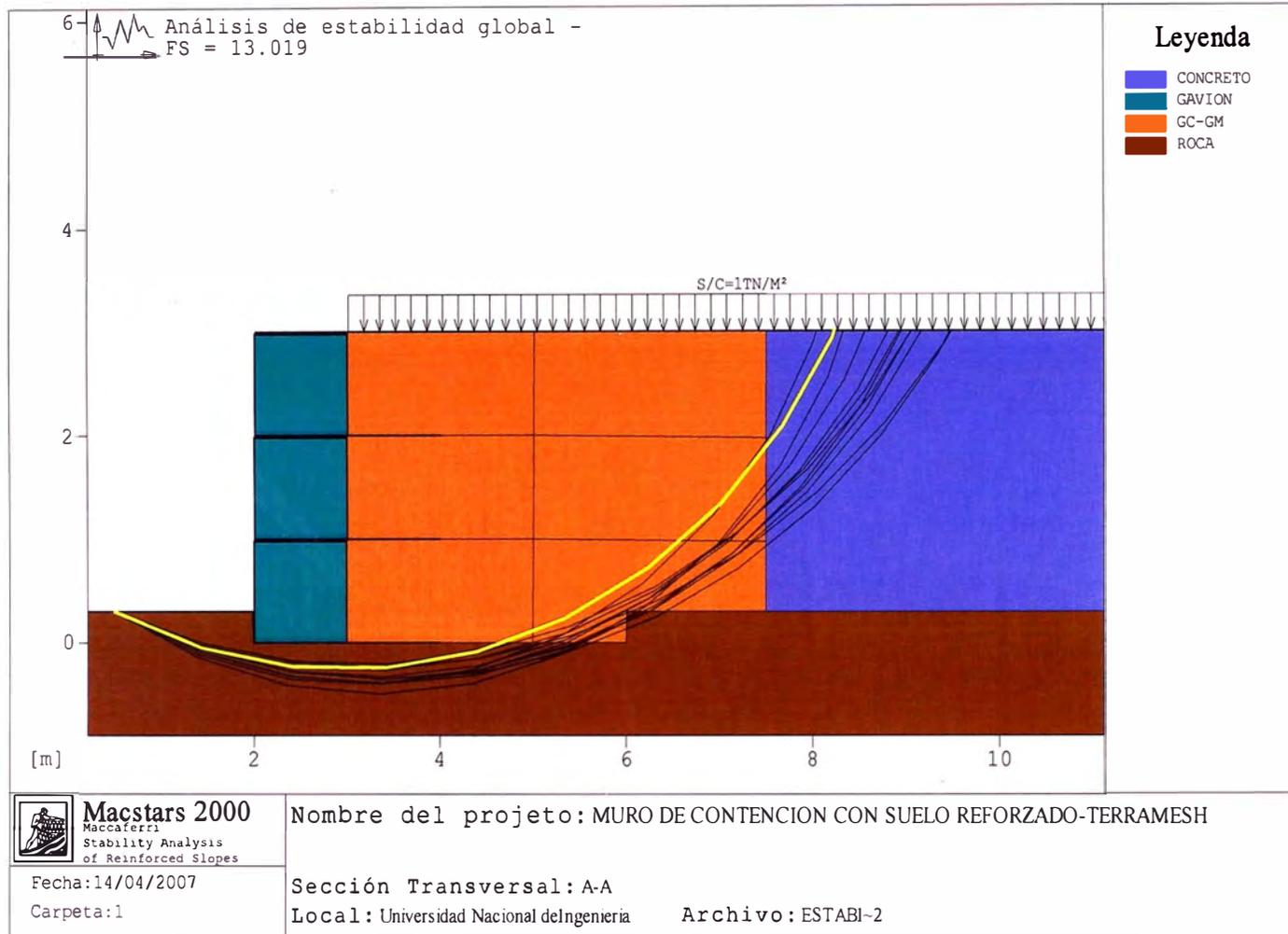
**Verificación de Resultados:** Método de Bishop (Análisis de Estabilidad con Superficies Circulares)  
 Estabilidad Interna (Condición Dinámica): FS = 1.804



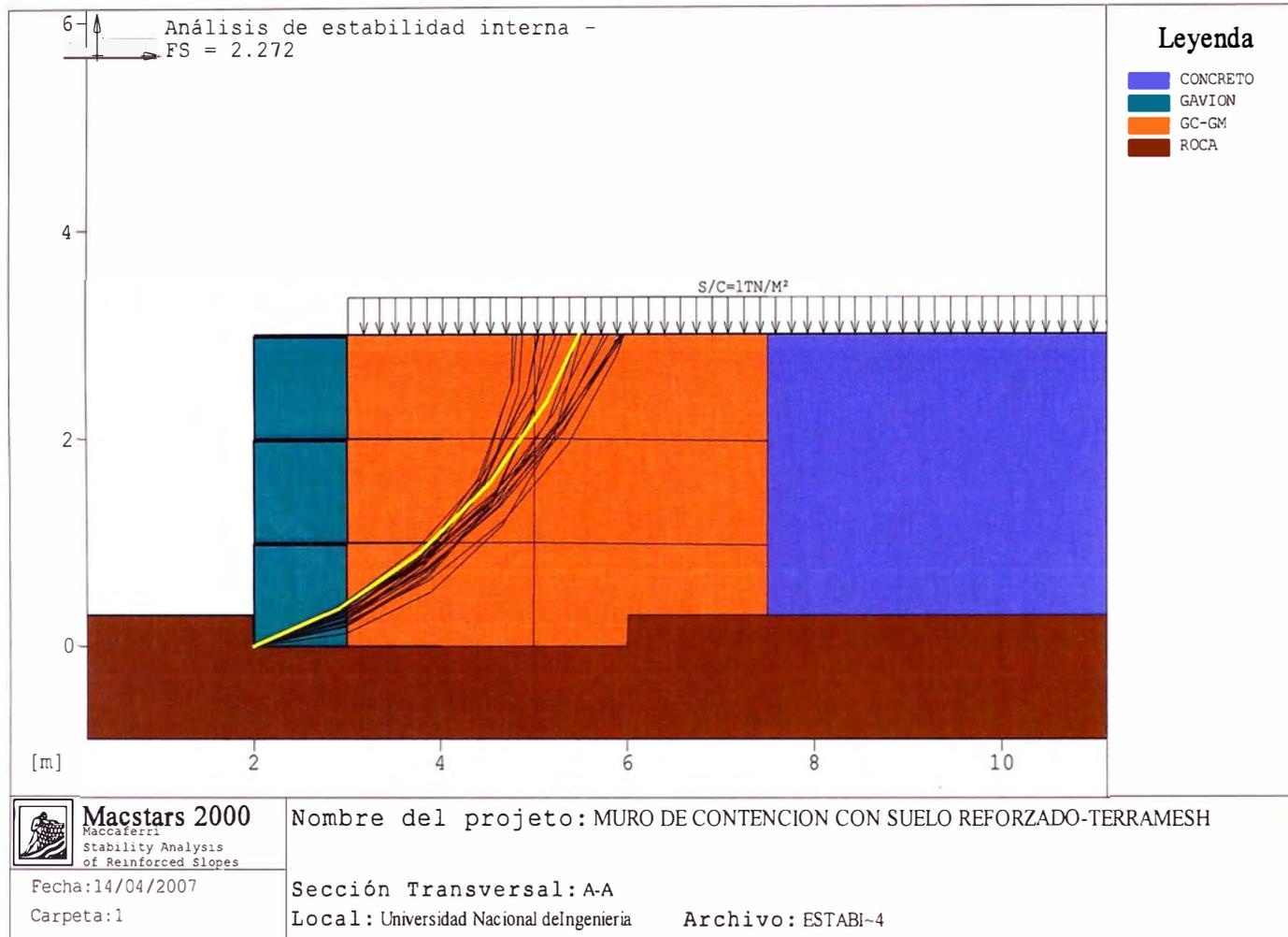
**Verificación de Resultados:** Método de Bishop (Análisis de Estabilidad con Superficies Circulares)  
 Estabilidad Global (Condición Estática): FS = 19.154



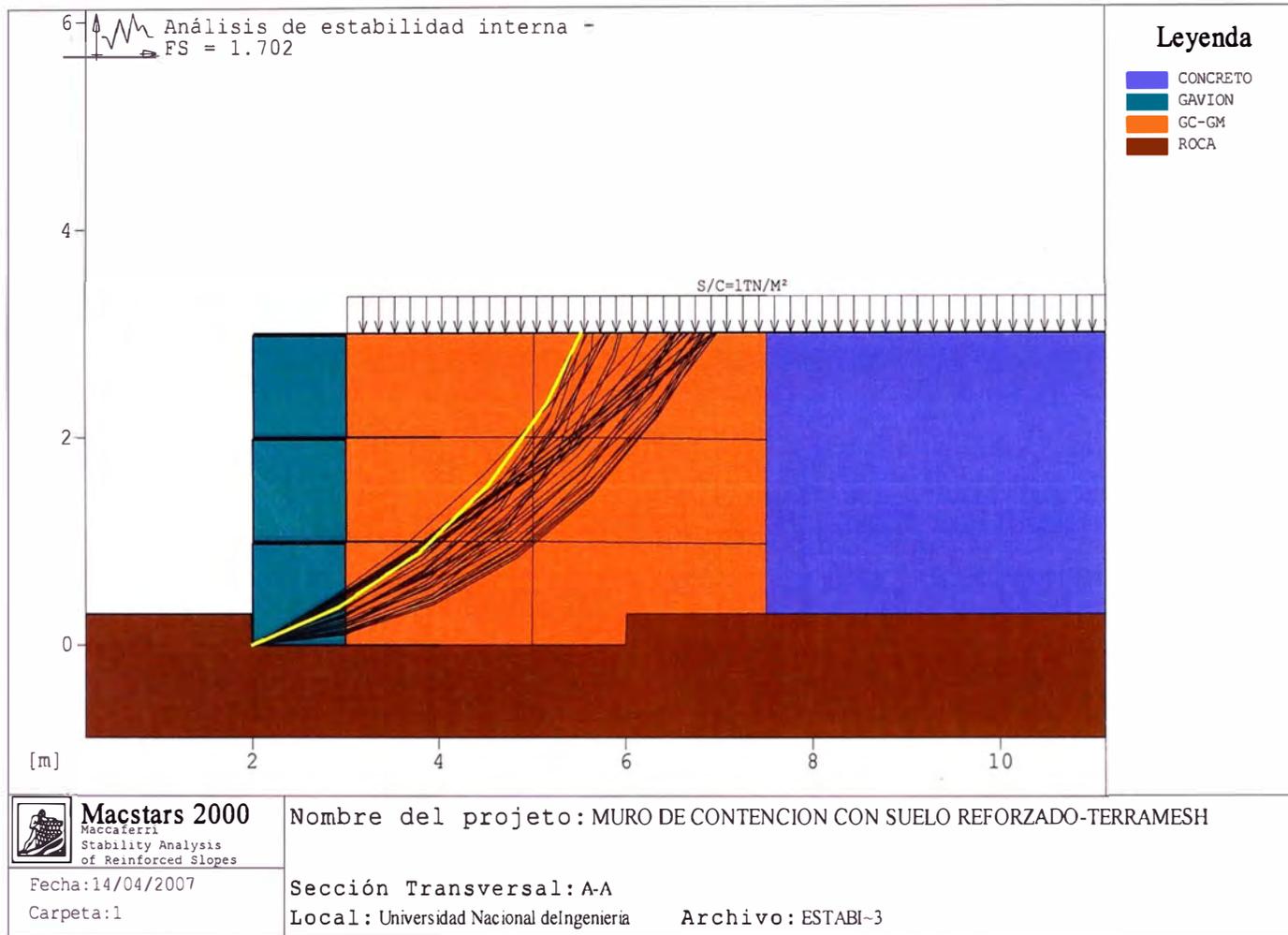
**Verificación de Resultados:** Método de Bishop (Análisis de Estabilidad con Superficies Circulares)  
Estabilidad Global (Condición Dinámica): FS = 13.019



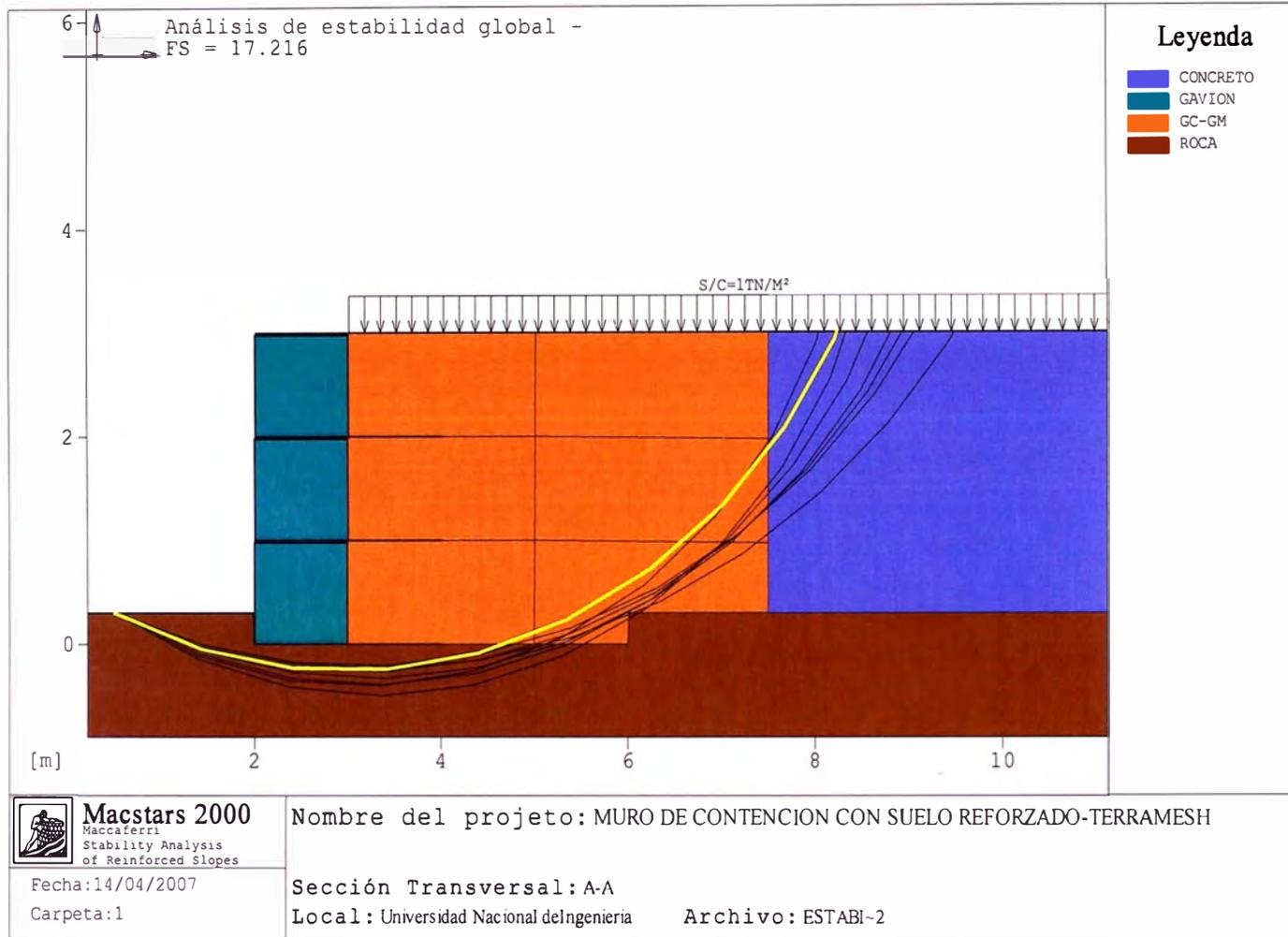
**Verificación de Resultados:** Método de Janbu (Análisis de Estabilidad con Superficies Circulares)  
Estabilidad Interna (Condición Estática): FS = 2.272



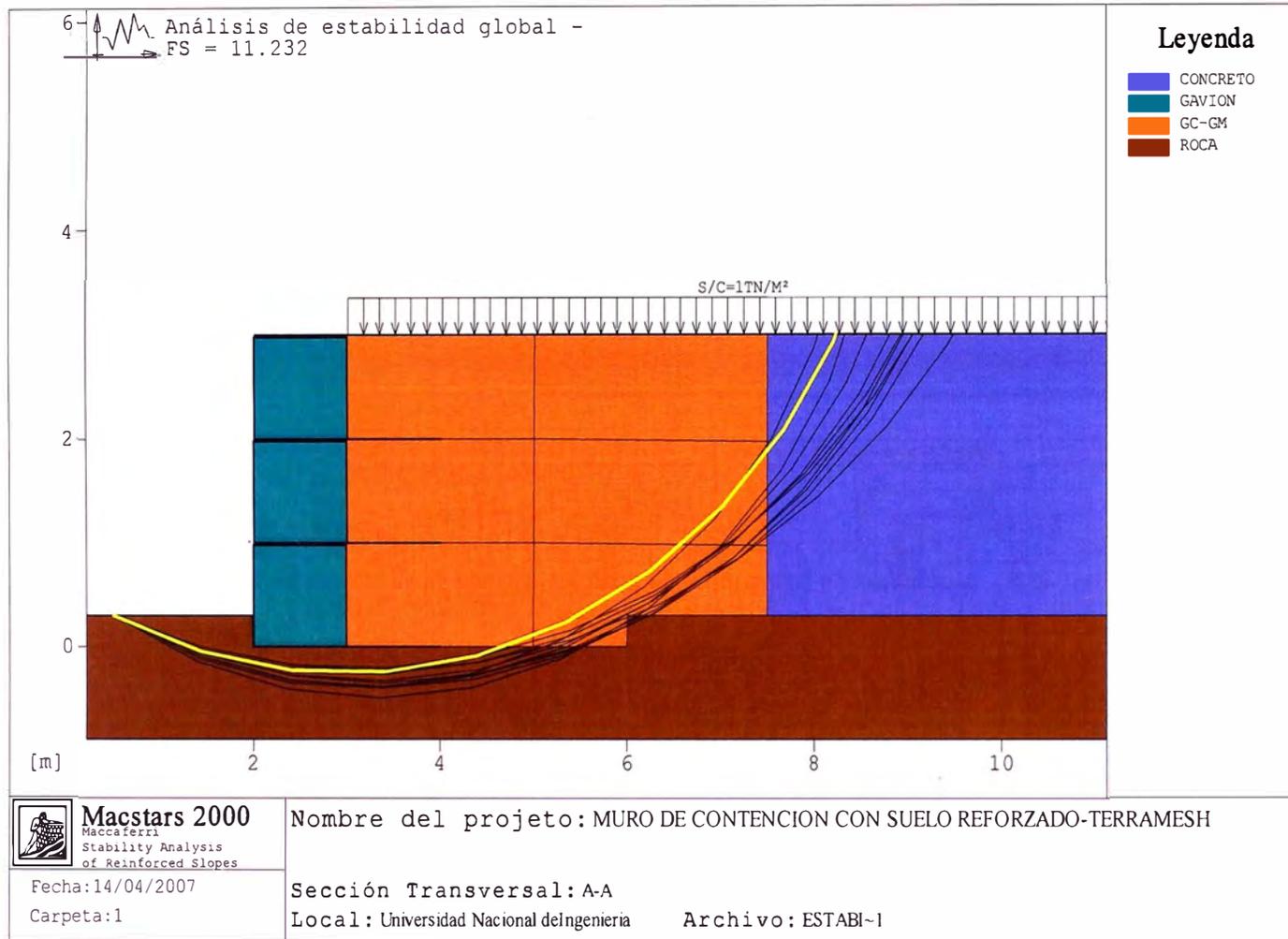
**Verificación de Resultados:** Método de Janbu (Análisis de Estabilidad con Superficies Circulares)  
Estabilidad Interna (Condición Dinámica): FS = 1.702



**Verificación de Resultados:** Método de Janbu (Análisis de Estabilidad con Superficies Circulares)  
Estabilidad Global (Condición Estática): FS = 17.216



**Verificación de Resultados:** Método de Janbu (Análisis de Estabilidad con Superficies Circulares)  
 Estabilidad Global (Condición Dinámica): FS = 11.232



## MURO DE SUELO REFORZADO - TERRAMESH

### DATOS:

#### a) Estructura:

Altura : 3.00 m  
 Longitud del Refuerzo : 3.00 m  
 Inclinación del Paramento Frontal ( $\alpha$ ) : 0.00 °  
 Peso Específico de los Gaviones : 1.70 tn/m<sup>3</sup>

#### b) Talud Sobre la Estructura:

Inclinación : 0.00 °  
 Longitud Horizontal : 0.00 m

#### c) Relleno Estructural:

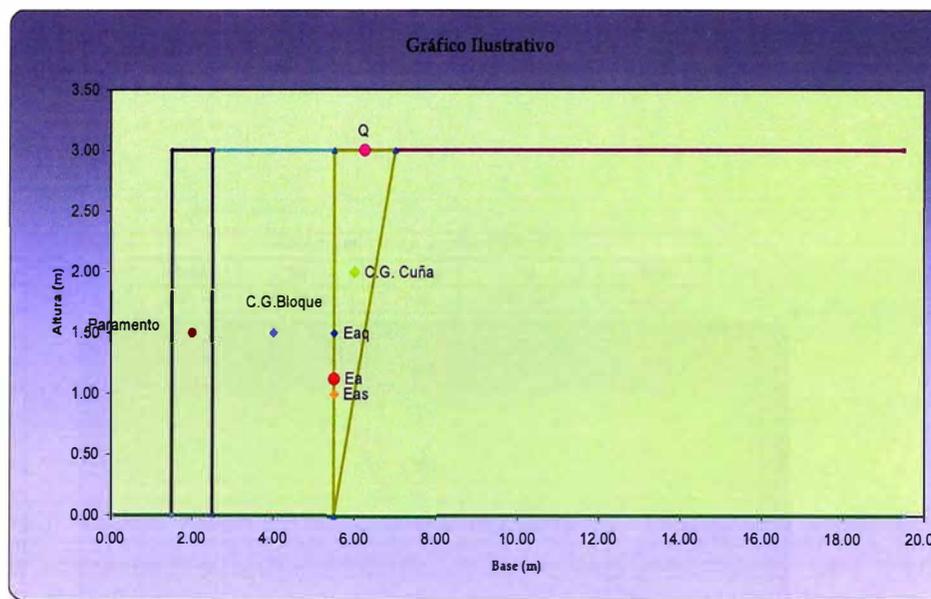
Peso Específico : 1.97 tn/m<sup>3</sup>  
 Ángulo de Fricción : 37.00 °  
 Cohesión : 2.00 tn/m<sup>2</sup>  
 Carga Actuante : 1.00 tn/m  
 Material del Relleno : Arena  
 Superficie Freática : 0.00 m  
 P. Esp. Parte Posterior al Macizo Reforzado : 1.97 tn/m<sup>3</sup>

#### d) Fundación:

Peso Específico : 2.69 tn/m<sup>3</sup>  
 Ángulo de Fricción : 36.00 °  
 Cohesión : 31.00 tn/m<sup>2</sup>  
 Carga Máxima Admisible : 40.00 tn/m<sup>2</sup>

#### e) Parámetros Adicionales:

Malla Tipo : 10x12 tn/m  
 Resistencia Nominal a la Tracción : 4.13 tn/m  
 Factor de Reducción : 1.30  
 Factor de Seguridad Estático : 1.50



### Datos a Considerar en el Diseño

Paramento	
Terramesh	Altura
1.00	3.00 m
0.50	0.00 m

Malla	
Tipo	Resistencia
8x10	5.01 tn/m
10x12	4.13 tn/m

Factor de Reducción	
Mat. Relleno	Factor
Arena	1.30
Limo	1.44
Arcilla	
Grava	

## MURO DE SUELO REFORZADO - TERRAMESH

**CÁLCULO:**

$$E_s = (P + Q) \frac{\text{Sen}(\rho - \varphi)}{\text{Cos}(\alpha + \rho - \delta - \varphi)}$$

$$P = \gamma x \frac{HxBC}{2}$$

$$\rho = \arctan \left[ \frac{H}{BC + Hx \tan \alpha} \right]$$

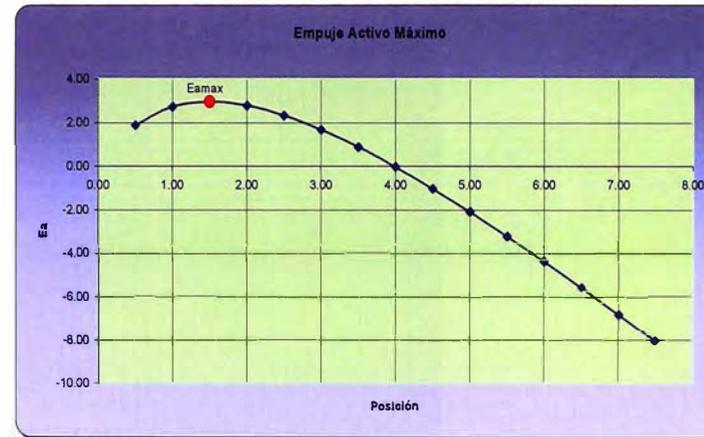
$\delta = 0.00$  °  
 $H = 3.00$  m  
 $Hx \tan \alpha = 0.00$  m

Incremento = 0.50 m

Cuña	AB (m)	$\rho$ (grados)	Peso (tn)	Ea (tn/m)
1	0.50	80.54	1.48	1.88
2	1.00	71.57	2.96	2.72
3	1.50	63.43	4.43	2.95
4	2.00	56.31	5.91	2.77
5	2.50	50.19	7.39	2.32
6	3.00	45.00	8.87	1.67
7	3.50	40.60	10.34	0.87
8	4.00	36.87	11.82	-0.04
9	4.50	33.69	13.30	-1.03
10	5.00	30.96	14.78	-2.09
11	5.50	28.61	16.25	-3.21
12	6.00	26.57	17.73	-4.37
13	6.50	24.78	19.21	-5.57
14	7.00	23.20	20.69	-6.80
15	7.50	21.80	22.16	-8.06

**VALORES DE LA CUÑA CRÍTICA**

Cuña	Ea	Posición	$\rho$	Peso
3	2.95 tn/m	1.50 m	63.43 °	4.43 tn



## MURO DE SUELO REFORZADO - TERRAMESH

Para la determinación del punto de aplicación del  $E_a$ , el efecto de la sobrecarga debe de ser separado del efecto del suelo :

$$E_{a1} = Qx \frac{\text{Sen}(\rho_{crit} - \phi)}{\text{Cos}(\alpha + \rho_{crit} - \delta - \phi)}$$

$$E_{a2} = Px \frac{\text{Sen}(\rho_{crit} - \phi)}{\text{Cos}(\alpha + \rho_{crit} - \delta - \phi)}$$

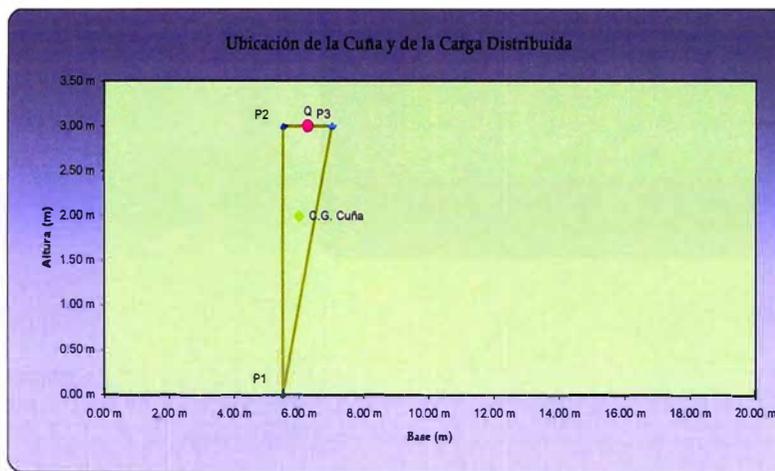
EMPUJE	POSICIÓN	
	X	Y
E <sub>aq</sub> = 0.75 tn/m	5.50	1.50
E <sub>as</sub> = 2.20 tn/m	5.50	1.00

E <sub>a</sub> = 2.95 tn/m	5.50 m	1.13 m
----------------------------	--------	--------

C.G. de la Masa de Suelo (Cuña)		
Pto	X	Y
P1	5.50	0.00
P2	5.50	3.00
P3	7.00	3.00
Pcg	6.00 m	2.00 m

Posición de la Carga Distribuida		
Carga	X	Y
Q	6.25 m	3.00 m

Centro de Gravedad del Paramento Frontal				
Paramento	X	Y	Área	Peso
Pg	2.00 m	1.50 m	3.00 m <sup>2</sup>	5.10 tn



## MURO DE SUELO REFORZADO - TERRAMESH

Centro de Gravedad del Macizo Reforzado							Bloque				
Pto	X	Y	Área	X	Y	Área	X	Y	X	Y	Peso
P1	2.50	3.00	A1	3.50	1.00	4.50	4.00	1.50	3.00 m	1.50 m	17.73 tn
P2	2.50	3.00	A2	4.50	2.00	4.50					
P3	5.50	3.00	A3	3.50	3.00	0.00	0	0			0.00 tn
P4	5.50	3.00	A4	4.50	3.00	0.00					
P5	2.50	0.00									
P6	5.50	0.00									

### VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD EXTERNA :

#### 1.-Verificación Contra el Deslizamiento:

Sumatoria de las Fuerzas Estabilizantes :

$$\sum F_{est} = T + E_p$$

Sumatoria de las Fuerzas Inestabilizantes :

$$\sum F_{in} = E_s \times \cos(\delta - \alpha)$$

$$T = N \times \tan \delta$$

$$N = W + q \times L + E_p \times \sin(\delta - \alpha)$$

Donde:

W= Peso del Bloque (Paramento Frontal + Masa de Suelo Reforzado)

L=Largo del Refuerzo

q=Carga Distribuida

$$W = 22.83 \text{ tn}$$

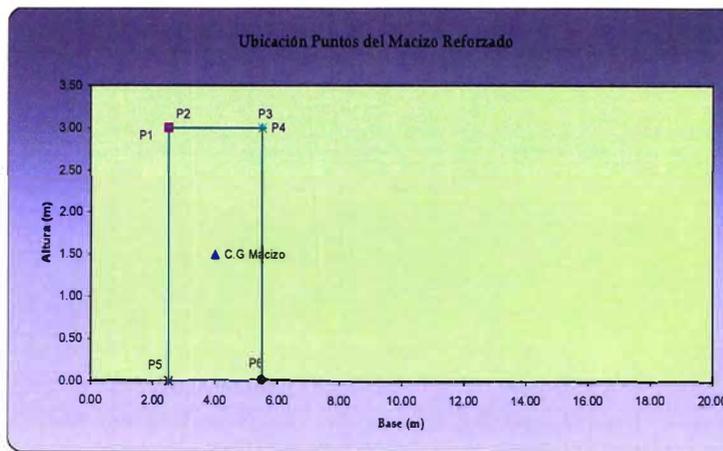
$$N = 25.83 \text{ tn}$$

$$T = 18.77 \text{ tn}$$

$$\sum \text{Fuerzas Estabilizantes} = 18.77 \text{ tn}$$

$$\sum \text{Fuerzas Inestabilizantes} = 2.95 \text{ tn}$$

$$\text{Factor de Seguridad} = 6.36 \quad \text{OK}$$



## MURO DE SUELO REFORZADO - TERRAMESH

### 2.-Verificación Contra el Vuelco:

Sumatoria de Momentos Estabilizantes:

$$\sum M_{est} = P_g x X_g + P_b x X_b + E_a x \text{Sen}(\delta - \alpha) x X_{ea} + q x L x X_q + E_p x Y_{ep}$$

$P_g$  = Peso del Paramento Frontal

$X_g$  = Coord. X del Centro de Gravedad del Paramento Frontal

$P_b$  = Peso del Macizo de Suelo Reforzado

$X_b$  = Coord. X del Centro de Gravedad del Macizo 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

Sumatoria de Momentos Inestabilizantes:

$$\sum M_{inst} = E_a x \text{Cos}(\delta - \alpha) x Y_{ea}$$

$\sum$  Momentos Estabilizantes = 54.38 tn/m

$\sum$  Momentos Inestabilizantes = 3.32 tn/m

Factor de Seguridad = 16.37 OK

### 3.-Presiones en la Fundación:

Calculamos la Excentricidad :

$$e = \frac{B}{2} - \frac{|M_{est} - M_{inst}|}{N}$$

$$\text{Si } \rightarrow e < 0 \Rightarrow B_r = B$$

$$\text{Si } \rightarrow e > 0 \Rightarrow B_r = B - 2xe$$

$e$  = 0.02 m

Base Reducida = 3.95 m

Presión Máxima = 6.53 m Es menor que la Carga Máxima Admisible

## MURO DE SUELO REFORZADO - TERRAMESH

### 4.-Análisis de Estabilidad Interna:

Resistencia Nominal de la Malla : 4.13 tn/m  
 Factor de Reducción : 1.30  
 Resistencia de Proyecto : 3.18 tn/m

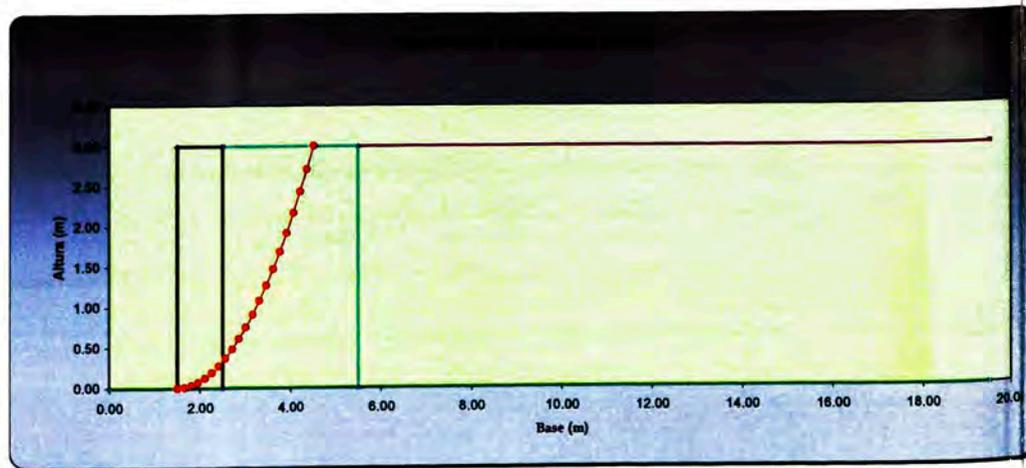
### BLOQUE 1:

#### 1.- Método de Fellenius :

$$FS = \frac{cxL + (Wx \cos \alpha - uxL) \tan \phi}{Wx \sin \alpha}$$

Dovela	X	Y	b (m)	α (Grados)	l = b/cos(α)	H(m)	Área(m²)	W=γ*A(ton)	hw(m)	u=γw*hw	c'(tn/m²)	Ø	Carga Q (tn)	Largo de Anclajes (m)	Resistencia de Malla (tn)	Fuerza Estabilizante	Fuerza Inestabilizante
0	1.50	0.00															
1	1.65	0.01	0.15	2.86	0.15	3.00	0.45	0.87	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	1.08	0.05
2	1.80	0.03	0.15	8.53	0.15	3.00	0.45	0.87	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	1.07	0.15
3	1.95	0.07	0.15	14.04	0.15	2.98	0.45	0.87	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	1.06	0.25
4	2.10	0.12	0.15	19.29	0.16	2.96	0.44	0.87	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	1.05	0.34
5	2.25	0.19	0.15	24.23	0.16	2.92	0.44	0.86	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	1.02	0.42
6	2.40	0.27	0.15	28.81	0.17	2.87	0.43	0.85	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	1.00	0.48
7	2.55	0.37	0.15	33.02	0.18	2.80	0.42	0.83	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.97	0.53
8	2.70	0.48	0.15	36.87	0.19	2.72	0.41	0.80	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.95	0.57
9	2.85	0.61	0.15	40.36	0.20	2.62	0.39	0.77	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.92	0.60
10	3.00	0.75	0.15	43.53	0.21	2.51	0.38	0.74	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.90	0.61
11	3.15	0.91	0.15	46.40	0.22	2.38	0.36	0.70	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.88	0.62
12	3.30	1.08	0.15	48.99	0.23	2.24	0.34	0.66	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	2.35	11.38	12.24	0.61
13	3.45	1.27	0.15	51.34	0.24	2.08	0.31	0.61	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.84	0.60
14	3.60	1.47	0.15	53.47	0.25	1.91	0.29	0.56	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.82	0.57
15	3.75	1.69	0.15	55.41	0.26	1.72	0.26	0.51	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.81	0.54
16	3.90	1.92	0.15	57.17	0.28	1.52	0.23	0.45	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.80	0.50
17	4.05	2.17	0.15	58.78	0.29	1.30	0.19	0.38	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	1.60	9.81	10.59	0.46
18	4.20	2.43	0.15	60.26	0.30	1.07	0.16	0.31	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.78	0.40
19	4.35	2.71	0.15	61.61	0.32	0.82	0.12	0.24	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.77	0.34
20	4.50	3.00	0.15	62.85	0.33	0.56	0.08	0.16	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.77	0.28
<b>Σ</b>																39.33 tn	8.93 tn

Factor de Seguridad Inicial : **4.40**



MURO DE SUELO REFORZADO - TERRAMESH

2- Método de Janbu:

$$FS = \frac{\sum [bx - (W - ux) \tan \phi - \frac{1}{N(\alpha)}]}{\sum Wx \tan \alpha}$$

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

Dovela	X	Y	b (m)	α (Grados)	H(m)	Área(m²)	W=γ*A (ton)	hw(m)	u=γw*hw	c'(tn/m²)	Carga Q (tn)	Largo de Anclaje (m)	Resistencia de Malla (tn)
0	1.50	0.00											
1	1.65	0.01	0.15	2.86	3.00	0.45	0.89	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
2	1.80	0.03	0.15	8.53	3.00	0.45	0.89	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
3	1.95	0.07	0.15	14.04	2.98	0.45	0.88	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
4	2.10	0.12	0.15	19.29	2.96	0.44	0.87	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
5	2.25	0.19	0.15	24.23	2.92	0.44	0.86	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
6	2.40	0.27	0.15	28.81	2.87	0.43	0.85	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
7	2.55	0.37	0.15	33.02	2.80	0.42	0.83	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
8	2.70	0.48	0.15	36.87	2.72	0.41	0.80	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
9	2.85	0.61	0.15	40.36	2.62	0.39	0.77	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
10	3.00	0.75	0.15	43.53	2.51	0.38	0.74	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
11	3.15	0.91	0.15	46.40	2.38	0.36	0.70	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
12	3.30	1.08	0.15	48.99	2.24	0.34	0.66	0.00	0.00	2.00	30	0.15	2.35
13	3.45	1.27	0.15	51.34	2.08	0.31	0.61	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
14	3.60	1.47	0.15	53.47	1.91	0.29	0.56	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
15	3.75	1.69	0.15	55.41	1.72	0.26	0.51	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
16	3.90	1.92	0.15	57.17	1.52	0.23	0.45	0.00	0.00	2.00	30	0.15	1.60
17	4.05	2.17	0.15	58.78	1.30	0.19	0.38	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
18	4.20	2.43	0.15	60.26	1.07	0.16	0.31	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
19	4.35	2.71	0.15	61.61	0.82	0.12	0.24	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00
20	4.50	3.00	0.15	62.85	0.56	0.08	0.16	0.00	0.00	2.00	30	0.15	0.00

N(α)	Primera Iteración			Segunda Iteración			Tercera Iteración				
	Fuerza Estabilizante	Fuerza Inestabilizante	N(α)	Fuerza Estabilizante	Fuerza Inestabilizante	N(α)	Fuerza Estabilizante	Fuerza Inestabilizante			
1.01	1.08	0.05	1.01	1.07	0.05	1.01	1.07	0.05			
1.00	1.08	0.16	1.01	1.07	0.16	1.01	1.07	0.16			
0.98	1.09	0.26	0.99	1.08	0.26	0.99	1.08	0.26			
0.94	1.12	0.36	0.96	1.11	0.36	0.96	1.11	0.36			
0.90	1.15	0.46	0.91	1.14	0.46	0.91	1.14	0.46			
0.84	1.19	0.55	0.86	1.18	0.55	0.86	1.17	0.55			
0.78	1.24	0.63	0.80	1.22	0.63	0.80	1.22	0.63			
0.72	1.29	0.71	0.74	1.27	0.71	0.74	1.26	0.71			
0.66	1.35	0.78	0.69	1.31	0.78	0.69	1.31	0.78			
0.61	1.40	0.85	0.63	1.36	0.85	0.63	1.36	0.85			
0.56	1.45	0.90	0.58	1.40	0.90	0.58	1.40	0.90			
0.52	12.86	0.93	0.54	12.82	0.93	0.54	12.81	0.93			
0.47	1.52	0.95	0.49	1.46	0.95	0.50	1.46	0.95			
0.44	1.53	0.96	0.46	1.48	0.96	0.46	1.47	0.96			
0.40	1.53	0.95	0.42	1.47	0.95	0.42	1.47	0.95			
0.37	1.51	0.93	0.39	1.45	0.93	0.39	1.45	0.93			
0.34	11.27	0.88	0.36	11.21	0.88	0.36	11.21	0.88			
0.32	1.39	0.81	0.34	1.34	0.81	0.34	1.33	0.81			
0.30	1.29	0.72	0.32	1.24	0.72	0.32	1.23	0.72			
0.28	1.15	0.61	0.29	1.10	0.61	0.30	1.10	0.61			
Σ	47.50 tn	13.46 tn	Σ	46.78 tn	13.46 tn	Σ	46.73 tn	13.46 tn			
FS	3.53			FS	3.48			FS	3.47		

Factor de Seguridad Inicial : 3.47 OK

- Además se deberán realizar dos cálculos para cada panel de refuerzo los cuales son :

- Resistencia contra la rotura de la malla.
- Largo de anclaje de la malla.

El valor de la tensión Ts que actúa sobre el refuerzo en la enésima camada es:

$$Ts = \sigma_v x K a^2 x \Delta H$$

Si el Paramento Frontal tiene una inclinación menor de 6° se utilizará la sgt fórmula para el cálculo del Ka:

$$Ka' = \text{Cosec} \frac{\text{Cose} - \sqrt{\text{Cos}^2 \epsilon - \text{Cos}^2 \phi'}}{\text{Cose} + \sqrt{\text{Cos}^2 \epsilon - \text{Cos}^2 \phi'}}$$

E = Inclinación de la Superficie del Terreno Contenido  
 Ø' = Angulo de Fricción del Relleno Estructural

Si el Paramento Frontal tiene una inclinación mayor de 6° se utilizará la sgt fórmula para el cálculo del Ka:

$$Ka'' = \frac{\text{Seno}^2(\theta - \phi')}{\text{Seno} \theta (\text{Seno} \theta + \text{Seno} \phi')}$$

Ø = Angulo de la inclinación del paramento

Factor de Seguridad contra la Rotura

$$n_{rot} = \frac{Cr}{Ts}$$

Factor de Seguridad contra el Arrancamiento

$$n_{arr} = \frac{Ca}{Ts}$$

$$Ca = 2x \sigma_v x L x W x u x \tan \phi$$

Ø = Angulo del Relleno Estructural  
 u = Factor de Interacción entre el Relleno Estructural y el Refuerzo  
 L = Largo enterrado del refuerzo  
 W = Ancho del refuerzo  
 u = 0.65

Tipo de Suelo del Relleno			
Arcilla	Limo	Arena	Arena Gruesa
0.30	0.50	0.65	0.90

Zn (m)	ΔH (m)	Ka	Esf. Vertical	T (tn/m)	Nrotura	Lr	Narr
2.00	1	0.25	3.94	3.24	2.35	9.26	
1.00	1	0.25	1.97	0.49	6.49	1.60	6.31



**Anexo III**

**Especificaciones Técnicas**

## **1 ALCANCE DEL TRABAJO**

Las especificaciones técnicas incluyen los requerimientos necesarios para ejecutar y completar satisfactoriamente los trabajos de construcción del muro de contención con suelo reforzado utilizando el sistema Terramesh.

El trabajo incluye, sin limitarse solo a ello, a los trabajos de movilización y desmovilización, actividades de remoción de materiales orgánicos, suelos arcillosos, y en general todo material inadecuado, afloramientos rocosos y su posterior disposición en áreas destinadas para su almacenamiento y/o posterior utilización, el suministro e instalación de elementos Terramesh y geotextil; así como colocación y compactación (si es aplicable) de piedra y material de relleno estructural.

Una vez que el contratista responsable de la ejecución de la obra empiece a trabajar o con la colocación de los materiales en un área determinada, se asumirá que este acepta todas las condiciones de los aspectos referidos a la obra, previamente completada por el contratista en esa área. El contratista será responsable de la protección de los aspectos de la obra en el área aceptada hasta la transferencia de tal área al propietario.

Todos los trabajos deberán ejecutarse de acuerdo con el informe de ingeniería, los planos de construcción y las especificaciones técnicas. El contratista deberá proporcionar toda la mano de obra, equipos, herramientas, energía eléctrica, suministros y demás elementos necesarios para llevar a cabo la obra.

Durante la ejecución de la obra, el personal a cargo del Aseguramiento de la Calidad en la Construcción (CQA) y el ingeniero, verificarán el estricto cumplimiento de los planos y las especificaciones por parte del contratista. El personal de CQA trabajará directamente para el propietario y no deberá tener asociación de ningún tipo con el contratista. Las tareas del personal de CQA no eximirán de ninguna manera al contratista de la responsabilidad de realizar el control de calidad permanente, ni tampoco de la responsabilidad de realizar los trabajos en concordancia con estas especificaciones técnicas, el informe de diseño, los planos de diseño y los estándares aplicables.

## 2 DEFINICIONES

Este capítulo proporciona las definiciones y términos utilizados en estas especificaciones y define los deberes y responsabilidades del personal de CQA.

**Aseguramiento de Calidad (QA).** Verificación de las funciones de control de calidad con el propósito de determinar si éstas han sido efectuadas de manera correcta y adecuada.

**Control de Calidad (QC).** Ensayos, observación y funciones relacionadas que se lleven a cabo durante la instalación del sistema, con el fin de determinar que el trabajo sea conducido en conformidad con los planos y especificaciones.

**Diseñador.** Firma o su representante, responsable del diseño y preparación de los planos y especificaciones de construcción del proyecto.

**Documentos del Proyecto.** Son los planos de construcción, planos de registro, especificaciones técnicas, informes diarios, informe final de CQA, todos los resultados de los ensayos realizados tanto en laboratorio como en campo, así como las indicaciones del contratista, constructor y/o instalador.

**Geotextil.** Material de fibra sintética tejida o no tejida, también denominada fibra, utilizada en este caso, como material de separación entre el material de relleno estructural y la piedra de los gaviones.

**Ingeniero.** Firma o su representante, responsable de la administración de la Ingeniería y calidad de la construcción del proyecto.

**Ingeniero de CQA.** Ingeniero administrador responsable de la supervisión y/o realización de las tareas de Aseguramiento de la Calidad en la Construcción descritas en las especificaciones técnicas. El Ingeniero de CQA es responsable de la supervisión del personal de CQA y de todas las tareas asignadas a ellos.

**Laboratorio.** Es el laboratorio establecido y autorizado por el Propietario o Administrador de la construcción para realizar los ensayos de materiales y trabajos involucrados con el contrato.

**Obra.** Todas las tareas que deberá realizar el contratista, de acuerdo con lo definido en los documentos de la propuesta, los planos de construcción y estas especificaciones.

**Planos As-Built.** También denominados “planos de registro”. Estos planos registran las dimensiones, detalles y coordenadas de la instalación luego del término de la construcción.

**Propietario.** Firma o su representante, responsable de la propiedad y las operaciones del proyecto.

**Supervisor de CQA.** Persona responsable de realizar la supervisión y conducción de programas de CQA y ensayos de campo.

### **3 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

#### **3.1 Códigos Aplicables**

A menos que se indique de otro modo, en estas especificaciones o en los planos de diseño, los siguientes códigos, normas y métodos de ensayo deberán ser aplicados a este trabajo:

- Sociedad Nacional de Ensayos y Materiales (ASTM);
- Códigos peruanos aplicables de salud y seguridad;
- Manuales aprobados de control de calidad e instalación del contratista;
- Manual aprobado de control de calidad de fabricación del fabricante;

#### **3.2 Conflictos**

Cuando exista un conflicto entre documentos tales como estas especificaciones, los códigos aplicables, los planos de diseño, otras especificaciones del proyecto o del fabricante, se deberá aplicar el criterio más estricto, a menos que el Ingeniero lo considere de otro modo.

#### **3.3 Mano de Obra**

Todas las operaciones deberán realizarse en forma acabada y de acuerdo con la mejor práctica reconocida para lograr una instalación apropiada y funcional, que sea consistente con el propósito del proyecto.

El contratista será responsable de la protección de todas las estructuras existentes en el área de trabajo y alrededor de la misma, incluyendo instalaciones construidas dentro del alcance actual de la obra, y las instalaciones ya rehabilitadas (en el caso de ser aplicable). Cualquier daño a las instalaciones existentes causado por el contratista deberá ser reparado por él mismo, sin que esto ocasione un costo para el propietario.

Si se determina que el daño a las estructuras existentes fue causado por fuerzas que escapan del control del contratista (condiciones climáticas severas, etc.), el contratista deberá reparar esas estructuras a un costo acordado con el propietario.

### **3.4 Calibración de Equipos**

Los equipos utilizados para las pruebas de conformidad (equipos de laboratorio y campo), tales como balanzas, hornos, equipos de laboratorio de suelos, etc. deberán ser calibrados con una frecuencia de por lo menos una vez al año y/o cuando sea requerido por el Ingeniero de CQA. La calibración deberá ser llevada a cabo en un laboratorio especializado que cumpla con los requerimientos mínimos para tal efecto, y que deberá ser aprobado previamente por el Ingeniero de CQA.

El certificado de calibración deberá ser proporcionado al Ingeniero para su conformidad. La calibración de equipos (de laboratorio y otros) que requiera ser realizada en el proyecto deberá ser verificada por el ingeniero de CQA, quien garantizará que la misma sea hecha acorde a los requerimientos de las normas ASTM específicas para cada tipo de equipo.

### **3.5 Topografía del Proyecto**

El Ingeniero deberá proporcionar al contratista la ubicación de los puntos de control existentes para el control topográfico de la Obra, de manera que el trabajo propuesto se estructure adecuadamente con la información topográfica existente. Será responsabilidad del contratista obtener un control horizontal y vertical adecuado que permitan la ubicación de puntos, límites, taludes y elevaciones como se muestran en los planos de diseño. Las dimensiones y elevaciones mostradas en los planos deben seguirse con exactitud y tendrán prioridad sobre las mediciones a escala. Si las dimensiones necesarias no están indicadas en los planos, no deberá realizarse ningún trabajo que pueda resultar afectado hasta que las dimensiones requeridas sean proporcionadas por el Ingeniero.

El contratista proporcionará controles adicionales de la topografía para el proyecto en forma de monumentos, hitos y puntos de referencia tal como se requiere para construir el muro de contención. El contratista será responsable de colocar estacas de construcción y de la preservación adecuada de los puntos de control. El Ingeniero deberá proporcionar un control suficiente de la topografía para elaborar los planos "as-built" de todos los componentes del sistema. Si, en opinión del Ingeniero, cualquier control de topografía ha sido alterado o destruido

por el contratista o sus empleados, ya sea por descuido o intencionalmente, el contratista deberá asumir el gasto del reemplazo de tales puntos de control.

A pedido del contratista, el Propietario deberá proporcionar documentación as-built para cualquier instalación que haya sido construida por el Propietario antes de la realización de la Obra, como se define en los documentos del contrato. Esto podría incluir, aunque no se limitaría sólo a ello, drenajes subterráneos, caminos, servicios públicos, estructuras de derivación de agua pluvial y terraplenes. El contratista deberá elaborar y proporcionar la documentación as-built de la construcción finalizada de partes de la Obra, tal como se describe en estas especificaciones y en los documentos del contrato.

### **3.6 Movilización y Desmovilización**

La movilización consistirá en el trabajo preparatorio y las operaciones, sin limitarse sólo a ello, que incluyan los trabajos necesarios para el traslado de personal, equipos, suministros y accesorios al lugar de la Obra, para la instalación de oficinas, edificios u otras instalaciones necesarias para trabajar en el Proyecto. Deberá incluir además primas en bonos y seguros para el Proyecto y para todo el trabajo y operaciones que se realicen, o costos en que se incurra con anterioridad al comienzo de las faenas en los distintos puntos del contrato.

La desmovilización deberá incluir el traslado de personal, equipos, edificios, suministros, materiales de desecho y accesorios fuera del lugar de la Obra, al término de esta fase de trabajo o de este contrato. Los materiales consistirán en materiales de construcción, equipos, edificios y herramientas transportadas a campo para realizar los trabajos del contrato. La desmovilización deberá incluir además la limpieza y restauración del lugar del proyecto y las áreas de estacionamiento y almacenamiento del contratista.

La movilización y desmovilización deberá incluir todos los aspectos necesarios para la culminación del proyecto, aunque no sean requeridos específicamente en estas especificaciones o en los planos de diseño. El contratista deberá cumplir todas las normas y reglamentaciones de transporte del Propietario y del Ingeniero.

## **4 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

### **4.1 Generalidades**

Los trabajos de movimiento de tierras que se describen en esta sección deberán consistir en limpieza y desbroce, remoción de turba, suelos orgánicos y arcilla, obtención de suelos de préstamo, remoción de afloramientos de roca, nivelación de la subrasante, colocación de piedra y relleno estructural. El contratista deberá emitir para su aprobación un listado del equipamiento propuesto para efectuar tales trabajos antes de iniciar la construcción.

### **4.2 Limitaciones del Trabajo**

El contratista deberá restringir su equipamiento, el almacenamiento de materiales y la operación de la mano de obra a las limitaciones de la ley, los reglamentos, los permisos o aquellas seleccionadas por el Ingeniero, y no deberá afectar sin razón la propiedad u otros grupos que trabajen en el campo con sus materiales. En todo momento se deberán tomar precauciones para evitar que se bloqueen las rutas de acceso de carguío o que se interfieran de cualquier otro modo otras operaciones que realice el Propietario.

A su vez, el contratista deberá prestar atención a las áreas que se encuentran dentro de las zonas de trabajo indicadas en estas especificaciones, en las cuales el Ingeniero o el Propietario u otros contratistas señalados por los dos anteriores estarán llevando a cabo los trabajos. En éstas se incluyen, sin limitarse sólo a éstas, el área de construcción del muro, las zonas de apilamiento de materiales, entre otras que sean directamente incidentes en la Obra.

El contratista deberá reunirse con el Ingeniero para establecer la extensión de las áreas ya mencionadas y de cualquier otra área que pudiera afectar el programa o el método para realizar el trabajo, y de este modo adecuar las actividades de trabajo a las áreas requeridas.

El contratista no deberá por ningún motivo permitir o incentivar que se realicen actividades que, según la opinión del Ingeniero, pudieran ser peligrosas para el personal, el medio ambiente, la vida silvestre, las operaciones o el público en general.

### 4.3 Áreas de Préstamo y Excavaciones

Todos los materiales necesarios para construir el muro de contención, o para realizar otra actividad relativa al movimiento de tierras deberán obtenerse de las áreas que se muestran en los planos, o bien, que designe el Ingeniero; quien además deberá decidir siempre, si los materiales son adecuados, mientras que el contratista será el responsable de obtenerlos desde las áreas de préstamo aprobadas y transportarlos a la ubicación requerida; además deberá procesarlos como se describe en las secciones correspondientes de estas especificaciones.

El contratista deberá preocuparse de mantener la estabilidad de todos los taludes, y aquellos que el Ingeniero considere inestables deberán ser perfilados nuevamente para proporcionar estabilidad sin costo para el Propietario. En la medida de lo posible, en todas las áreas de préstamo se deberá proceder al corte durante el turno de día. Los taludes deberán ser conformados de modo de facilitar el drenaje y evitar estancamiento de aguas.

Se definirá como áreas de préstamo y excavaciones permanentes a aquellas que permanezcan abiertas durante un período de más de un mes. A menos que se indique de otro modo, ya sea en los planos de construcción o en estas especificaciones, todas las excavaciones permanentes y los taludes de relleno se deberán llevar a un talud no mayor de 3:1 (H:V) en suelos arcillosos, 1.5:1 (H:V) en suelo o roca altamente meteorizada y hasta 1:1 (H:V), para excavaciones en roca firme.

Los materiales provenientes de las excavaciones deberán ser removidos y colocados en áreas designadas por el Propietario y el Ingeniero, pudiendo incluirse el botadero de desmontes de roca de mina o botaderos designados explícitamente para estos materiales. Los registros de construcción de los contratistas deberán indicar claramente el lugar donde se depositó o apiló cada carga de material, utilizando los nombres o etiquetas especificados por el Propietario, de modo que se le pueda asignar el precio y valor adecuados. En el caso que cualquier material depositado se encuentre sin la identificación correspondiente, éste deberá estar sujeto a un pago basado en la tasa de unidad mínima indicada para depósito o apilamiento de material sobrante.

#### **4.4 Limpieza, Desbroce y Desencapado**

Todas las áreas dentro de la zona de la construcción, o que se utilizarán como fuentes de préstamo, se deberá antes que todo, realizar la limpieza, desbroce y desencapado, lo cual deberá realizarse sólo dentro de la fase actual de construcción, a menos que el Ingeniero determine de otra manera, quien, a su vez, deberá aprobar la extensión de estas actividades.

La limpieza consistirá en cortar arbustos, matorrales y pastos hasta llegar aproximadamente a nivel del suelo y depositar el material retirado en el lugar que determine el Ingeniero. El desbroce consistirá en remover y eliminar toda la vegetación, las raíces y los elementos orgánicos y nocivos. Si es necesario quemar, todos los materiales quemados y los no quemados (incluyendo las cenizas) deberán ser removidos del área de construcción y ubicados en el lugar que determine el Ingeniero.

El desencapado consistirá en la extracción y apilamiento del suelo superficial, según lo determine el Ingeniero. Los requerimientos para ello variarán a lo largo del lugar de la Obra. En los casos que se requiera remoción de turba, no será necesario realizar desencapado.

Los materiales extraídos durante estas etapas de limpieza, desbroce y desencapado deberán apilarse o de otro modo depositarse en áreas aprobadas, según lo determine el Ingeniero, quien, a su vez, determinará como se deposita, compacta y perfila nuevamente la capa vegetal en áreas desde donde se pueda volver a utilizar.

#### **4.5 Remoción de Turba**

Para los propósitos de estas especificaciones, se definirá como turba a la turba verdadera, arcillas orgánicas o blandas, limos orgánicos o blandos u otro material inadecuado que no se defina como suelo superficial o arcilla según lo determine el Ingeniero. Toda la turba deberá ser removida del área de construcción y ubicada en la zona que determine y de la forma aprobada por el Ingeniero. Cualquier turba que haya sido ubicada inadecuadamente, valiéndose de métodos no aprobados o utilizando áreas no aprobadas, deberá ser excavada y re-ubicada apropiadamente siendo el costo de este trabajo de exclusiva responsabilidad del contratista.

Toda la turba que se encuentra al interior de los límites de la Obra tiene que ser removida, para lo cual los límites aproximados de ésta se indican en los planos del diseño. En el caso que el depósito de turba se extienda más allá del área de construcción, la turba deberá ser removida al menos 5 metros más allá de dicha área, o bien, a un límite que determine el Ingeniero. A fin de asegurar que se remueva todo este tipo de suelo, la excavación correspondiente deberá extenderse como mínimo 2000 mm lateralmente y 500 mm verticalmente en materiales competentes, según lo determine el Ingeniero. Las excavaciones de turba deberán realizarse en forma consistente con las excavaciones temporales y permanentes, como se muestra en los planos o como se describe en estas especificaciones.

La turba deberá ser apilada o colocada en áreas designadas; además, según lo disponga el Ingeniero, se les deberá ubicar y perfilar nuevamente en áreas desde donde se pueda volver a utilizar.

#### **4.6 Remoción de Arcilla**

Cualquier depósito de arcilla, cuyo espesor sea mayor a 1000 mm, que a criterio del Ingeniero constituya un volumen importante y que haya sido descubierto dentro de los límites de la construcción deberá removerse y apilarse en un área aprobada para su futura utilización.

Según lo indique el Ingeniero se deberá depositar y perfilar nuevamente la arcilla en áreas donde se pueda volver a utilizar. Se deberá compactar el apilamiento, con el fin de que escurra y se minimice la infiltración por efectos de la lluvia. Los suelos que tienen un alto contenido orgánico o demasiada humedad, o según el Ingeniero no son apropiados, deberán ubicarse en los apilamientos de turba o de suelo superficial y no en el apilamiento de arcilla.

Para propósito de estas especificaciones, se definirá como arcilla los suelos plásticos, de grano fino no-orgánico, que existan cerca y dentro del área de trabajo. Los materiales deberán tener un contenido de finos (material que pasa la malla 200), de por lo menos 30% y un índice de plasticidad mayor de 5. La extensión de la zona de arcilla que debe removerse deberá ser determinada en campo por el Ingeniero.

Las excavaciones de arcilla deberán ser tratadas de forma consistente con todas las excavaciones temporales o permanentes, como se muestra en los planos o como se describe en estas especificaciones.

#### **4.7 Remoción de Afloramientos y Preparación de Superficies de Roca**

Se deberán remover los afloramientos rocosos que eventualmente sean encontrados en el área de trabajo y donde sea necesario para completar otras partes de la Obra, según lo determine el Ingeniero. El contratista deberá aplicar todas las técnicas adecuadas para remover estos afloramientos, incluyendo escarificado, fractura por impacto, y/o voladura, para conseguir los niveles aproximados a los indicados en los planos.

A menos que el Ingeniero especifique de otro modo, las irregularidades del terreno después de la remoción de los afloramientos rocosos no deberán ser mayores a 300 mm en forma vertical en una distancia horizontal no menor de 1,000 mm, para la superficie de diseño. Para las obras de derivación, la irregularidad del terreno no deberá ser mayor a 100 mm verticalmente en una distancia horizontal no menor de 1,000 mm. Se deberán extraer todas las rocas sueltas mayores a 100 mm en su dimensión máxima, al mayor grado posible, antes de la colocación de los materiales sobreyacentes.

El Ingeniero deberá aprobar el uso de los materiales obtenidos de los afloramientos en la construcción de rellenos estructurales, y/o estructuras para el control de la erosión, siempre que estos materiales cumplan con las especificaciones correspondientes para ello. El excedente de material o aquel que no sirva deberá ser apilado o trasladado a las áreas mostradas en los planos de diseño o que haya aprobado el Ingeniero.

#### **4.8 Relleno Estructural y Nivelación**

El contratista deberá cortar las zonas altas y rellenar las zonas bajas en campo, de forma de aproximarse a los niveles y dimensiones mostrados en los planos de diseño. El contratista deberá reconstruir las áreas que hayan sido alteradas previamente por otras actividades de construcción, en las que se incluyen, sin limitarse sólo a ello, la remoción y/o re-nivelación de caminos de acceso temporales y plataformas existentes dentro del área de construcción. A menos que el Ingeniero lo considere aceptable, todos los restos sueltos de estas

actividades deberán ser removidos y usados en áreas cercanas de relleno estructural. Estos materiales deberán cumplir con las especificaciones de materiales para relleno estructural descritas en este documento. Todo material que el Ingeniero considere como no aceptable deberá ser cargado en un área de apilamiento definido por el mismo.

En caso de ser necesario, el relleno deberá ser obtenido de una fuente de préstamo aprobada y colocado cumpliendo con los requerimientos de relleno estructural aquí descritos. Todos los cortes y rellenos deberán ser nivelados con una inclinación no mayor a 2:1 (H:V) dentro de las áreas de construcción o aquellas áreas para las futuras fases del pad de lixiviación, a menos que se muestre algo diferente en los planos de construcción, o que el Ingeniero apruebe algo diferente.

Para la construcción de todos los rellenos el contratista deberá usar materiales del lugar o importados que hayan sido previamente aprobados. Los rellenos estructurales consistirán en material de suelo y rocas que cumplan los requerimientos de granulometría descritos en estas especificaciones. Todos los materiales para relleno estructural de suelo no deberán tener materia orgánica o deletérea, y que cumplan con los requerimientos de la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1**  
**ESPECIFICACIONES DE MATERIAL DE RELLENO ESTRUCTURAL**

Tamaño de Malla		% que pasa
SI	Norma EE.UU.	Relleno Estructural
200 mm	8 pulgadas	100
150 mm	6 pulgadas	85 – 100
75 mm	3 pulgadas	70 – 100
38 mm	1.5 pulgada	55 – 100
13 mm	1/2 pulgada	37 – 85
4.75 mm	# 4	22 – 70
0.45 mm	# 40	5 – 50
0.075 mm	# 200	0 – 40
Índice de Plasticidad (ASTM D-4318)		ver Tabla 4-2

**Tabla 4-2**  
**ÍNDICES DE PLASTICIDAD PARA RELLENO ESTRUCTURAL**

% que pasa la Malla ASTM 0.075 mm (#200)	Índice de Plasticidad (IP) (valor máximo)
30 - 40	12
25 - 30	17
16 - 25	20
5 - 15	25
Menor a 5	30

Previo a la colocación del relleno, el contratista deberá completar todas las actividades de limpieza, desbroce, desencapado, remoción de turba y de arcilla, las que deberán ser aprobadas por el Ingeniero. Adicionalmente, el suelo natural existente en las áreas que serán rellenadas de ser requerido por el Ingeniero de CQA deberá ser escarificado, humedecido y compactado antes de iniciar la colocación del relleno estructural. Las superficies aprobadas para la colocación de relleno estructural que no sean cubiertas por el contratista oportunamente y que por razones del clima u otros, sufran algún daño, deberán ser retrabajadas y acondicionadas nuevamente antes de iniciar la colocación del material de relleno estructural, para lo cual se deberá contar con la aprobación del Ingeniero de CQA.

En taludes mayores a 5:1 (H:V) o donde lo indique el Ingeniero se deberán construir escalonamientos para acomodar el relleno estructural, con la finalidad de incrementar la resistencia al deslizamiento de las superficies en contacto. Los escalonamientos deberán tener las dimensiones indicadas en los planos o indicadas por el Ingeniero. Sin embargo, de preferencia las capas de relleno estructural deberán ser colocadas en forma horizontal, de tal forma que se logre cubrir el área total (en longitud y ancho), antes de la colocación de las capas posteriores.

Todo relleno de suelo deberá ser colocado en capas sueltas de 300 mm como máximo, acondicionado a un contenido de humedad en un rango entre -2% y +4% del valor óptimo y compactado a una densidad relativa del 95% según

ASTM D-698. El Ingeniero deberá supervisar la colocación del relleno y verificar que se haya realizado el acondicionamiento de humedad correcto, se hayan cumplido los requerimientos de densidad y que se hayan utilizado los métodos de construcción apropiados. De ser posible se deberá llevar un control topográfico del espesor de las capas de relleno estructural y de ser necesario (y/o requerido por el Ingeniero de CQA) se deberán realizar calicatas para la verificación del mismo.

Bajo ninguna circunstancia se permitirá la colocación de relleno estructural en áreas con presencia de estancamientos o empozamientos de agua, siendo responsabilidad del contratista realizar todos los esfuerzos que sean necesarios para impedir que la precipitación directa y el agua de escorrentía superficial erosionen o saturen los materiales de relleno.

Si a consideración del Ingeniero, la superficie del relleno se ha tornado demasiado seca o muy dura como para permitir una unión adecuada con la capa posterior, el material se aflojará escarificando; se humedecerá o se volverá a compactar, según lo determine el Ingeniero antes de la colocación de la capa siguiente.

El Ingeniero deberá verificar que todos los ensayos están completos, que se han obtenido la humedad y los valores de densidad requeridos y que se han utilizado los métodos de construcción apropiados. Es responsabilidad del personal encargado de control de calidad realizar las pruebas de densidad/humedad en campo y las pruebas de laboratorio con una frecuencia mínima igual a la especificada en el Manual de Aseguramiento de la Calidad de la Construcción (CQA) del proyecto.

## **5 ELEMENTOS TERRAMESH**

### **5.1 Generalidades**

El Sistema Terramesh cuenta en su conformación con elementos estructurales, los cuales forman a su vez el paramento frontal y el elemento de refuerzo a ser anclado en el suelo. Estos elementos denominados elementos Terramesh System son fabricados a partir de un único paño de malla hexagonal a doble torsión.

### **5.2 Elementos Terramesh**

Los elementos Terramesh son elementos de forma prismática rectangular con un refuerzo horizontal constituido por piedras confinadas exteriormente por una red de alambre de acero protegido con un recubrimiento de Zn + Al. Adicionalmente, este alambre lleva un revestimiento de PVC que mejora el sistema de protección del alambre.

El elemento Terramesh está constituido por un paño base que formará la cara superior, la frontal, la base del paramento externo y la cola que cumplirá la función de anclaje. El paño que conforma el elemento Terramesh será de malla hexagonal a doble torsión, las torsiones serán obtenidas entrecruzando dos hilos por tres medios giros. La abertura de la malla será de 10 cm por 12 cm. Los elementos tienen 1 metro de alto por 2 metro de largo.

La base, frente y tapa de los elementos Terramesh son formados por un único paño de red. La caja del paramento frontal del elemento Terramesh deberá ser dividida en dos celdas por un diafragma que deberá ser amarrado durante la construcción en la obra. El lado inferior del panel posterior debe ser cosido al paño de base, durante la fabricación, con un espiral de alambre de diámetro de 2 mm

Los elementos Terramesh deberán ser fabricados de mallas de alambre tejido y doblado formando paneles y deberán cumplir los requerimientos indicados en la Tabla 5-1, "Propiedades de la Malla Metálica". Antes de la aprobación para la instalación de los elementos Terramesh, el contratista deberá proporcionar al Propietario los certificados de conformidad firmados por un representante del Fabricante estableciendo que los materiales suministrados cumplen las propiedades indicadas en dicho documento.

**Tabla 5-1**  
**PROPIEDADES DE LA MALLA METÁLICA**

Ensayo	Designación de Ensayo		Valor Mínimo Promedio
	ASTM	Unidad	
Resistencia a la Tracción	A-641-92	kg/mm <sup>2</sup>	38
Diámetro de la Malla	A-641-92	mm	3.4
Tolerancia del Alambre	A-641-92	mm	0.004
Cantidad de Zinc	A-641-92	gr/m <sup>2</sup>	0.8
Adhesión del Zinc	A-641-92	visual	que pase
Elongación	A-370-92	%	<12

Todo el alambre utilizado en la fabricación de los elementos Terramesh y en las operaciones de amarre y atirantamiento durante su construcción, debe ser revestido con una aleación de zinc -5% aluminio (Zn 5 Al MM) de acuerdo con las especificaciones de la ASTM A-856M-98, clase 80. Esto significa la cantidad mínima de revestimiento galván en la superficie de los alambres es de 244g/m<sup>2</sup>.

El revestimiento de zinc debe adherir al alambre de tal forma que, después del alambre haber sido enrollado 15 veces por minuto alrededor de un mandril, cuyo diámetro sea igual a 3 veces el del alambre, no pueda ser escamado o quebrado o removido con el pasar del dedo, de acuerdo con la especificación de la ASTM A-641M-98.

La red que forma los elementos Terramesh deberá ser tejido en forma de malla hexagonal a doble torsión, entrelazando los alambres por tres veces media vuelta, de esta manera se impedirá que la malla se desteje por rotura accidental de los alambres que lo conforman.

Las características indispensables que deberá tener el tipo de red a utilizar son las siguientes:

- No ser fácil de destejer o desenmallar.
- Poseer una elevada resistencia mecánica y contra la corrosión.

- Facilidad de colocación.

Las dimensiones de la malla serán del tipo 8x10 cm. El diámetro del alambre utilizado en la fabricación de la malla debe ser de 2.7 mm y de 3.4 mm para los bordes.

El alambre para amarre y atirantamiento se proveerá en cantidad suficiente para asegurar la correcta vinculación entre los gaviones, el cierre de las mallas y la colocación del número adecuado de tensores. La cantidad estimada de alambre es de 8% en relación a su peso.

### **5.3 Relleno de Gavión**

El contratista deberá utilizar materiales in-situ ó materiales importados previamente aprobados para el relleno de los gaviones. El relleno debe ser realizado con materiales que cumplan con los requerimientos de graduación descritos aquí. Todos los materiales de relleno no deben presentar meteorización, deben ser durables, libres de material orgánico u otros materiales deletéreos.

El tamaño de la piedra deberá ser lo más regular posible, y tal que sus medidas estén comprendidas entre la mayor dimensión de la abertura de la malla y 2 veces dicho valor. Podrá aceptarse, como máximo, el 5% del volumen de la celda del gavión con piedras del tamaño menor al indicado. El tamaño de piedra deseable estará entre 6" y 10". En general los materiales de relleno deben cumplir los requerimientos mínimos indicados en la Tabla 5-2 "Especificaciones para Material de Relleno de Gaviones".

Las piedras deben ser colocadas apropiadamente para reducir al máximo el índice de vacíos, así como previsto en el diseño (aprox. 25%), hasta alcanzar aproximadamente 0.30 m de altura en el caso de elementos de 1 metro de altura o 25 cm de altura para los elementos de 0.50 m de altura.

Luego, deberán colocados cuatro tirantes (tensores) horizontalmente por cada elemento. Cada tirante debe ser amarrado a dos torsiones de la malla de la cara frontal y a dos de la cara posterior del elemento. La correcta colocación de un encofrado facilitará el amarre.

El material de relleno debe proceder de una fuente de préstamo aprobada, desde donde los materiales serán excavados y transportados al lugar por el contratista. El contratista deberá ser responsable de la colocación del relleno en las mallas de gaviones de acuerdo a los planos de construcción y recomendaciones del fabricante.

El Propietario debe verificar que la colocación del material en los gaviones sea la apropiada y se utilice un método de construcción adecuado. No se requiere que el contratista lleve a cabo ensayos de densidad.

**Tabla 5-2**  
**ESPECIFICACIONES PARA MATERIAL DE RELLENO DE GAVIONES**

Tamaño del Tamiz		% que Pasa
SI	Norma U.S.A.	Relleno del Gabión
200 mm	8 pulg.	100
150 mm	6 pulg.	0-100
75 mm	3 pulg.	0
19 mm	3/4 pulg.	0
4.75 mm	#4	0
0.45 mm	#40	0
0.075 mm	#200	0
Índice de Plasticidad (ASTM D-4318)		No Plástico
Índice de Carga Puntual Mínima Promedio Corregida (IS 50) *		> 2.7 N/mm <sup>2</sup>

Nota: \* = Promedio basado en un mínimo de 10 muestras y un máximo de 50.

#### 5.4 Construcción

Antes de proceder a la ejecución de obras, el contratista deberá obtener la autorización escrita del Ingeniero de CQA, previa aprobación del tipo de red a utilizar. Cualquier modificación en las dimensiones o en la disposición de los gaviones a utilizar deberá contar con la aprobación del Ingeniero. No podrán aprobarse aquellas modificaciones que afecten la forma o la funcionalidad de la estructura.

La base donde los gaviones serán colocados deberá ser nivelada hasta obtener un terreno con la pendiente prevista. Los niveles de excavación deberán ser verificados por el Ingeniero antes de proceder a la colocación de los gaviones; se constatará que el material de asiento sea el adecuado para soportar las cargas a que estará sometido y si el Ingeniero lo cree conveniente, las cotas podrán ser cambiadas hasta encontrar las condiciones adecuadas.

El contratista debe prevenir dañar el geotextil que será colocado en la base del canal u otros materiales o equipos que se encuentren operando durante la construcción. El armado y colocación de los gaviones se realizará respetando las especificaciones del Fabricante. Cada unidad será desdoblada sobre una superficie rígida y plana, levantados los paneles de lado y colocados los diafragmas en su posición vertical. Luego se amarrarán las cuatro aristas en contacto y los diafragmas con las paredes laterales.

El armado y colocación de los gaviones se realizará respetando las especificaciones del fabricante de los gaviones. Cada unidad será desdoblada sobre una superficie rígida y plana, levantados los paneles de lado y colocados los diafragmas en su posición vertical. Luego se amarrarán las cuatro aristas en contacto y los diafragmas con las paredes laterales.

Antes de proceder al relleno deberá amarrarse cada gavión a los adyacentes, a lo largo de las aristas en contacto, tanto horizontales, como verticales. El amarre se efectuará utilizando el alambre provisto junto con los gaviones y se realizará de forma continua atravesando todas las mallas cada 100 mm con una y dos vueltas, en forma alternada.

Para obtener un mejor acabado, los gaviones podrán ser traccionados antes de ser llenados, según disponga el Ingeniero Inspector. Como alternativa podrá usarse un encofrado de madera. En caso de que el talud sea muy inclinado, se deberá fijar los elementos Terramesh con la ayuda de estacas de madera.

El relleno de los gaviones será efectuado con piedra seleccionada. El relleno debe permitir la máxima deformabilidad de la estructura, dejar el mínimo porcentaje de vacíos, asegurando así un mayor peso. Durante la operación de relleno de los gaviones, deberán colocarse dos o más tirantes de alambre a mitad de la altura del gavión. Estos tirantes unirán paredes opuestas con sus

extremos atados alrededor de dos nudos de la malla. En caso de que los gaviones sean llenados previamente e izados para su colocación, deberán colocarse tirantes verticales.

Después de completar el relleno de los gaviones, se procederá a cerrar el gavión bajando la tapa, formando el elemento Terramesh, la cual será cosida firmemente a los bordes de las paredes verticales. Se deberá cuidar que el relleno del gavión sea el suficiente, de manera tal que la tapa quede tensada confinando la piedra.

## **6 GEOTEXTIL**

### **6.1 Generalidades**

Esta sección indica los requerimientos para el revestimiento y la instalación del geotextil de separación, como se muestra en los planos de construcción y está descrito en estas especificaciones. El contratista deberá proveer por completo, las instrucciones escritas de almacenaje, manejo, instalación y soldadura del geotextil, en cumplimiento con estas especificaciones, las recomendaciones del Fabricante y las condiciones de garantía, previo a la construcción. El geotextil deberá ser fabricado en una planta debidamente certificada que será aprobada previamente por el Ingeniero, además deberá ser elaborada por un mismo Fabricante.

### **6.2 Entrega, Almacenamiento y Manejo de Geotextil**

El contratista deberá responsabilizarse por el transporte, descarga y almacenamiento del geotextil. Los materiales deberán ser empacados y embarcados en medios apropiados a fin de no producir daño alguno al geotextil y deberán ser entregados en campo sólo después de que el Ingeniero haya recibido y aprobado toda la documentación requerida antes descrita. La descarga se hará en presencia del Ingeniero y cualquier daño ocasionado durante la descarga será informado y documentado por el Ingeniero y el contratista. El Ingeniero llevará un registro de todo el material de geotextil entregado en campo en el formulario de geotextil recibido pertinente.

El contratista será responsable por cualquier daño ocasionado en el tejido una vez que el material es entregado en el sitio. Todos los rollos dañados deberán ser separados del material no dañado. El Ingeniero deberá determinar la disposición final de los rollos dañados. El Ingeniero tendrá la autoridad final con respecto a la determinación del daño. El contratista será responsable de reemplazar cualquier geotextil que se considere inaceptable debido a algún daño ocasionado en el sitio, sin que esto represente costo alguno al Propietario.

El contratista deberá transportar los rollos del material desde el área de almacenamiento hacia el lugar de construcción de acuerdo a un cronograma aprobado por el Propietario. Una vez que los rollos de geotextil hayan sido transportados, deberán ser apilados en una superficie preparada, colocando

cinco rollos como máximo en cada pila. La superficie deberá ser preparada de modo que el tejido no esté expuesto a rocas u objetos afilados, suciedad, agua, grasa, petróleo, abrasión mecánica, excesivo calor, exposición a radiación ultravioleta u otras condiciones nocivas. Los rollos de geotextil no deberán ser colocados en tarimas de madera. El Propietario asignará suficiente espacio para el almacenamiento de los materiales en forma adecuada y segura, de acuerdo a lo anteriormente descrito.

El contratista deberá usar el equipo apropiado para transportar el geotextil desde el área de almacenamiento y luego desplegarlo. Este equipo puede incluir un separador y barras de rollo y no deberá dañar el geotextil o la subrasante. El contratista reparará cualquier daño que se produzca a la entera satisfacción del Ingeniero, sin que esto represente costo alguno para el Propietario.

### 6.3 Material

El geotextil deberá cumplir con los requerimientos establecidos para el geotextil no tejido, punzonado con aguja, tal como se indica en la Tabla 6-1. Antes de la aprobación del geotextil, el contratista deberá proporcionar al Propietario un certificado de cumplimiento firmado por un representante del Fabricante afirmando que el material a ser suministrado cumple con las propiedades aquí establecidas, y que es apropiado para el uso deseado.

**Tabla 6-1**  
**PROPIEDADES DEL GEOTEXTIL**

Ensayo	Designación del Ensayo	Unidad	Valor Promedio Mínimo del Rollo <sup>1</sup>
Peso del material	ASTM D-3376	gm/m <sup>2</sup>	270
Resistencia a tensión de agarre	ASTM D-4632	N	950
“Mullen Burst”	ASTM D-3786	kPa	2500
Resistencia al punzonamiento	ASTM D-4833	N	440
Desgarro trapezoidal	ASTM D-4533	N	350
Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	0.3
Resistencia UV	ASTM D-4355	% retenido c/500 h	70
Tamaño de apertura aparente	ASTM D-4751	mm (tamaño malla)	0.15 <sup>2</sup> (100)

Notas:

1. El valor promedio mínimo del rollo (MARV) se define como:  
$$\text{MARV (Valor Promedio Mínimo de Rollo)} = \bar{x} - t \sigma \approx \bar{x} - 2 \sigma$$
 (por ejemplo, para un gran número de muestras de prueba por lote)  
 $\bar{x}$  = valor medio  
 $t$  = valor t de estudiante al 97.5% del nivel de confianza  
 $\sigma$  = desviación estándar
2. El valor del tamaño de apertura aparente corresponde a un valor máximo,
3. El material debe cumplir o exceder todos los valores indicado en la Tabla 6-1. Materiales de poco peso que cumplan con las propiedades mecánicas no son aceptables.
4. Sólo el Ingeniero de registro puede tomar una decisión en cuanto a la reducción de los valores establecidos en la Tabla 5-1.

El geotextil debe ser fabricado de polipropileno; sin embargo, el poliéster es un sustituto aceptable si éste cumple todos los requerimientos indicados en la Tabla 6-1. El geotextil deberá ser fabricado de materiales vírgenes. Se puede permitir hasta 10% de material reciclado si este no se encuentra contaminado con polvo, suelo, líquidos, etc., el cual no deberá ser utilizado en la fabricación del producto.

El Fabricante deberá disponer de un apropiado sistema de detección de agujas que eventualmente se hayan podido quedar como parte del proceso de punzonado, durante la fabricación de un geotextil no tejido. El Fabricante deberá certificar que el geotextil se encuentra libre de agujas.

Adicionalmente al certificado de cumplimiento, el Fabricante deberá realizar una prueba de control de calidad de laboratorio al geotextil cada 5,000 metros cuadrados del material (o fracción) entregado en el sitio del proyecto. Se deberá evaluar el geotextil para verificar los parámetros indicados en la Tabla 6-1, "Propiedades del Geotextil", de acuerdo a los métodos de prueba especificados. Se deberá presentar al Ingeniero un resumen de los resultados de la prueba de control de calidad siete (7) días antes del embarque por parte del Fabricante. No se deberá instalar ningún material a menos que los certificados de control de calidad hayan sido revisados y aprobados por el Ingeniero. Los certificados de control de calidad deberán incluir lo siguiente:

- El número de rollo e identificación;
- Los procedimientos de prueba utilizados, los resultados de la evaluación del laboratorio y las especificaciones del proyecto; y

- Certificados que demuestren que las pruebas descritas en la Tabla 6-1, Propiedades del Geotextil, se desarrollaron como fue especificado.

Si los certificados no son entregados en un tiempo prudencial, o en un formato que permita una rápida revisión, el Instalador pagará al Propietario (o pagará multas) por el tiempo adicional y los gastos en que este último haya incurrido (más 20%), como resultado de la inhabilidad del contratista para cumplir con los requerimientos de la documentación. En el caso de que los certificados originales no cumplieran los requerimientos, se aplicarán multas por la revisión de nuevos certificados.

## **7 LIMPIEZA**

El contratista deberá remover todo el material de desecho, restos de suelos de la construcción, usando sus propios equipos y a su propio costo. El contratista retirará y evacuará en forma apropiada todos los materiales peligrosos, equipos descompuestos, partes y otros desechos del área, con sus propios equipos y a su propio costo.

En ningún momento el contratista desechará los excesos de geotextiles, materiales de embalaje u otros objetos dentro de las áreas de construcción (ejemplo: dentro de los rellenos arcilla, turba, suelo superficial, cubiertas o similares). El contratista proveerá con suficiente mano de obra y equipos para disponer de los materiales anteriormente descritos de una manera segura y adecuada. Cualquier daño producido como resultado de estas actividades será inmediatamente reparado por el contratista, o por la parte designada por el Ingeniero. El costo de estas reparaciones será de cargo del contratista, según lo determine el Ingeniero o el Propietario.

## 8 DOCUMENTOS A ENTREGAR

El contratista entregará datos de Ingeniería los que incluirán planos e información descriptiva detallada para mostrar el tipo, tamaño, arreglos y operación de los materiales y aparatos, conexiones externas, anclajes y soportes necesarios, características de manejo, dimensiones necesarias para la instalación y su correlación con otros materiales y equipos y toda la información adicional que sea requerida en estas especificaciones.

La información proporcionada incluirá planos mostrando el alineamiento de los sistemas de tuberías y detalles esenciales de cualquier cambio propuesto por el contratista.

Las entregas del contratista deberán incluir, sin limitarse sólo a lo siguiente:

- Cronograma de Presentación (ítem por ítem dentro de los 7 días posteriores a la Notificación de Concesión).
- Literatura de Geosintéticos del Fabricante, Certificaciones e Información de Control de Calidad.
- Literatura de Tuberías del Fabricante, Certificaciones e Información de Control de Calidad.
- Planes de Control de Calidad del Contratista.
- Manual de Instalación del Fabricante.
- Cronograma de Operaciones (tarea por tarea).
- Planos de Taller, incluyendo Copias Electrónicas (de ser requeridas).
- Garantías Escritas para todos los Materiales Fabricados e Instalados.
- Equipo para los Trabajos de Preparación del Terreno (sólo lista).
- Especificaciones de la Planta de Chancado/Tamizado (si es requerido).
- Programa de Operaciones (en una base tarea por tarea).
- Planos de Fabricantes (si son requeridos).

## **9 CONTROL DE CALIDAD (QC) Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (QA) DE LA CONSTRUCCIÓN**

Todos los trabajos indicados en estas especificaciones deberán ser aprobados e inspeccionados por el contratista y el Ingeniero. Los ensayos de control de calidad del trabajo deberán ser ejecutados por el contratista. El CQA deberá ser realizado por el Ingeniero y sus representantes autorizados. Todos los ensayos e inspecciones de control de calidad y de CQA se realizarán de acuerdo a la última revisión de las especificaciones tituladas "Programa de Aseguramiento de la Calidad de la Construcción, CQA" preparadas y emitidas en el informe principal de este trabajo y a los programas de control de calidad publicados por los instaladores y fabricantes de los productos usados en este trabajo.

La meta final de los programas de control de calidad y CQA es asegurar que se use técnicas de construcción y procedimientos adecuados, que el proyecto sea construido de acuerdo a los planos de diseño y a las especificaciones y que los sistemas de contención de soluciones sean tan perfectos y libres de pérdidas como sea técnicamente posible. Para lograr esto, durante la construcción se puede requerir de cambios al programa de Trabajo. El contratista deberá ser notificado por el Ingeniero de tales cambios y éstos deberán ser adoptados como parte de estas especificaciones.

**Anexo IV**

**Presupuesto y Análisis de Costos**

**Unitarios**

### PRESUPUESTO REFERENCIAL

Obra: **Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh**

Fecha: **Apr/2007**

Cliente: **Universidad Nacional de Ingeniería**

Tipo de Cambio: **3.18**

Ubicación: **Lima**

Ítem	Descripción	Unid	Metrado	Precio Unitario	Parcial (S/.)	Subtotal (S/.)
1.00	<b><u>Obras Preliminares</u></b>					<b><u>300.50</u></b>
1.01	Limpieza de Terreno y Nivelacion	m2	32.00	2.95	94.40	
1.02	Recoleccion y Acopio de Piedra	m3	30.00	6.87	206.10	
2.00	<b><u>Movimiento de tierras</u></b>					<b><u>3,829.18</u></b>
2.01	Colocacion y Compactacion de Relleno Estructural	m3	62.64	61.13	3,829.18	
3.00	<b><u>Terramesh System</u></b>					<b><u>5,189.16</u></b>
3.01	Instalacion de Elemento Terramesh 1.0 x 1.0 x 3.0 m, malla 10x12, ø 3.7 mm	und	15.00	310.36	4,655.40	
3.02	Instalacion de Geotextil Mactex MT400	m2	48.00	11.12	533.76	
4.00	<b><u>Estudio Geotecnico y Control de Calidad</u></b>					<b><u>2,436.00</u></b>
4.01	Ensayos de Laboratorio, In-Situ y Control de Calidad	glb	1.00	2,436.00	2,436.00	
<b>COSTO DIRECTO (S/.)</b>						<b>11,764.84</b>

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Obra: **Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh**

Propietario: **Universidad Nacional de Ingeniería**

PARTIDA	DESCRIPCIÓN:
1.01	Limpieza de Terreno y Nivelacion

FECHA	UNIDAD	RENDIMIENTO/d	TOTAL (S./ UNIDAD)
Apr-07	m2	21.33	2.95

#### 1.- MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Capataz	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Operario	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Oficial	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Peón	hh	2.00	0.7501	3.75	2.81

Precio Unitario Mano de Obra (S/.) 2.81

#### 2.- MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
					0.00

Precio Unitario Materiales (S/.) 0.00

#### 3.- EQUIPOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Herramientas	%		5%	2.81	0.14

Precio Unitario Equipos (S/.) 0.14

OBSERVACIÓN:
Tipo de cambio: S/. 3.18

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Obra: **Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh**

Propietario: **Universidad Nacional de Ingenieria**

PARTIDA	DESCRIPCIÓN:
1.02	Recoleccion y Acopio de Piedra

FECHA	UNIDAD	RENDIMIENTO/d	TOTAL (S/./ UNIDAD)
Apr-07	m3	9.00	6.87

#### 1.- MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Capataz	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Operario	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Oficial	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Peón	hh	2.00	1.7778	3.75	6.67

Precio Unitario Mano de Obra (S/.) **6.67**

#### 2.- MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
					0.00

Precio Unitario Materiales (S/.) **0.00**

#### 3.- EQUIPOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Herramientas	%		3%	6.67	0.20

Precio Unitario Equipos (S/.) **0.20**

OBSERVACIÓN:
Tipo de cambio: <b>S/.</b> 3.18

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Obra: **Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh**

Propietario: **Universidad Nacional de Ingeniería**

PARTIDA	DESCRIPCIÓN:
2.01	Colocacion y Compactacion de Relleno Estructural

FECHA	UNIDAD	RENDIMIENTO/d	TOTAL (S./ UNIDAD)
Apr-07	m3	26.56	61.13

#### 1.- MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Capataz	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Operario	hh	0.10	0.0301	6.25	0.19
	Oficial	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Peón	hh	3.00	0.9036	3.75	3.39

Precio Unitario Mano de Obra (S/.) **3.58**

#### 2.- MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Agua	glb	1.00	30.00	30.00
	Material de relleno seleccionado	m3	1.20	18.00	21.60

Precio Unitario Materiales (S/.) **51.60**

#### 3.- EQUIPOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Herramientas	%		5%	3.58	0.18
	Compactador vib. Tipo Plancha 4 HP	hm	1.00	0.3012	19.15	5.77

Precio Unitario Equipos (S/.) **5.95**

#### OBSERVACIÓN:

Tipo de cambio: **S/ 3.18**

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Obra: **Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh**

Propietario: **Universidad Nacional de Ingeniería**

PARTIDA	DESCRIPCIÓN:
3.01	Instalacion de Elemento Terramesh 1.0 x 1.0 x 3.0 m, malla 10x12, ø 3.7 mm

FECHA	UNIDAD	RENDIMIENTO/d	TOTAL (S./ UNIDAD)
Apr-07	und	10.00	310.36

#### 1.- MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Capataz	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Operario	hh	2.00	1.6000	6.25	10.00
	Oficial	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Peón	hh	5.00	4.0000	3.75	15.00

Precio Unitario Mano de Obra (S/.) 25.00

#### 2.- MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Terramesh 1.0x1.0x3.0 m, malla ø 3.7 mm	und		1.00	242.11	242.11
	Piedra 6" - 10"	m3		2.10	20.00	42.00

Precio Unitario Materiales (S/.) 284.11

#### 3.- EQUIPOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Herramientas	%		5%	25.00	1.25

Precio Unitario Equipos (S/.) 1.25

#### OBSERVACIÓN:

Tipo de cambio: S/. 3.18

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Obra: **Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh**

Propietario: **Universidad Nacional de Ingeniería**

PARTIDA	DESCRIPCIÓN:
3.02	Instalacion de Geotextil Mactex MT400

FECHA	UNIDAD	RENDIMIENTO/d	TOTAL (S./ UNIDAD)
Apr-07	m2	400.00	11.12

#### 1.- MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Capataz	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Operario	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Oficial	hh	1.00	0.0200	6.25	0.13
	Peón	hh	2.00	0.0400	3.75	0.15

Precio Unitario Mano de Obra (S./) 0.28

#### 2.- MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Geotextil MacTex MT400	m2		2.00	5.41	10.83

Precio Unitario Materiales (S./) 10.83

#### 3.- EQUIPOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Herramientas	%		5%	0.28	0.01

Precio Unitario Equipos (S./) 0.01

#### OBSERVACIÓN:

Tipo de cambio:

S/. 3.18

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Obra: **Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh**

Propietario: **Universidad Nacional de Ingenieria**

PARTIDA	DESCRIPCIÓN:
4.01	Ensayos de Laboratorio, In-Situ y Control de Calidad

FECHA	UNIDAD	TOTAL (S./ UNIDAD)
Apr-07	m2	2,436.0

#### 1.- EXPLORACIONES DE CAMPO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Excavacion de calicatas	und	3.00	22.00	66.00

Precio Parcial por Excavacion de Calicatas (S./) 66.00

#### 2.- ENSAYOS DE LABORATORIO - MATERIAL DE RELLENO ESTRUCTURAL

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Analisis Granulometrico	und	1.00	80.00	80.00
	Determinacion de Limite Liquido	und	1.00	15.00	15.00
	Determinacion de Limite Plastico	und	1.00	15.00	15.00
	Compactacion por Metodo Estandar	und	1.00	100.00	100.00
	Ensayo de Compresion Triaxial CU	und	1.00	1,500.00	1,500.00
	Determinacion del Peso Especifico	und	1.00	25.00	25.00

Precio Parcial por Ensayos de Laboratorio (S./) 1,735.00

#### 3.- ENSAYOS IN-SITU PARA CONTROL DE COMPACTACION

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Densidad de Campo (Cono de Arena)	und		20.00	25.00	500.00

Precio Parcial por Ensayos In-Situ (S./) 500.00

#### 4.- ENSAYOS VARIOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Ensayos a Piedra para Gabion	und	1.00	12.00	12.00
	Estudio y Caracterizacion Geologica de Roca	und	1.00	23.00	23.00
	Ensayos a Material de Cimentacion	und	1.00	100.00	100.00

Precio Parcial por Excavacion de Calicatas (S./) 135.00

OBSERVACIÓN:
Tipo de cambio: S/. 3.18

Notas:  
 Ensayo de Analisis Granulometrico de acuerdo a la Norma ASTM D-422  
 Ensayo de Determinacion del Limite Liquido de acuerdo a la Norma ASTM D-423  
 Ensayo de Determinacion del Limite Plastico de acuerdo a la Norma ASTM D-424  
 Ensayo de Compactacion por Metodo Estandar de acuerdo a la Norma ASTM C-698  
 Ensayo de Compresion Triaxial de acuerdo a la Norma ASTM D-4767  
 Ensayo de Determinacion del Peso Especifico de acuerdo a la Norma ASTM D-854

### HOJA DE METRADOS

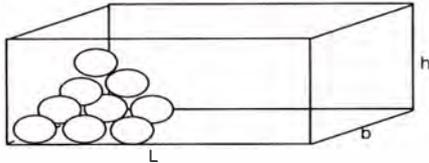
Item: 1.01

Descripción: Limpieza de Terreno y Nivelacion

Nro	Largo (m)	Ancho (m)	Area (m2)
1	8	4	32

Item: 1.02

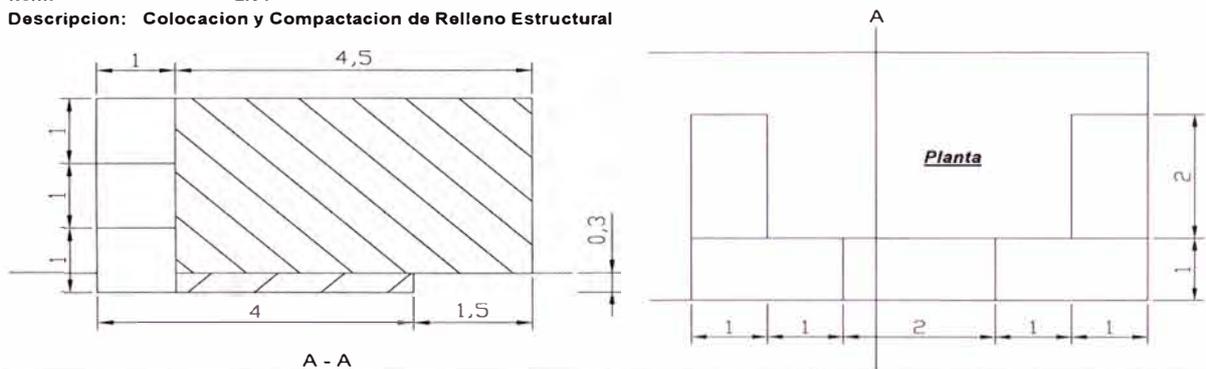
Descripción: Recoleccion y Acopio de Piedra



Dimensiones del Elemento Terramesh				# Elementos Terramesh	Vol. Total (m3)
L (m)	b (m)	h (m)	Vol. (m3)		
2	1	1	2	15	30

Item: 2.01

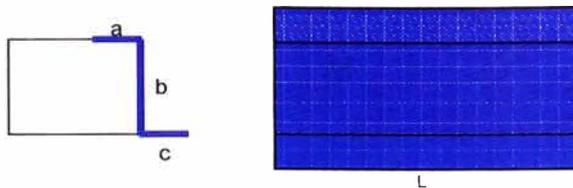
Descripción: Colocacion y Compactacion de Relleno Estructural



Nro	Fig.	Base 1 (m)	Altura (m)	Area (m2)	Longitud (m)	Vol. (m3)	Esp. (%)	Vol. (m3)
A1		3.00	0.30	0.90	4	3.60	20%	4.32
A3		4.50	2.70	12.15	4	48.60	20%	58.32
Total =								<b>62.64</b>

Item: 3.02

Descripción: Instalacion de Geotextil Mactex MT400



Area de geotextil para un elemento Terramesh						# Elementos Terramesh	Area Total (m2)
a (m)	b (m)	c (m)	H (m)	L (m)	Area (m2)		
0.5	1	0.5	2	2	4	12	48

**Anexo V**  
**Planos del Proyecto**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CURSO DE TITULACION 2007  
 APLICACION DE LOS GEOSINTETICOS A LA INGENIERIA CIVIL  
 GRUPO No 5  
 MURO REFORZADO UTILIZANDO EL SISTEMA TERRAMESH

GENERAL	LISTA DE PLANOS
PLANO 100-01	LAMINA DE TITULOS
PLANO 100-02	UBICACION DEL PROYECTO
PLANO 100-03	LIMITES DE LA ZONA DEL PROYECTO
GEOTECNIA	
PLANO 200-01	EXPLORACIONES GEOTECNICAS DE CAMPO
PLANO 200-02	PERFIL GEOTECNICO
MURO DE SUELO REFORZADO	
PLANO 300-01	ARREGLO GENERAL
PLANO 300-02	MURO REFORZADO - SECCION

FECHA DE EMISION: 31/03/2007  
 DISEÑADO: YVS  
 DIBUJADO: JMS  
 REVISADO: JMS  
 APROBADO: DSI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

MURO DE SUELO REFORZADO  
 LAMINA DE TITULOS

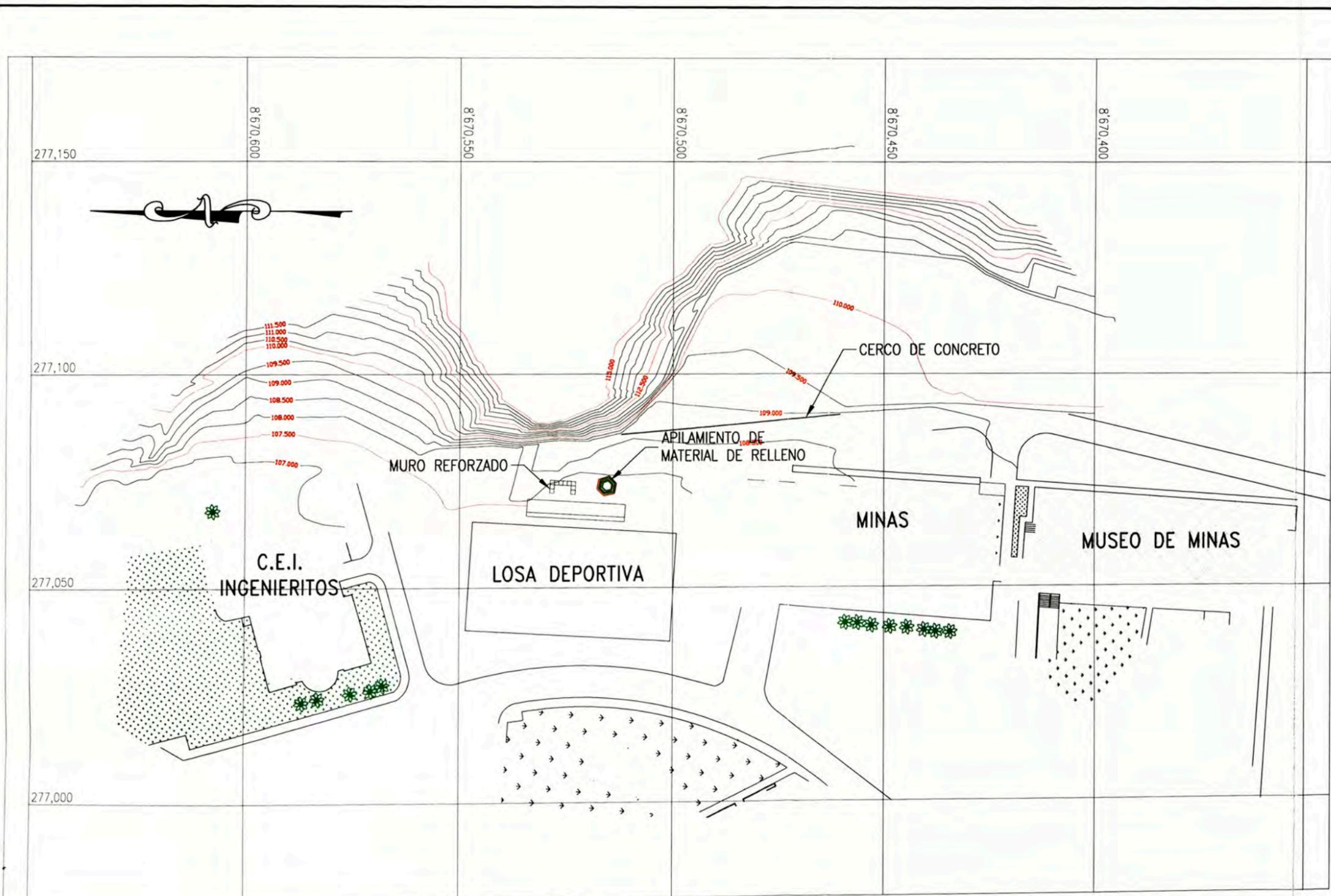
PLANO N°

100-01

PROYECTO N°

000000.00

REV. NO.	FECHA	DESCRIPCION	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO



LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL DEL PAD FASE 1 Y POZAS	
CURVAS DE NIVEL DEL APILAMIENTO DE MATERIAL DE RELLENO ESTRUCTURAL	
ESTRUCTURAS EXISTENTES	
AREAS VERDES (JARDINES)	

- NOTAS:**
- LA TOPOGRAFIA DE LA ZONA DE TRABAJO FUE PROPORCIONADA POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.
  - LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN A1.
  - TODAS LAS DIMENSIONES MOSTRADAS SE ENCUENTRAN EN MILIMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.



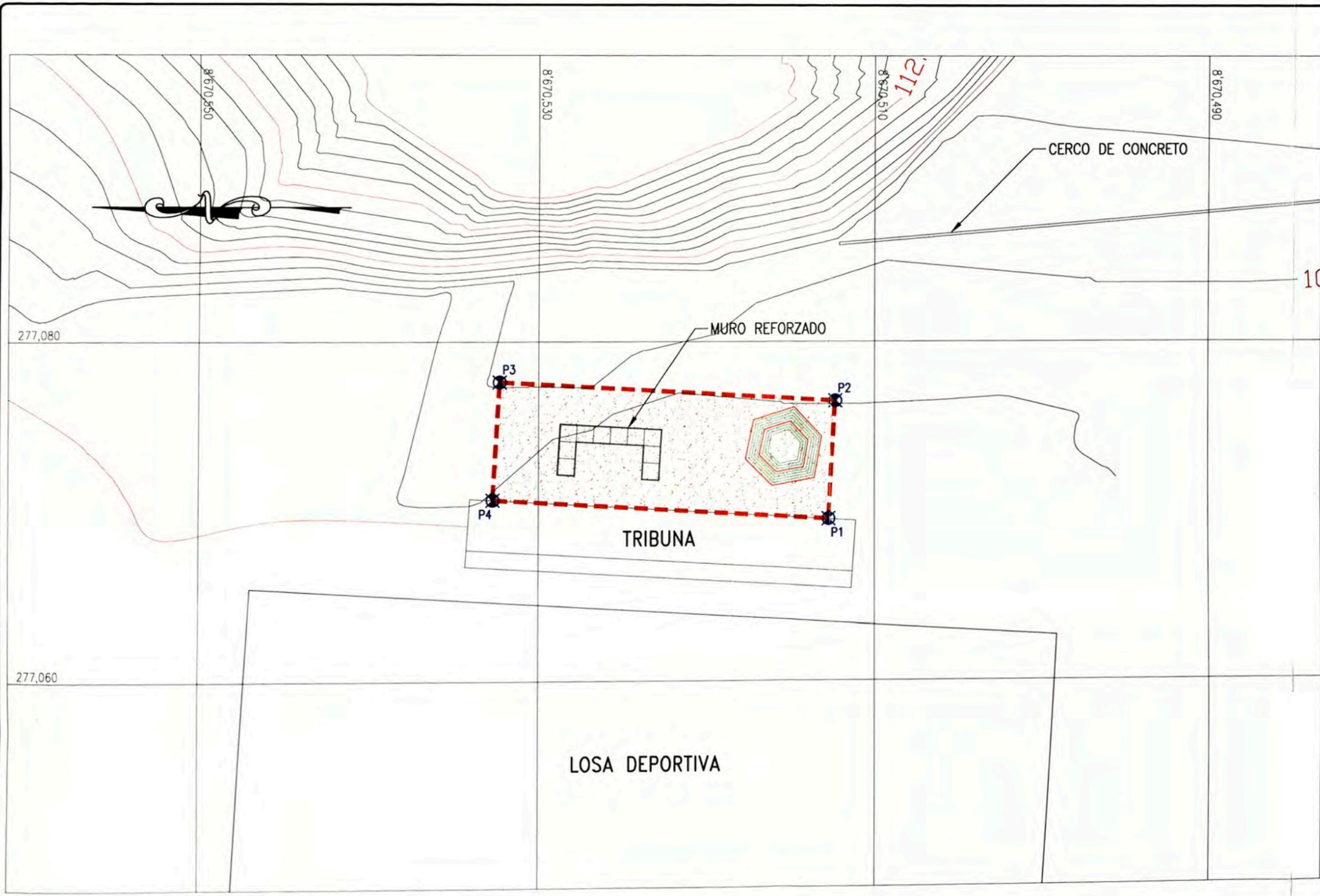
REV. NO.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO

FECHA DE EMISIÓN: 31/03/2007  
 DISEÑADO: YYG  
 DIBUJADO: JMS  
 REVISADO: JMS  
 APROBADO: DRH

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

MURO DE SUELO REFORZADO  
 UBICACION DEL PROYECTO

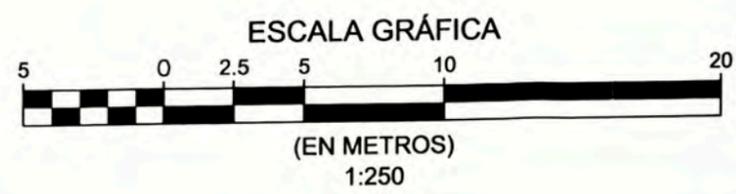
PLANO N°  
100-02  
PROYECTO N°  
000000.00



LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL DEL PAD FASE 1 Y POZAS	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL DEL PAD FASE 1 Y POZAS	
ESTRUCTURAS EXISTENTES	
AREAS VERDES (JARDINES)	
PUNTOS DE CONTROL	

CUADRO DE COORDENADAS		
PUNTO DE CONTROL	NORTE	ESTE
P1	8'670,512.7	277,069.5
P2	8'670,512.3	277,076.5
P3	8'670,532.3	277,077.6
P4	8'670,532.7	277,070.6

- NOTAS:**
1. LA TOPOGRAFIA DE LA ZONA DE TRABAJO FUE PROPORCIONADA POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.
  2. LAS ESCALAS SE MOSTRARAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN A1.
  3. TODAS LAS DIMENSIONES MOSTRADAS SE ENCUENTRAN EN MILIMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.



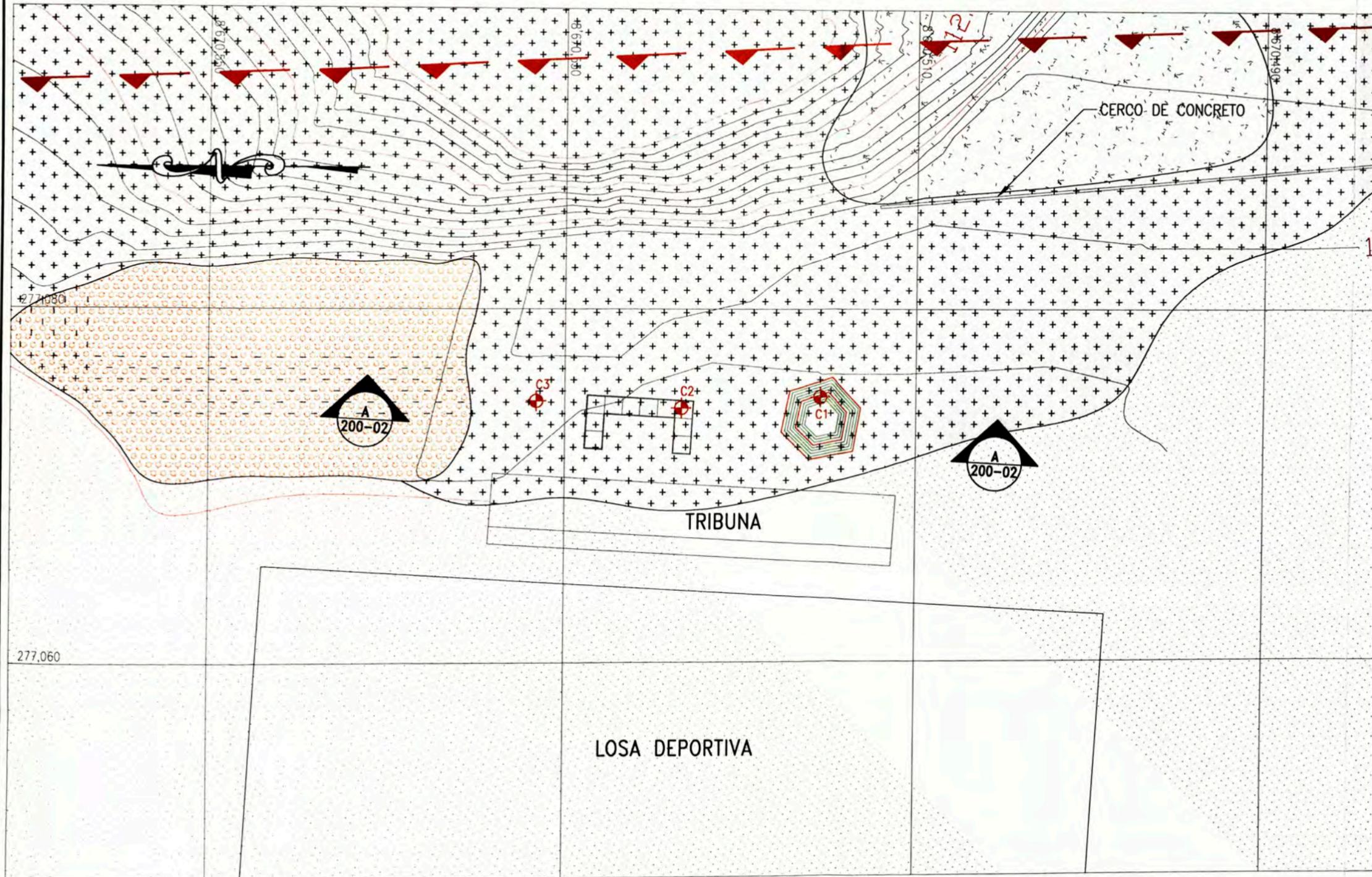
REV NO	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO

FECHA DE EMISIÓN: 31/03/2007  
 DISEÑADO: YYG  
 DIBUJADO: JMS  
 REVISADO: JMS  
 APROBADO: DRH

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

MURO DE SUELO REFORZADO  
 LIMITES DE LA ZONA DEL PROYECTO

PLANO N°  
100-03  
PROYECTO N°  
000000.00



**LEYENDA**

CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL PAD FASE 1 Y POZAS	
CURVAS DE NIVEL DEL APLAMIENTO DE MATERIAL DE RELLENO ESTRUCTURAL	
ESTRUCTURAS EXISTENTES	
CALICATA	
DEPOSITO ALUMAL	
LECHO ROCOSO - FORMACION MARCAVILCA (R-m)	
DEPOSITOS DE RELAVES MINEROS	
DEPOSITO ALUMAL (Op-d)	
SOBREESCURRIMIENTO	

**CUADRO DE COORDENADAS**

CALICATA	NORTE	ESTE
C1	8'670,515.5	277,075.0
C2	8'670,523.4	277,074.4
C3	8'670,531.6	277,074.8

- NOTAS:**
1. TODO MATERIAL INADECUADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN SERA REMOVIDO, DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO POR EL INGENIERO DE CGA.
  2. TODO RELLENO DEBERA SER COLOCADO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS.
  3. LAS ESCALAS SE MOSTRARAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN A1.
  4. TODAS LAS DIMENSIONES MOSTRADAS SE ENCUENTRAN EN MILIMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.

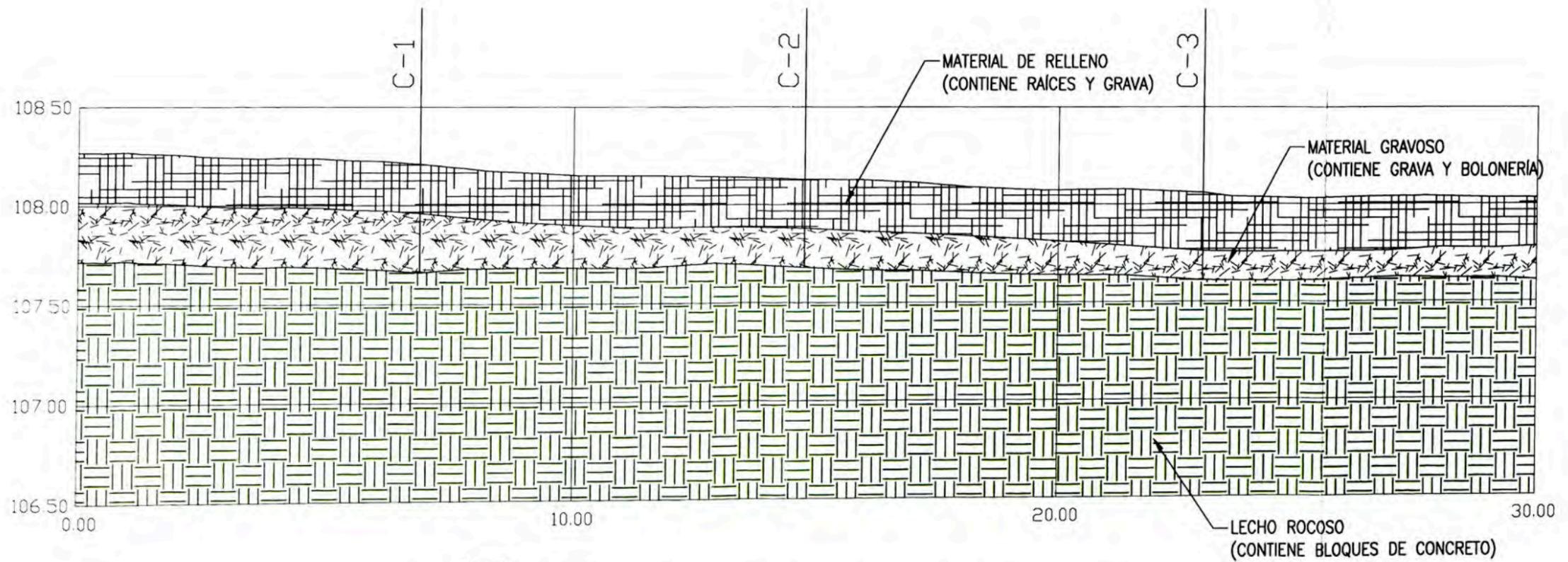


REV NO	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUADO	DISEÑO	REVISADO	APROBADO

FECHA DE EMISIÓN: 31/03/2007  
 DISEÑADO: YVQ  
 DIBUADO: JMS  
 REVISADO: JMS  
 APROBADO: DR1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 MURO DE SUELO REFORZADO  
 EXPLORACIONES GEOTECNICAS DE CAMPO

PLANO N°  
200-01  
 PROYECTO N°  
000000.00



A  
200-01

PERFIL GEOTECNICO - SECCION A-A

ESCALA: 1/25 (1H:4V)

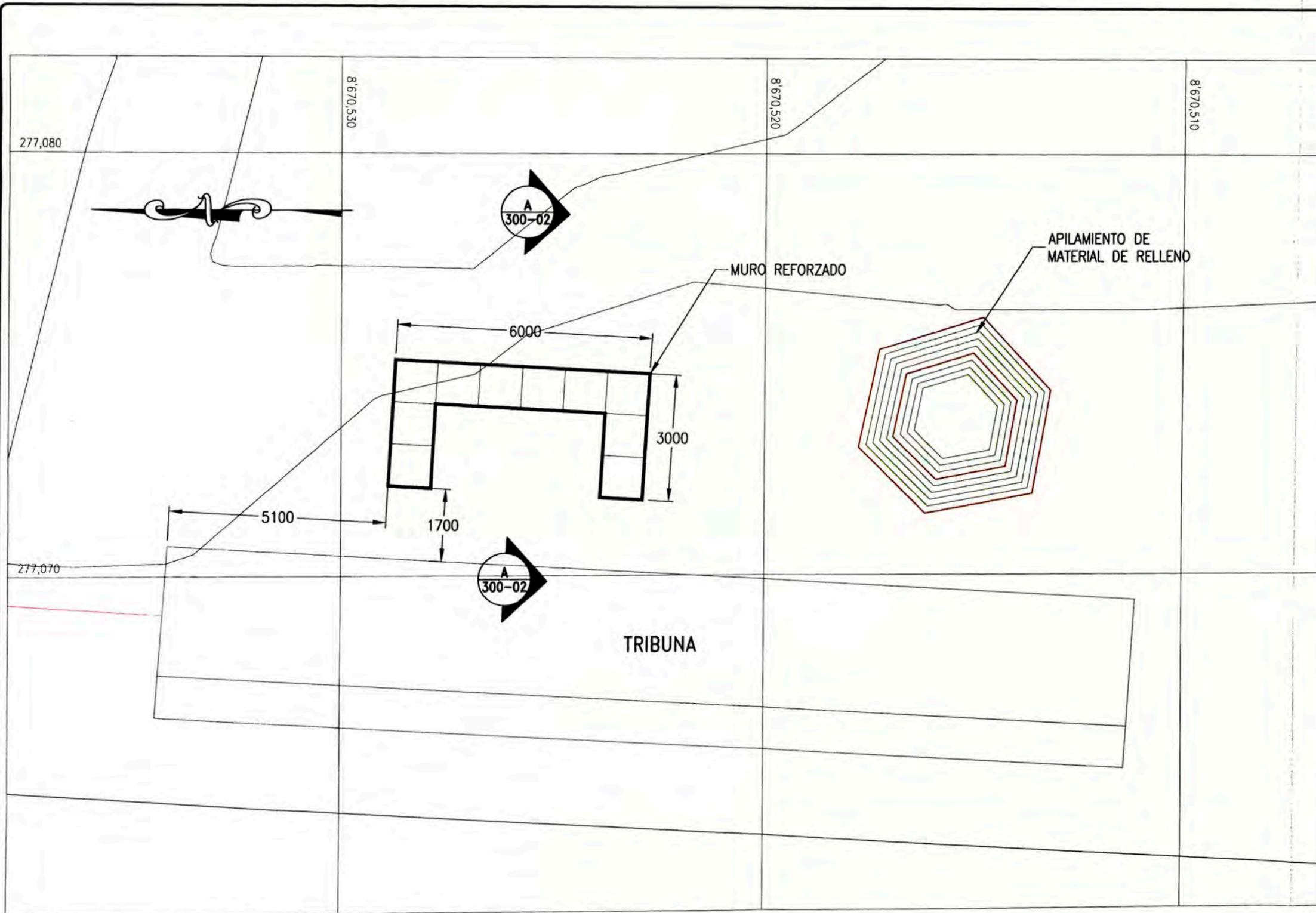
REV NO	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO

FECHA DE EMISIÓN: 31/03/2007  
 DISEÑADO: YVS  
 DIBUJADO: JMS  
 REVISADO: JMS  
 APROBADO: DRS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

MURO DE SUELO REFORZADO  
 PERFIL GEOTECNICO

PLANO N°  
 200-02  
 PROYECTO N°  
 000000.00



LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL DEL PAD FASE 1 Y POZAS	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL DEL PAD FASE 1 Y POZAS	
ESTRUCTURAS EXISTENTES	

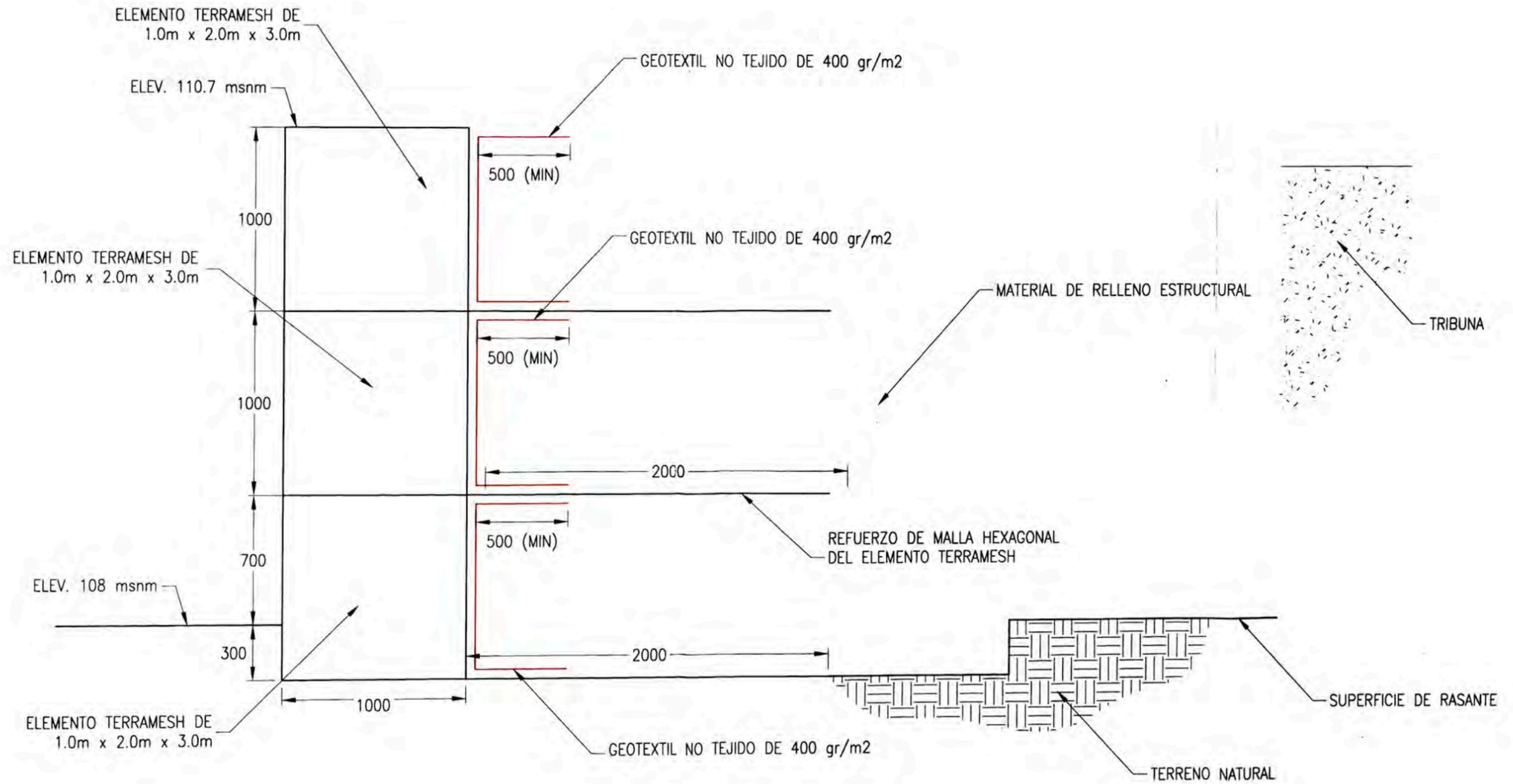
- NOTAS:**
1. LA TOPOGRAFIA DE LA ZONA DE TRABAJO FUE PROPORCIONADA POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.
  2. LA UBICACION DEL APILAMIENTO DE MATERIAL DE RELLENO ESTRUCTURAL ES VARIABLE Y ESTA SUJETA A LA DISTRIBUCION DE MATERIALES Y EQUIPOS EN OBRA. SIN EMBARGO, SE UBICARA DENTRO DEL AREA DE TRABAJO.
  3. LAS ESCALAS SE MOSTRARAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN A1.
  4. TODAS LAS DIMENSIONES MOSTRADAS SE ENCUENTRAN EN MILIMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.



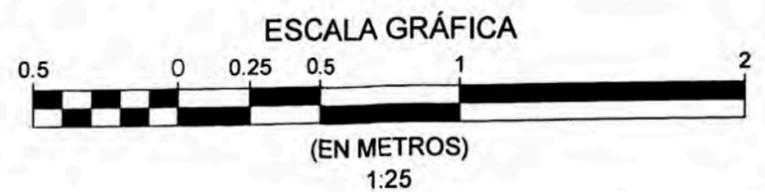
REV. NO.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO

FECHA DE EMISIÓN: 31/03/2007  
 DISEÑADO: YXG  
 DIBUJADO: JAS  
 REVISADO: JAS  
 APROBADO: DRS1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	PLANO N° 300-01
MURO DE SUELO REFORZADO ARREGLO GENERAL	PROYECTO N° 000000.00



**A** SECCION TIPICA DE MURO REFORZADO  
 300-01 ESCALA: 1/25



- NOTAS:**
1. TODOS LOS MATERIALES NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCION DEL MURO, TALES COMO ELEMENTOS TERRAMESH, GEOTEXTIL Y ALAMBRES DE AMARRE, DEBERAN SER FABRICADOS POR UN UNICO FABRICANTE Y PROPORCIONADOS POR UN SOLO PROVEEDOR.
  2. EL MATERIAL DE RELLENO ESTRUCTURAL DEBERA SER COLOCADO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS.
  3. LAS ESCALAS SE MOSTRARAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN A1.
  4. TODAS LAS DIMENSIONES MOSTRADAS SE ENCUENTRAN EN MILIMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.

REV NO	FECHA	DESCRIPCION	DIJADO	DISERADO	REVISADO	APROBADO

FECHA DE EMISION 31/03/2007  
 DISEÑADO YVG  
 DIBUJADO JMS  
 REVISADO JMS  
 APROBADO DRH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 MURO DE SUELO REFORZADO  
 MURO REFORZADO - SECCION

PLANO N° 300-02  
 PROYECTO N° 000000.00