

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Civil



**MUROS DE CONTENCIÓN DE SUELO REFORZADO CON
GEOMALLAS
ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JORGE EDUARDO MENACHO ANGELES

Lima - Perú

2007

ÍNDICE	Página
RESUMEN	4
LISTA DE CUADROS	5
LISTA DE FIGURAS	6
INTRODUCCION	7
CAPITULO 1: MUROS DE SUELO REFORZADO CON GEOSINTÉTICOS	
1.1 Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geomallas.	9
1.2 Muro de Suelo Reforzado con Geotextiles.	11
1.3 Muro de Suelo Reforzado de Terramesh.	13
CAPITULO 2: LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	
2.1 Recopilación de información.	16
2.1.1 Estudio de suelos.	16
2.1.2 Topografía.	17
2.1.3 Hidrología.	18
2.1.4 Impacto Ambiental.	18
2.1.5 Diseño del Muro de Contención.	18
2.2 Elaboración del Proyecto del Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geomalla.	19
2.2.1 Descripción del Proyecto.	19
2.2.2 Topografía.	20
2.2.3 Estudio de Suelos.	20
2.2.4 Hidrología.	22
2.2.5 Diseño del Muro de Contención.	22

CAPITULO 3:	CONSIDERACIONES SOBRE COSTOS	
3.1	Alternativa 1: Muros de Contención de Suelo Reforzado con Geomallas.	26
3.1.1	Proceso Constructivo.	26
3.2	Alternativa 2: Muros de Contención de Suelo Reforzado con Geotextiles.	30
3.2.1	Proceso constructivo.	30
3.3	Alternativa 3: Muros de contención de Suelo Reforzado con Terramesh.	33
3.3.1	Proceso constructivo.	33
CAPITULO 4:	ANÁLISIS DE COSTOS	
4.1	Alternativa 1: Muros de Contención de Suelo Reforzado con Geomallas.	38
4.1.1	Presupuesto de Obra.	44
4.2	Alternativa 2: Muros de Contención de Suelo Reforzado con Geotextiles.	45
4.2.1	Presupuesto de Obra.	51
4.3	Alternativa 3: Muros de Contención de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh.	52
4.3.1	Presupuesto de Obra.	58
CAPITULO 5:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS	
5.1	Consideraciones Generales.	59
5.1.1	Comparación de Costos por Insumos	59
5.1.2	Comparación de Costos por Componentes del Presupuesto.	62
5.1.3	Comparación de los Costos de los Subpresupuestos “Base de Nivelación y “Muro de Refuerzo” en cada uno de los Sistemas.	65
5.1.4	Comparación de los Costos Directos Totales	

de cada Sistema Constructivo	67
CONCLUSIONES.	69
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA.	71
ANEXOS	
A1: PERFIL ESTRATIGRÁFICO	
A2: FOTOGRAFÍAS	
A3: PLANOS	

RESUMEN

Para efectos de este estudio se consideró la elaboración del proyecto y construcción de un muro de contención de suelo reforzado con geomallas en los terrenos de la Universidad Nacional de Ingeniería con el cual se evaluó el proceso completo de elaboración del proyecto, así como el proceso constructivo y análisis de costos.

En forma simultánea se elaboraron y construyeron en la misma zona de los terrenos de la UNI dos muros de contención, uno de suelo reforzado con geotextiles y otro empleando el sistema Terramesh, de tal manera que se pudo realizar un estudio comparativo de análisis de costos entre los tres sistemas mencionados, comparándolos bajo los mismos parámetros de construcción, zonificación y de área útil, pero manteniendo los aspectos singulares de las especificaciones técnicas, factores de seguridad de diseño y construcción, fijados por las normas técnicas y los requerimientos de los fabricantes de dichos productos para cada uno de los sistemas utilizados.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1: Coordenadas de la fachada del muro

Cuadro 2.2: Parámetros de diseño

Cuadro 2.3: Estabilidad Interna - Factores de seguridad

Cuadro 2.4: Coeficiente de interacción

Cuadro 2.5: Factores de reducción

Cuadro 2.6: Estabilidad Externa - Factores de seguridad

Cuadro 3.1: Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geomallas,
Costos Unitarios.

Cuadro 3.2: Muro de Contención de suelo reforzado con geotextiles,
Costos unitarios

Cuadro 3.3: Muro de Contención con Sistema Terramesh, Costos unitarios.

Cuadro 5.1: Comparativo de Costos por Componentes

Cuadro 5.2: Comparativo de Costos por Subpresupuestos

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1: Sección Típica del muro con geomalla

FIGURA 1.2: Sección Típica del muro con geotextil

FIGURA 1.3: Sección típica de muro con sistema Terramesh

FIGURA 5.1: Muro de Suelo reforzado con Geomallas

Componentes del presupuesto

FIGURA 5.2: Muro de Suelo Reforzado con Geotextiles

Componentes del presupuesto.

FIGURA 5.3: Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh

Componentes del presupuesto

FIGURA 5.4: Muro de Suelo Reforzado con Geomalla

Costo directo de cada subpresupuesto

FIGURA 5.5: Muro de Suelo Reforzado con Geotextiles

Costo directo de cada subpresupuesto

FIGURA 5.6: Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh

Costo directo de cada subpresupuesto

FIGURA 5.7: Comparación de los costos de base de nivelación en cada sistema constructivo con respecto a su costo directo total.

FIGURA 5.8: Comparación de los costos de muro de refuerzo en cada sistema constructivo, con respecto a su costo directo total

FIGURA 5.9: Comparación de los componentes del costo directo total de cada sistema constructivo.

FIGURA 5.10: Comparación de los costos directos totales

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el material geosintético ha venido desarrollándose aceleradamente y ganando cada día mayor campo de aplicación, la ingeniería civil no ha quedado ajena a este crecimiento. Hoy los geosintéticos se emplean en suelos mejorando su capacidad portante, así como cumpliendo funciones de separación, barreras, impermeabilización, refuerzo, filtros, drenaje, disminuyendo el impacto ambiental, y en diversos campos de la ingeniería, como son muros de suelo reforzado, pavimentos, presas, o sistemas de control de erosión, con procesos constructivos simples y sin tiempos de espera, que lo convierten, cuando está bien diseñado y empleado, en un material muy atractivo y alternativa de construcción.

Sin embargo en el Perú la aplicación de este material aún no está bien difundida, siendo desconocido para muchos ingenieros.

Los costos de obra son un parámetro muy importante en la ejecución de un proyecto. Los fabricantes de geosintéticos con el avance de la tecnología han venido mejorando las propiedades y ampliando los campos de aplicación de sus productos, aunque esto no siempre signifique una optimización de la relación beneficio-costos de los geosintéticos.

Es en este contexto de desarrollo de los geosintéticos como material aplicado a la ingeniería civil, en que se considera necesario evaluar los beneficios económicos de su aplicación.

En el desarrollo del presente trabajo se ha realizado inicialmente en el capítulo 1, una descripción de cada uno de los muros de contención de suelo con refuerzo con: geomallas, geotextiles y Sistema Terramesh, y de los elementos que los componen.

Luego en el capítulo 2, se mencionan los principales lineamientos a considerarse en la elaboración del proyecto de un muro de contención de suelo reforzado; y se refiere con más detalle los comprendidos en la elaboración del proyecto del muro de contención con refuerzo de geomallas.

En el capítulo 3, Se describen de acuerdo a lo ejecutado en obra los pasos principales del proceso constructivo, de cada uno de los tres sistemas que son materia de estudio, y que nos sirven de base para la elaboración de los respectivos análisis de costos.

En el capítulo 4: Se presentan los análisis de costos unitarios elaborados en base a los rendimientos tomados durante la construcción de los muros de contención en la zona de experimentación de la Universidad Nacional de Ingeniería.

El análisis comparativo de costos, objetivo de este trabajo, se desarrolló en el capítulo 5 con la elaboración de cuadros y gráficos que permitan visualizar mejor los resultados, se compararon los insumos, así como los subpresupuestos, y los presupuestos finales para cada uno de los sistemas constructivos.

CAPITULO 1 MUROS DE SUELO REFORZADO CON GEOSINTÉTICOS

1.1 Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geomallas

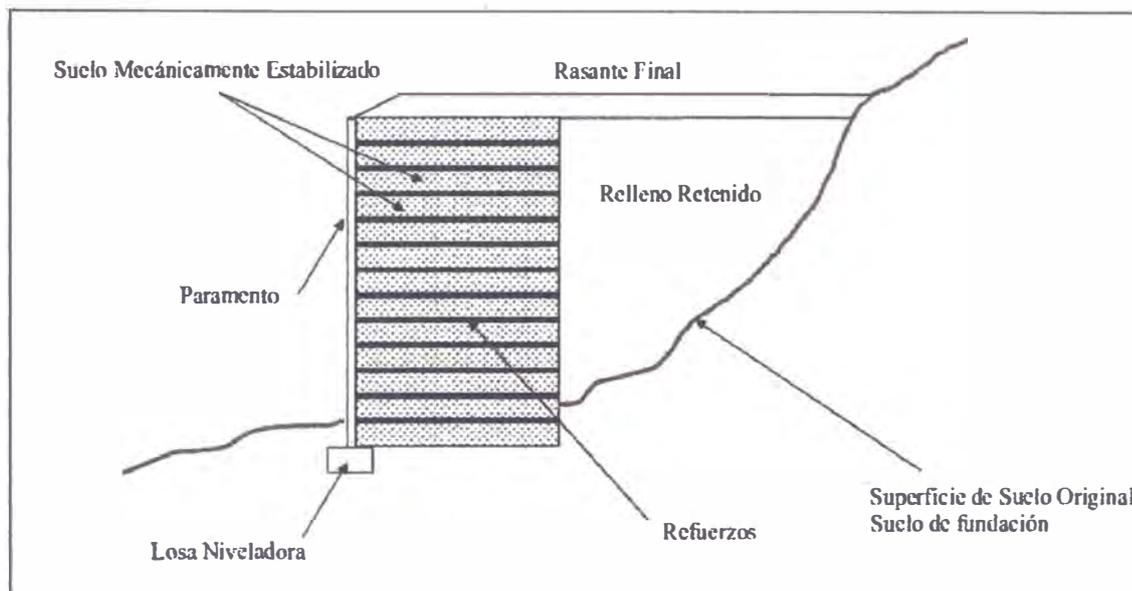
Las geomallas son elementos geosintéticos elaborados a base de polímeros. Las geomallas unidireccionales son elaboradas principalmente de polietileno de alta densidad (HDPE) y las geomallas bidireccionales de polipropileno (PP).

Diseñadas para trabajar esencialmente como refuerzo de suelos blandos, están conformadas por una red de costillas conectadas por extrusión, con aberturas de suficiente tamaño para permitir la trabazón del suelo, piedra u otro material geotécnico a ser reforzado.

El uso del tipo de geomalla está ligado a la dirección en que los esfuerzos se transmiten en la estructura, en aplicaciones de muros en suelo reforzado o en terraplenes, se utilizan las geomallas unidireccionales que tienen una resistencia y rigidez mayor en el sentido longitudinal que en el transversal. Para estructuras de pavimentos o cimentaciones superficiales se utilizan geomallas bidireccionales porque los esfuerzos se transmiten en todas las direcciones o en forma aleatoria.

El muro de contención de suelo reforzado con geomalla es un elemento estructural que produce un efecto estabilizador sobre una masa de terreno, que en ocasiones es un terreno natural y en otras un relleno artificial. Resulta principalmente de la combinación de dos materiales, uno de ellos es el suelo seleccionado bajo características de granulometría, plasticidad definidas, y que al estar compactado absorbe muy bien los esfuerzos de compresión. El otro elemento de refuerzo son las geomallas con capacidad de resistencia a la tracción, el origen de esta resistencia es la fricción interna del suelo, debido a que las fuerzas que se producen en la masa se transfieren del suelo a las tiras de refuerzo presentando una óptima interacción con el suelo por fricción o trabazón mecánica, dando como resultado el concepto de estructura en suelo reforzado.

El muro de suelo reforzado con geomallas tal como se muestra en la figura 1.1 (según la National Concrete Masonry Association NCMA en su "Design Manual for Segmental Retaining walls - 1997) está compuesto de los siguientes elementos:



*Sección Transversal Típica de un Muro de Suelo Reforzado.
Fuente Federal Highway Administration – Publication No FHWA-NHI-00-043.*

FIGURA 1.1: Sección Típica del muro con geomalla

- Paramento o Facing: es un componente que impide la pérdida de suelo por entre las capas de refuerzo y en la mayoría de las aplicaciones urbanas, sirve como elemento decorativo. En gran parte de los casos están compuestos de bloques de concreto prefabricado, láminas de metal, mallas electro soldadas, gaviones, o paneles cubiertos con geosintéticos (geomantas o biomantas).
- Losa de Nivelación: es la superficie nivelante a base de concreto, usada para distribuir el peso de la columna de bloques de concreto prefabricada y proveer una plataforma de trabajo adecuada para la primera línea de bloques durante la construcción.
- Suelo de Cimentación: es el suelo sobre el cual ira la losa de nivelación y el relleno reforzado las propiedades de ingeniería para estos terrenos de cimentación deberían estar enfocados a la capacidad portante, el asentamiento potencial, y la ubicación de niveles de agua subterráneas.
- Suelo Reforzado: es el material de relleno de buena calidad, de alta fricción, para asegurar la durabilidad, drenaje y una buena interacción con los materiales de refuerzo, es sobre este suelo que se colocan las capas de geomallas para proporcionarle resistencia a la tensión, trabaja

externamente como un muro de gravedad e internamente se basa en los esfuerzos de interacción con el material.

- Suelo Retenido: es el material localizado inmediatamente después del relleno mecánicamente estabilizado, no se necesita un material con características especiales para este caso, generalmente es el material de la zona.
- Refuerzo: son las geomallas que se incluyen dentro del suelo reforzado con espaciamientos verticales entre capas y horizontales (cuando sea permitido), donde la transferencia de esfuerzo ocurre continuamente a lo largo de toda la estructura.

1.2 Muro de Suelo Reforzado con Geotextiles

Los geotextiles son geosintéticos planares, permeables, polimérico, sintético o natural. Los sintéticos están elaborados con resinas de polipropileno en 92%, poliéster en 5%, polietileno 2% y poliamida 1%, son de gran durabilidad y resistentes a los ataques de microorganismos y bacterias, mientras que los geotextiles elaborados con fibras naturales son biodegradables, utilizados para la revegetación, pueden ser de origen animal: lana, seda, pelos, o de origen vegetal: coco, algodón, yute, lino; pero los geotextiles se fabrican generalmente de fibras sintéticas y pueden ser tejidos, no tejidos o tricotado que se usa en contacto con suelo, roca, tierra y/o cualquier otro material geotécnico.

En la mayoría de los casos los geotextiles cumplen varias funciones simultáneamente como: separación, filtración, drenaje, refuerzo e impermeabilización, aunque siempre habrá una principal que determine el tipo de geotextil que se debe emplear.

Los geotextiles no tejidos están formados por fibras o filamentos superpuestos en forma laminar que pueden ser ligados por punzonamiento (por agujas), termosoldados o químicamente. Principalmente cumplen funciones de separación de suelos, drenaje, filtro y protección formando una barrera junto con la geomenbrana.

Los geotextiles tejidos están formados por cintas entrecruzadas en una máquina de tejer. Por tener mayor resistencia a la tensión que los no tejidos, son principalmente usados como refuerzo, actúan como elemento estructural y de confinamiento de suelos mejorando su capacidad portante.

Los geotextiles son aplicados generalmente en suelos blandos en los que la piedra es escasa, absorbiendo los esfuerzos de tensión y sirviendo de confinamiento al suelo de relleno que compactado resiste muy bien los esfuerzos de compresión. Ambos, suelo y refuerzo, actúan como estructuras masivas por gravedad, tolerando asentamientos diferenciales.

El muro de contención con geotextiles tal como se muestra en la figura 1.2, está compuesto de los siguientes elementos:

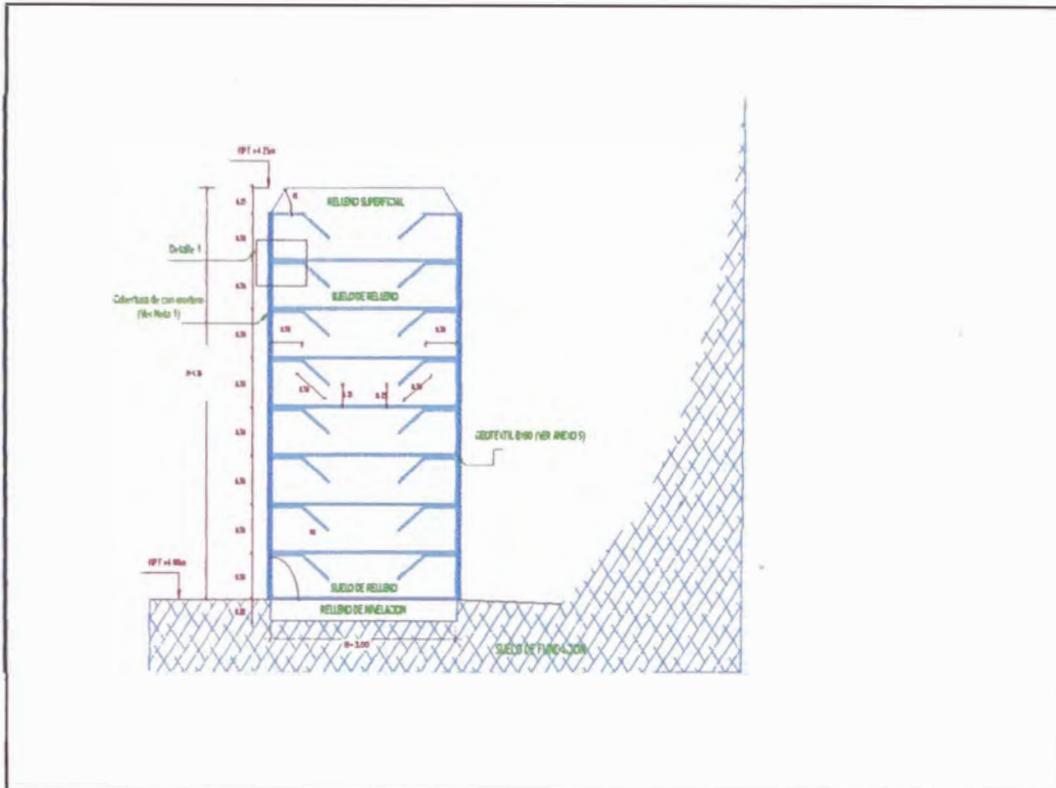


FIGURA 1.2: Sección Típica del muro con geotextil

- Suelo de Cimentación, es el suelo sobre el cual se construirá la estructura, a menudo consisten en los mismos materiales y se usan los mismos parámetros de diseño, que para el suelo retenido, ver cuadro 2.2.
- Sistema de Drenaje, evita la filtración del agua de escorrentía superficial, depende de las condiciones del proyecto, pueden ser cunetas, zanjas de coronación, disipadoras, entre otras.
- Subdrenaje, evita que se generen presiones hidrostáticas, se construyen en los espaldones del muro, el subdren chimenea por ejemplo, con material granular de $\frac{3}{4}$ " a $2 \frac{1}{2}$ " limpio de finos y cubierto con un geotextil no tejido, es de espesor variable entre 40 y 80 cm., de acuerdo al diseño

o la cantidad de agua que se espera captar y entregada a un subdren longitudinal para ser evacuada.

- Geotextil: material de refuerzo, se coloca perpendicular al sentido horizontal del muro asegurándose que no se presenten arrugas en el momento de colocar el relleno y dejando por lo menos un metro para el dobles del geotextil, que servirá de confinamiento. Los geotextiles de refuerzo se pueden traslapar mínimo 30 cm. o coser en caso se prevé la presentación de grandes deformaciones en la cimentación.
- Material de relleno, se coloca sobre el geotextil compactándolo hasta alcanzar al menos el 95% de la densidad máxima obtenida en el laboratorio para el ensayo de Proctor modificado. Es recomendable usar compactadoras manuales o mecánicas pequeños en los 60 cm. cercanos al borde del muro.
- Paramento, se usará principalmente para proteger el geotextil contra la degradación de los rayos Ultra Violeta y/o vandalismo. Dependerá de la arquitectura del lugar pudiendo emplearse recubrimiento con mortero, mampostería, piedra pegada, revegetación, entre otros.

1.3 Muro de Suelo Reforzado de Terramesh

El sistema Terramesh son muros flexibles que se adaptan a los movimientos, su efectividad depende de su peso y de la capacidad de soportar deformaciones importantes sin que se rompa su estructura.

El muro de suelo reforzado empleando el sistema Terramesh está conformado por:

- Elemento estructural denominado “gavión”, constituido por un paño de malla hexagonal a doble torsión que forma la parte frontal, la base, la cara superior, el paramento externo y la cola que cumplirá la función de anclaje. La abertura de la malla es de 10x12 cm. el alambre usado para la fabricación de la malla será de 3.70 mm. de diámetro, mientras que para el amarre y atirantamiento será de 3.20 mm., en ambos casos las mallas serán fabricadas de de acero dulce de doble torsión con un recubrimiento de galfán y PVC, de acuerdo a las normas ASTM 856- adicionalmente el alambre usado para la fabricación de las mallas tendrá un revestimiento por extrusión con PVC (polivinilo cloruro) de un espesor

mayor o igual a 0.50 mm., que garantice su durabilidad en el tiempo y su resistencia a sustancias químicas agresivas y corrosiones extremas. Lo que aumentará los diámetros finales de los alambres de las malla a 3.70 mm., y del alambre de borde a 4.20 mm.

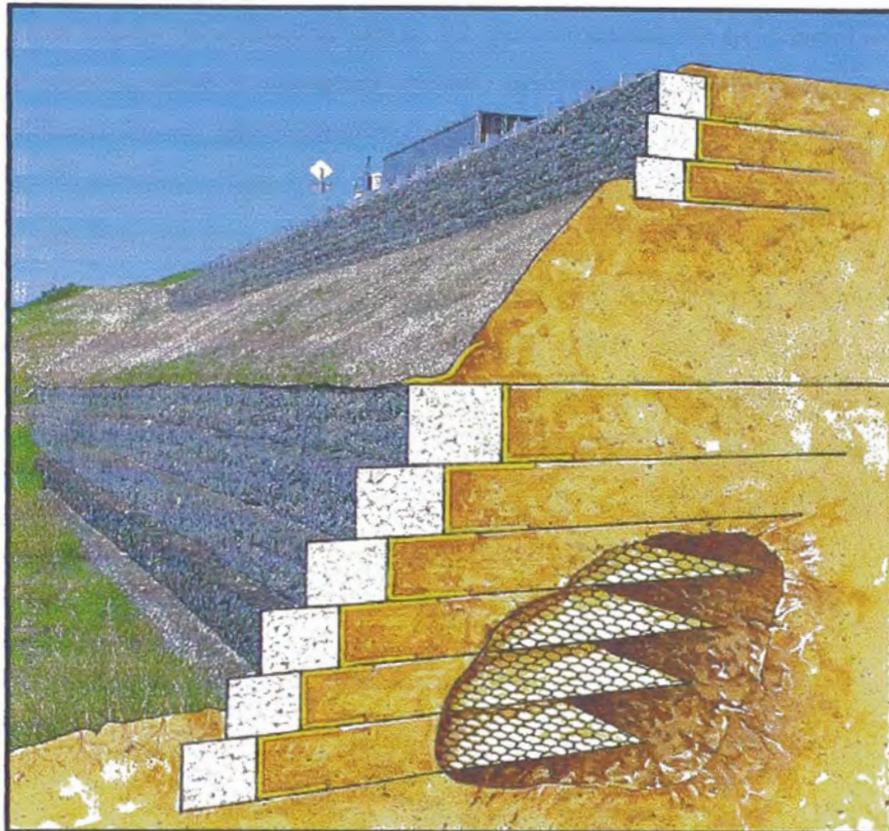


Figura 1.3: Sección típica de muro con Sistema Terramesh

- Geotextil, el sistema Terramesh, también considera la colocación de un geotextil en la interfase entre el gavión y la capa de relleno reforzado, para evitar que el material fino se escape a través de las mallas y garantizar que el agua percole a través de los elementos estructurales eliminando el empuje hidrostático. El geotextil empleado es de propileno no tejido punzonado con características específicas de resistencia a la perforación, reventado, abertura aparente de poros, permisividad, resistencia a la tracción, elongación, desgarré y resistencia a los rayos ultravioleta.

- La cimentación de la estructura deberá ser nivelada y compactada para ser capaz de soportar las cargas a que estará sometido sin presentar grandes deformaciones que afecten la estabilidad de la obra. El ancho de la base de cimentación deberá tener como mínimo la longitud de la malla más 0.50 m. o como se indique en los planos.
- Material de relleno será del tipo considerado en el cálculo, libre de materia orgánica y deteriorable, en su composición no contendrá arcillas expansivas, deberá ser compactado en capas cuyo espesor no excedan los 30 cm., se sugiere una compactación que transfiera al piso un peso específico mínimo de 1.80 a 2.0 Ton/m³ con grado de compactación de 95% del Proctor Modificado.
- La piedra para el llenado del paramento (gaviones) será de buena calidad, densa, durable, sana, tenaz, libre de grietas y sustancias extrañas adheridas que puedan perjudicar la estabilidad de la obra. El tamaño de la piedra deberá estar entre la medida mayor de la malla y el doble de ésta, aceptándose hasta un 5% del volumen de la celda del paramento con piedras del tamaño menor al indicado.

CAPITULO 2: LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

2.1 Recopilación de información

En esta primera etapa del proyecto se realizan todas las investigaciones necesarias referentes al proyecto que nos permitan establecer un procedimiento que garantice la calidad para la toma de decisiones y la construcción de muros de contención de suelo reforzado.

Para lograr este objetivo, se recopiló y revisaron datos disponibles de la zona, es recomendable hacer una observación de campo, en el que hay que tener en cuenta la topografía del lugar, el tipo de suelo, disponibilidad de un posible material de relleno, una primera observación de las características del terreno de cimentación, la ubicación de los puntos a explorar, evaluar la necesidad de un estudio geotécnico detallado, así como de conocer la escorrentía de la zona. Aunque el impacto ambiental de un muro de contención es mínimo y por el contrario se diría que favorece al medio ambiente se recomienda hacer una primera evaluación en esta etapa.

Adicionalmente se debe conocer el uso, y las demandas de cargas del muro a proyectar.

El factor concluyente en la toma de decisión del tipo de muro a proyectarse está basado en la recopilación anteriormente mencionada y el criterio económico.

2.1.1 Estudio de suelos

El objetivo del estudio consiste en levantar la información geológica y geotécnica de la zona del proyecto estableciendo las características del perfil para determinar las condiciones de cimentación, del suelo de refuerzo, así como del talud posterior del proyecto de construcción de un muro de contención de suelo reforzado.

Se realiza el trabajo de campo para lo cual se evalúa la cantidad, lugar dónde se excavarán las calicatas y la profundidad requerida, teniendo en cuenta las normas técnicas para este tipo de cimentaciones

Establecer el tipo de muestras a obtener en las calicatas, así como realizar los ensayos necesarios para la realización del diseño de muros de suelo reforzado como son: Análisis Granulométrico por Tamizado, Contenido de Humedad,

Límite de Atterberg, Gravedad Específica, Corte Directo, Proctor modificado, a efectuarse en cada una de las muestras: de las calicatas, en el suelo de refuerzo seleccionado y en el suelo del talud posterior.

Con el perfil obtenido y la clasificación de suelos de acuerdo al Sistema Unificado de la Clasificación de Suelos, se comienza a evaluar alternativas de cimentación con base en las características del perfil estratigráfico, los resultados de los ensayos de laboratorio y la magnitud de las cargas que se trasladarán al terreno.

La recomendación del tipo de cimentación en el caso de muros de contención de suelos reforzados puede ser: directamente sobre la capa del terreno natural existente o a un nivel de profundidad calculada, en función de la capacidad de carga admisible del terreno, de tal manera que garantice la funcionalidad de la obra.

El suelo reforzado también es evaluado en sus características y propiedades mecánicas para cada sistema de construcción de muros de suelos reforzados debiendo cumplir con especificaciones técnicas definidas, y supervisadas durante la ejecución de la obra, debido a que es uno de las partes más importantes de la estructura de los muros y de mayor incidencia económica en el costo directo total.

Al suelo del talud posterior que, generalmente es el mismo suelo de cimentación, además de los ensayos de suelos antes descritos se recomienda realizar un estudio geotécnico que garantice la estabilidad global del sistema.

2.1.2 Topografía

La topografía de un proyecto de muros de suelo reforzados, es un trabajo básico en el que se define la ubicación exacta donde se realizará la obra, así como diferencias de cotas, para lo cual se requiere de un trabajo de campo que se realiza con instrumentos y equipos de acuerdo a la magnitud del tamaño del proyecto.

En este trabajo de campo se hacen los levantamientos tanto planimétricos como altimétricos, obteniéndose además las coordenadas geográficas de los puntos estratégicos para la construcción de la obra.

Con toda la información de campo posteriormente en un trabajo de gabinete se desarrollan los planos necesarios para continuar sobre esa base con el desarrollo del proyecto final.

Los trabajos de topografía deben continuar durante la ejecución de la obra, para poder replantear y/o verificar los niveles y coordenadas geográficas.

2.1.3 Hidrología

Dentro de los análisis y diseños en las obras que conforman un muro de contención, se debe tomar en cuenta las precipitaciones y el nivel freático que pudiera haber en la zona donde se plantea construir las obras. Por lo tanto uno de los estudios principales a realizar es el estudio hidrológico.

El objetivo de los estudios de hidrología de un muro de contención es determinar el régimen de escorrentía de las cuencas comprometidas para hallar los parámetros hidrológicos que permitirán el diseño de las obras de drenaje. Tanto para cursos con flujo permanente como por las ocasionadas por la precipitación.

2.1.4 Impacto Ambiental

Los muros de contención de suelo reforzado con geosintéticos tiene un efecto muy pequeño sobre el medio ambiente, por el contrario contribuyen a disminuir el impacto ambiental de la obra en la zona, sin embargo se recomienda evaluarlo.

2.1.5 Diseño del Muro

Los ingenieros durante los últimos años han adaptado metodologías existentes y desarrollado técnicas de análisis y diseño para muros de suelo reforzado con geosintéticos, en base a las propiedades conocidas de sus componentes, lo que nos permite hoy tener tres sistemas de muros de suelo reforzado, objetos de este trabajo, con sus parámetros de diseño, factores de seguridad, así como las geometrías para cada una de ellas.

2.2 Elaboración del Proyecto del Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geomalla

2.2.1 Descripción del Proyecto

Generalidades

Se elaboró el proyecto de un muro de suelo reforzado con geomallas; el cual consiste en el desarrollo de la ingeniería y su posterior construcción.

El desarrollo de la ingeniería contempla el diseño del muro de contención de suelo reforzado con geomallas. Se proponen las siguientes dimensiones del muro: 8.0 m. de longitud, 2.50 m. de ancho y una altura de 2.20 m. como parte de la primera etapa.

Objetivo del proyecto

El objetivo principal es desarrollar el proceso completo de diseño y construcción de un muro de contención de suelo reforzado con geomallas.

Ubicación del proyecto

El muro de contención de suelo reforzado con geomallas, se encuentra ubicado en la zona denominada Cerro Arrastre UNI, dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería. (Foto N° 1;).



Fotografía 1: Zona de construcción del muro

2.2.2 Topografía

Se ha realizado el levantamiento topográfico en la zona de ubicación del proyecto; para lo cual se hizo uso de una estación total, debido a que el instrumento nos da directamente las coordenadas UTM y la elevación de los puntos requeridos.

Para la ejecución del levantamiento topográfico se tomó como apoyo el BM monumentado en el Departamento de Topografía y Fotogrametría de la FIC, dentro del campus de la UNI, el mismo que tiene una elevación de 108.25 msnm. (Plano UBI – 01; Anexo A3).

Las coordenadas Norte / Este calculadas, tienen como origen las UTM WGS84 que han sido convertidas a PSAD 56.

Las coordenadas de los vértices del área en donde se construirá el muro, así como del BM de apoyo, se muestran en el cuadro N° 01:

Cuadro2.1: Coordenadas de la fachada del muro			
Vértices	UTM NORTE	UTM ESTE	COTA (msnm)
BM	8670401.00	276965.21	108.25
P	8670535.03	277079.13	108.27
Q	8670543.02	277078.65	107.90
R	8670543.17	277081.15	107.90
S	8670535.18	277081.62	108.18

2.2.3 Estudio de Suelos

En el estudio de suelos se ha considerado un área de 300 m² aproximadamente, ubicada en el Cerro Arrastre de la Universidad Nacional de Ingeniería; área conformada por material de depósito fluvial (cauce de río) y un talud adyacente al área conformado por suelo conglomerado y un macizo rocoso de piedra lutita.

El área de estudio se encuentra entre las coordenadas P y Q, ubicada tal como se muestra en el Cuadro 2.1.

Se recomienda cimentar el muro de suelo reforzado directamente sobre la capa superior de suelo natural existente, considerando en el diseño una presión admisible de 179.8 KN/m² para un factor de seguridad de 2.5.

Los trabajos de campo comprendieron la excavación de 3 calicatas dentro del área de estudio, que permitieron tener una primera impresión del perfil del suelo y el no registro de la napa freática. La clasificación visual de los materiales encontrados y la extracción de muestras representativas de los suelos típicos, se realizó de acuerdo de acuerdo con los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos Los ensayos de laboratorio de suelos se realizaron tanto al material de suelo de fundación como al material de relleno. Los ensayos realizados fueron:

- Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D 422
- Clasificación SUCS	ASTM D 2487
- Límites de Attemberg	ASTM D 4318
- Contenido de humedad	ASTM D 2216
- Gravedad específica	ASTM D 854
- Ensayo de corte directo	ASTM D 3080
- Proctor modificado	ASTM D 1557
- Densidad de campo – Método de cono de arena	ASTM D 1556

El perfil del suelo registrado en las calicatas excavadas está conformado por depósitos fluviales, cantos rodados, grava arenosa mal graduada, ligeramente limosa (limo-arcillosa), piedras de superficie sub redondeadas de 8 pulgadas de tamaño máximo; de espesor uniforme. Cuya descripción pertenece a un suelo GP de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), con una cobertura o estrato superficial de material suelto, que esta conformado por un suelo limo-arcilloso de 15 cm. de espesor aproximadamente.

En el talud de corte expuesto frente al área estudiada se aprecian las mismas características del suelo en el tramo adyacente al muro de suelo reforzado y en el siguiente tramo del talud la intercalación de estratos de roca lutita; sin

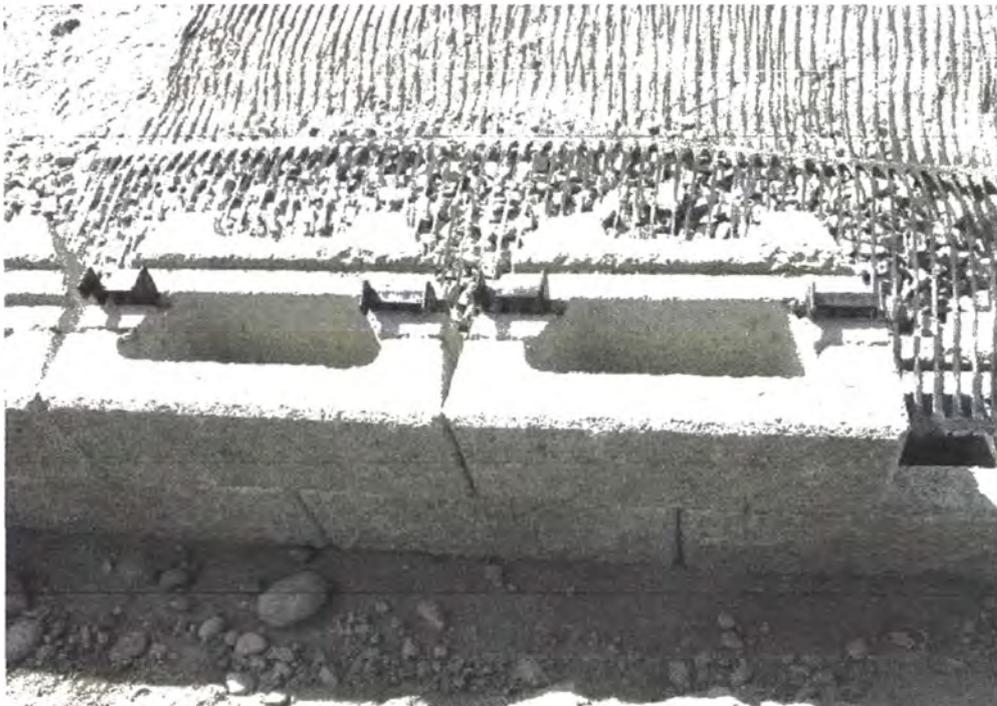
embargo, este permanece fuera del área de influencia de trabajo. (Ver perfil estratigráfico; Anexo A1).

2.2.4 Hidrología

En el área de experimentación no existen flujos permanentes, la cuenca a considerar es mínima, por lo que no hay registros de la napa freática, éste parámetro no será considerado en el diseño.

2.2.5 Diseño del Muro de Contención

El muro de contención a construirse está formado por “Unidades Mesa” de bloques segmentales de concreto y “Conectores Mesa”; Geomallas Uniaxiales Tensar.



Fotografía 2: Bloques de concreto, conectores y geomallas

El diseño de la estructura de suelo reforzado está basado en los siguientes parámetros:

Cuadro 2.2: Parámetros de diseño			
Tipo de suelo	Ángulo de fricción interna	Cohesión efectiva (KPa)	Peso unitario (KN/m³)
Suelo de Cimentación	30.00	0	22.20
Suelo Retenido	30.00	0	18.00
Relleno Reforzado	33.80	0	22.30

Factores de seguridad:

Estabilidad interna

Cuadro 2.3: Estabilidad Interna – Factores de seguridad		
Mínimos factores de seguridad	Estático	Sísmico
Por resistencia de la geomalla	1.5	1.1
Arrancamiento	1.5	1.1
Deslizamiento de la geomalla	1.5	1.1

Cuadro 2.4: Coeficiente de interacción	
Coeficiente de interacción suelo - geomalla	0.75
Porcentaje de recubrimiento (%) *	100% - 73%

Cuadro 2.5: Factores de reducción**	
Factor de reducción (creep)	2.65
Factor de reducción (durabilidad)	1.10
Factor de reducción (construcción)	1.15

(*) Porcentaje de recubrimiento.- Es la proporción entre el área cubierta por la geomalla en la capa de suelo de refuerzo, y el área total de la capa de suelo de refuerzo. Varía entre 73% y 100%.

(**)Factor de reducción.- Son factores obtenidos de pruebas de laboratorio para cada producto, proporcionado por los fabricantes, esta en función del tipo de suelo de refuerzo asegura el comportamiento del geosintético, por daños de instalación, por durabilidad y creep.

Estabilidad externa

Mínimos factores de seguridad	Estático	Sísmico
Deslizamiento en la base	1.5	1.1
Excentricidad	1/6	1/3
Volcamiento	2.0	1.5

Estabilidad global

El análisis de estabilidad global se evalúa mediante el uso de software o una hoja de cálculo basada en el análisis por cuñas o dovelas, en condiciones estáticas como pseudo-estáticas obteniéndose la superficie de falla del muro, considerándose los parámetros del suelo, los factores de seguridad, las normas técnicas para cimentaciones.

Diseño Sísmico

Aceleración Sísmica de Diseño

Debido a que las aceleraciones sísmicas máximas se manifiestan sólo durante un periodo muy corto, la aceleración de diseño se define como una fracción de la aceleración máxima, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers), recomienda el uso de un coeficiente sísmico igual al 50% (1/2) de la aceleración pico de diseño, la misma que esta basada en numerosos estudios del comportamiento de terraplenes durante eventos sísmicos. También, en la Guía ambiental publicada por el Ministerio de Energía y

Minas del Perú, se sugiere el uso de una fracción comprendida entre $1/2$ a $2/3$ de la aceleración pico de diseño.

Del plano de isoaceleraciones en el Perú para un periodo de 50 años de vida útil la aceleración sísmica horizontal máxima es: 0.44 g, para efectos de diseño del muro se asumió de acuerdo a lo recomendado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos el 50% del coeficiente de aceleración sísmica máxima igual a 0.22g.

Diseño Hidrostático

El nivel freático no fue considerado en el diseño, debido a que se encuentra lo suficientemente bajo como para no afectar la estabilidad del muro de contención.

CAPITULO 3: CONSIDERACIONES SOBRE COSTOS

3.1 Alternativa 1: Muros de Contención de Suelo Reforzado con Geomallas.

3.1.1 Proceso Constructivo.

Excavación: El nivel de excavación vertical está dado por el plano de elevación y horizontalmente por la longitud de la geomalla diseñada, en nuestro caso sólo fue necesario limpiar y nivelar el terreno natural, la longitud de la geomalla de acuerdo al análisis y diseño del muro, fue de 2.50m.

Toda el área excavada o rellenada será compactada a un mínimo de 95% de la densidad seca del Proctor Modificado de acuerdo con ASTM D698 e inspeccionada por un ingeniero.

Los materiales excavados que serán empleados como rellenos deberán estar protegidos del ambiente.

Preparación de la cimentación: La zanja de cimentación será excavada de acuerdo a las dimensiones indicadas en el plano de construcción, para nuestro caso fue de 0.40 m. x0.60 m.

Los suelos que sean blandos o no reúnan los esfuerzos requeridos serán removidos y reemplazados con los materiales que estén aprobados por el ingeniero.

El suelo de cimentación será compactado a un mínimo de 95% del Proctor Modificado, antes de la capa nivelante (losa de nivelación).

Losa de nivelación: Consiste de concreto no reforzado, con agregado de no menos de $\frac{3}{4}$ " bien gradado.

La losa de nivelación: estará nivelada horizontalmente, en el frente y en la parte posterior, para asegurar que la primera hilada de bloques y subsecuentemente la segunda estén a nivel.

Colocación de los bloques de concreto: La primera hilada de bloques de concreto será cuidadosamente colocada sobre la losa de nivelación.

La primera hilada de bloques de concreto será nivelada de uno en uno y de adelante hacia atrás.

Una cuerda puede ser usada para alinear una pared recta, o tubos flexionados pueden ser usados para establecer una curva lisa cóncava o convexa de una pared.

Use la parte posterior de los bloques de concreto para alineamiento y medidas.



Fotografía 3: Primera hilada de bloques de concreto

Todos los bloques serán colocados juntos ajustadamente y paralelos a la línea curva o recta de la cara de la pared, como se muestra en la fotografía 3.

Todos los bloques serán limpiados de restos, antes de instalar la próxima hilada de bloques y/o colocar las geomallas.

Después de cada hilada de bloques una tira línea será colocada para asegurar que se mantiene la geometría del muro, la tira línea puede ser referenciada de las ranuras de los conectores o de la parte posterior de los bloques.

Instalación de geomalla y conector: Colocar la geomalla sobre los bloques, insertar los dientes de los conectores a través de las ranuras de las geomallas dentro de los bloques, estirar la geomalla contra los dientes y con un martillo de goma introducir el conector dentro de la ranura.

Colocar la hilada superior de bloques para mantener alineada la fachada y la superficie de nivel de los bloques.

En la próxima hilada de bloques, cada bloque será centrado sobre los dos bloques de abajo tal que los conectores actúen como topes dentro de los vacíos de los bloque superiores.



Fotografía 4: Colocación de bloques de concreto y geomallas

Relleno de drenaje: Se recomienda rellenar los 30 cm. posteriores a los bloques de concreto con piedra de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ " para que actúe como drenante y no se presenten presiones hidrostáticas adicionales.

Suelo de refuerzo: El relleno de refuerzo será colocado en capas de 25 cm. como máximo, será compactado a un mínimo de 95% de densidad seca del Proctor Modificado. Sólo operadores con equipo manual compactarán dentro de un metro detrás de los bloques de concreto. Los ensayos de densidad máxima seca no serán interpretados dentro de un metro detrás del muro.

El relleno será liso y nivelado para que la geomalla permanezca plana.

El pie del muro será rellenado y compactado da la misma manera que el muro esta siendo construido.

Instalación de coronación del muro: Si es requerido las unidades de coronación serán instaladas por atascamiento con las unidades inferiores usando concreto apropiado.

Tiras líneas o tuberías flexibles pueden ser usadas para alinear las unidades de coronación.

Cuadro 3.1: Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geomallas.
Costos Unitarios

DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA	UNID.	RENDIMIENTO X DÍA*	COSTO UNITARIO S/
Trazo y replanteo de terreno	m2	250.00	0.89
Limpieza del Terreno	m2	35.00	1.58
Trazo, replanteo c/equipo	m2	500.00	0.58
Excavación de zanja H<=1.0 m.	m3	2.50	22.12
Nivelación y compactación manual	m2	60.00	1.84
Losa de nivelación (cimentación)	m2	40.00	21.16
Colocación de bloques de concreto	m2	35.00	146.78
Colocación de geomalla	m2	180.00	13.80
Colocación de material drenaje	m3	6.00	80.17
Relleno con afirmado y compactación	m2	90.00	13.32

* El rendimiento está en función de la cuadrilla mínima para cada una de las partidas, como se detalla en los análisis de costos unitarios en el capítulo IV.

3.2 Alternativa 2: Muros de Contención de Suelo Reforzado con Geotextiles.

3.2.1 Proceso Constructivo.

Realizar el trazo de la zona de trabajo, limpiando el terreno de cualquier elemento extraño y desmonte que pudiera existir.

Replantear el trazado

Excavación: Excavar de 30 a 60 cm. por debajo del nivel inicial de la primera capa del muro. Si el suelo de cimentación es competente no es necesario realizar esta labor.

Construcción del sistema de drenaje: estas obras pueden ser cunetas, zanjas de coronación, disipadores entre otros, la aplicación de este tipo de obras depende de las condiciones particulares de cada sitio. Para la construcción del muro no fue necesario.

Construcción de subdrenaje: son obras necesarias y vitales para el manejo de agua en todos los casos donde reconstruyen obras de contención de cualquier tipo. Pueden ser subdrenaje en el espaldón o lloraderos, para el caso del muro con geotextiles no fue necesario.

Preparación del terreno de cimentación: Rellenar con material granular seleccionado, suelo-cemento o un colchón de grava que a la vez evite los ascensos de los niveles freáticos.

Colocación del geosintético: Colocar la capa de Geotextil en sentido perpendicular a la cara del muro, asegurándola a fin de evitar cualquier movimiento durante los trabajos de colocación del relleno.

Realizar el traslape en el Geotextil con un mínimo garantizado de 30 cm. a lo largo de todos sus bordes. Considerar costuras si se prevén asentamientos importantes en el diseño, que puedan originar una separación entre los rollos traslapados.

Colocación del material de relleno: El material de relleno deberá colocarse directamente sobre el geotextil, compactando la primera capa de 15 cm. como mínimo de espesor con equipos manuales. Después de ésta primera capa el proceso de compactación podrá realizarse a criterio del ingeniero o en capas de 25 cm., compactándola adecuadamente según diseño hasta alcanzar el 95% de la Máxima Densidad Seca obtenida en el laboratorio para el ensayo de Proctor Modificado.

Se recomienda en todos los casos que en los 60 cm. más cercanos al borde del muro, se trabaje con compactadores manuales.

Evitar al máximo cualquier movimiento o arrugamiento del geosintético

Construir un montículo de 60 cm. de ancho a partir de la cara o talud del muro, este se realiza inmediatamente después de haber compactado la primera capa del nivel respectivo y deberá alcanzar la altura de diseño de la capa a la cual pertenezca.



Fotografía 5: Primera capa de muro con geotextil

Construcción de las capas: Es necesario el uso de formaletas (fijas o removibles) para obtener la verticalidad del muro.

Instalar el rollo de geotextil directamente sobre el suelo de cimentación o sobre el manto drenante. Se debe prever que al menos un metro de geotextil esté por fuera de la formaleta, para luego conformar el pliegue superior de cada una de las capas de refuerzo.

Construir un montículo de 30 a 60 cm. de ancho a partir de la cara del muro. Este se realiza inmediatamente después de haber compactado la primera capa.

Este montículo al terminar de compactarlo deberá alcanzar la altura de diseño de la capa a la cual pertenezca.

El extremo del geotextil que se había dejado suelto anteriormente para realizar el pliegue superior, se coloca sobre el montículo.

Se coloca más relleno para alcanzar la altura de diseño de la capa, posteriormente compactándolo.

Se retira la formaleta, procediendo primero con los tablonos y luego con la
Las mensuras.

Una vez alcanzada la altura final del muro se procede a construir su fachada.

Fachada: El tipo de fachada del sistema en suelo reforzado dependerá de la función arquitectónica que este vaya a cumplir.

En todos los casos se debe usar algún tipo de fachada con el objetivo de protegerle geotextil contra la exposición de los rayos UV, contra la degradación y/o vandalismo.

Cuadro 3.2: Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geotextiles.			
Costos Unitarios			
DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA	UNID.	RENDIMIENTO X DÍA *	COSTO UNITARIO S/
Trazo y replanteo de terreno	m2	250.00	0.89
Limpieza del Terreno	m2	35.00	1.58
Trazo, replanteo c/equipo	m2	500.00	0.58
Corte en terreno semirocoso manual	m3	1.50	36.86
Nivelación y compactación manual	m2	60.00	1.84
Relleno con afirmado más compactación	m2	90.00	13.32
Encofrado y desencofrado	m.	15.00	65.00
Instalación de Geotextil	m2	23.66	23.66
Relleno con afirmado más compactación	m2	13.32	13.32
Malla tipo gallinero como refuerzo	m2	6.99	6.99
Mortero cemento : arena	m2	8.00	15.33

* El rendimiento está en función de la cuadrilla mínima para cada una de las partidas, como se detalla en los análisis de costos unitarios en el capítulo IV

3.3 Alternativa 3: Muros de Contención de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh.

3.3.1 Proceso Constructivo

Obras Preliminares:

Estos trabajos incluyen la limpieza del terreno de material orgánico así como la eliminación de todo material inadecuado para la cimentación del muro, tales como vegetación o suelo con presencia de raíces, suelos saturados o con excesiva humedad, escombros, desmonte y/o cualquier otro tipo de desechos.

Preparación de la Plataforma de apoyo

Una vez terminados los trabajos de excavación masiva y teniendo la aprobación del ingeniero, se procederá con las excavaciones y rellenos para lograr los niveles de subrasante. Se debe cortar las áreas elevadas y rellenar las represiones de acuerdo al plan de nivelación proporcionado por el ingeniero.

Se deberá tener especial cuidado en mantener las dimensiones adecuadas para el anclaje del refuerzo horizontal de los elementos Terramesh, de acuerdo a lo especificado en los planos de diseño. De igual forma, la superficie deberá estar, libre de materiales extraños o que puedan dañar la malla hexagonal, se evitará la presencia de agua empozada o suelos blandos. La superficie del terreno será convenientemente nivelada y compactada de acuerdo a las especificaciones técnicas del expediente.

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.

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.

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 250mm, sin embargo se podrían utilizar tamaños mayores, siempre y cuando sean aprobados por el ingeniero.

El personal encargado de la colocación de la piedra deberá hacerlo de modo tal que se minimice al máximo el índice de vacíos considerado en el diseño (entre 25% y 30% aproximadamente). Dependiendo de la altura del gavión, se llenará hasta alcanzar 30cm y 25cm para elementos de 1m y 0.5m de altura respectivamente. En el primer caso, los gaviones serán llenados en 3 capas mientras que para los gaviones de 50cm de altura, el llenado se hará en sólo 2 capas. Como se muestra en la fotografía 6.



Fotografía 6: Llenado de los gaviones con piedra

Una vez que la primera capa del gavión ha sido llenada con la piedra, se colocaran 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 las aristas de los elementos Terramesh, el cual es proporcionado por el proveedor del producto.

Los gaviones frontales del elemento Terramesh deberán ser llenados a una altura equivalente a la altura del gavión (50 cm. ó 1 metro dependiendo del elemento utilizado) mas 2 mm a 5 mm adicionales, con la finalidad de evitar posteriores deformaciones de los elementos. Superar esta altura podría generar problemas al momento de cerrar las cajas de los elementos Terramesh.

Una vez terminado el llenado de los gaviones, se toma la tapa del elemento, hasta entonces doblada hacia el lado exterior, y se la coloca sobre su respectiva caja para permitir el cierre definitivo del gavión, amarrando los bordes superiores de la tapa a cada panel vertical. En lo posible, se deberán amarrar los bordes en contacto de elementos Terramesh adyacentes.

Si el proyecto requiere un acabado más estético del paramento frontal, se puede considerar el uso de encofrados. El encofrado consistiría de 3 tablas de madera de unos 2 a 3 cm. de espesor, 20 cm. de ancho y 4 metros de longitud, colocadas a 20 cm. de separación entre ellas y fijadas por tablas transversales menores que impidan su movimiento. La separación de las tablas menores podría ser entre 4 a 5 metros.

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. 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, como se muestra en la fotografía 7.

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 50cm de material a desplegarse antes de colocar el relleno estructural y otros 50cm que irán sobre la ultima capa del relleno ya colocado y compactado. Es decir, para gaviones de 0.50

metros de altura, tendremos paneles de geotextil de 1.50cm de ancho, mientras que para gaviones de 1 metro de altura, el ancho de los paneles será de 2 metros.



Fotografía 7: Geotextil en muro con terramesh

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 50cm.

Elementos de Refuerzo Adicional

En caso que el diseño lo considere, se colocarán elementos de refuerzo como geomallas o materiales de similar función. Antes de desplegar la geomalla o elemento de refuerzo, 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.

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 indicado en las especificaciones

técnicas y luego deberán ser compactadas al porcentaje especificado de la máxima densidad seca obtenida del ensayo del Proctor modificado.

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 equipos pesados 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.

Se deben hacer pruebas de compactación y humedad respectivas. Si las pruebas de campo efectuadas dan resultados satisfactorios, la capa se dará por aprobada y se autorizará la colocación del material de la siguiente capa.

**Cuadro 3.3: Muro de Contención con Sistema Terramesh.
Costos Unitarios**

DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA	UNID.	RENDIMIENTO X DÍA *	COSTO UNITARIO S/
Trazo y replanteo de terreno	m2	250.00	0.89
Limpieza del Terreno	m2	35.00	1.58
Trazo, replanteo c/equipo	m2	500.00	0.58
Corte en terreno semirocoso manual	m3	36.88	36.86
Nivelación y compactación manual	m2	60.00	1.84
Instalación Elemento Terramesh	Unid.	402.85	402.85
Relleno con afirmado más compactación	m2	13.32	13.32
Colocación de geomalla UX 1400	m2	180.00	13.80

* El rendimiento está en función de la cuadrilla mínima para cada una de las partidas, como se detalla en los análisis de costos unitarios en el capítulo IV

CAPITULO 4: ANÁLISIS DE COSTOS

Los análisis de costos que se presentan a continuación, están basados en los rendimientos tomados de los tres muros de contención de suelo reforzado con geosintéticos, construidos en la zona de experimentación de la Universidad Nacional de Ingeniería.

No fue necesario el empleo de maquinaria pesada en la ejecución, debido a las dimensiones de los proyectos y teniendo en cuenta además que el material de suelo de refuerzo se trasladó de la cantera a pie de obra, por lo que en las partidas de costos unitarios de los tres muros, sólo se consideró el empleo de herramientas y equipo manual.

Los precios de los materiales y mano de obra son los que rigen el mercado de la construcción actualmente, y han sido uniformizados en su aplicación para las tres alternativas.

El área útil (longitud y altura) de las fachadas de los muros es el mismo para los tres casos, variando la longitud de la base (longitud de empotramiento) entre 2.50 y 3.00 m., debido a que deben cumplir condiciones de estabilidad externa en el análisis estructural.

4.1 Alternativa 1: Muros de Contención de Suelo Reforzado con Geomallas

Listado de Partidas de Costos Unitarios

Partida: 0001 Trazo y replanteo en terreno normal

Partida: 0002 Limpieza manual de terreno normal

Partida: 0003 Trazo y replanteo con equipo

Partida: 0004 Excavación de zanjas H_{máx.} ≤ 1.0 m terreno normal

Partida: 0005 Nivelación y compactación manual de subrasante

Partida: 0006 Concreto para solado E=15 cm. mezcla 1:10 C:H, curado

Partida: 0007 Colocación de Bloques de concreto

Partida: 0008 Colocación de Geomalla 1400 SH

Partida: 0009 Colocación de Material Granular de Drenaje

Partida: 0010 Relleno con Afirmado y/o Material Granular y compactado

Partida: 0001		Trazo y replanteo en terreno normal				
Cuadrilla:	Operario	1.0	Rendimiento:	250 m2/día		
	Peón	2.0	Unidad:	m2		
			Fecha:	Marzo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MATERIALES						
Yeso	kg	0.0500	0.80	0.04		
Cordel	m	0.0750	0.30	0.02		
Madera tornillo	p2	0.0200	3.22	0.06	0.13	
MANO DE OBRA						
Operario	hh	0.0320	8.97	0.32		
Peón	hh	0.0640	6.71	0.43	0.75	
EQUIPOS						
Herramientas manuales	%MO	0.0300	0.43	0.01	0.01	
TOTAL				S/.	0.89	

Partida: 0002		Limpieza manual de terreno normal				
Cuadrilla:	Peón	1.0	Rendimiento:	35 m2/día		
			Unidad:	m2		
			Fecha:	Marzo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MANO DE OBRA						
Peón	hh	0.2286	6.71	1.53	1.53	
EQUIPO						
Herramientas Manuales	%MO	0.0300	1.53	0.05	0.05	
TOTAL				S/.	1.58	

Partida: 0003		Trazo y replanteo con equipo				
Cuadrilla:	Topógrafo	1.0	Rendimiento:	500 m2/día		
	Peón	3.0	Equipo:	500		
			Mano de obra:	500		
			Unidad:	m2		
			Fecha:	Mayo del 2007		
Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.
MATERIALES						
Yeso	kg	0.0500	0.80	0.04		
Madera tornillo	p2	0.0050	3.22	0.02		
Cordel	m	0.0250	0.30	0.01		0.07
MANO DE OBRA						
Topógrafo	hh	0.0160	10.00	0.16		
Peón	hh	0.0480	6.71	0.16		0.32
EQUIPO						
Teodolito	hm	0.0160	10.00	0.16		
Miras y jalones	hm	0.0160	2.00	0.03		
Herramientas manuales	%MO	0.0300	0.32	0.01		0.20
TOTAL					S/.	0.59

Partida: 0004		Excavación de zanjas Hmáx.<= 1.0 m terreno normal				
Cuadrilla:	Peón	1.0	Rendimiento:	2.5 m3/día		
			Equipo:	2.5		
			Mano de obra:	2.5		
			Unidad:	m3		
			Fecha:	Marzo del 2007		
Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.
MATERIALES						
Peón	hh	3.2000	6.71	21.47		21.47
EQUIPO						
Herramientas manuales	%MO	0.0300	21.47	0.64		0.65
TOTAL					S/.	22.12

Partida: 0005		Nivelación y compactación manual de subrasante				
Cuadrilla:	Peón	2.0	Rendimiento:	60 m2/día		
			Equipo:	60		
			Mano de obra:	60		
			Unidad:	m2		
			Fecha:	Mayo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MANO DE OBRA						
Peón	hh	0.2667	6.71	1.79	1.79	
EQUIPO						
Herramientas manuales	%MO	0.0300	1.79	0.05	0.05	
TOTAL				S/.	1.84	

Partida: 0006		Concreto para solado E=15 cm. mezcla 1:10 C:H, curado				
Cuadrilla:	Operario	1.0	Rendimiento:	40 m2/día		
	Peón	4.0	Unidad:	m2		
			Fecha:	Marzo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MATERIALES						
Hormigón	m3	0.1250	30.00	3.75	11.60	
Cemento Pórtland	bol	0.4400	17.50	7.70		
Agua	m3	0.0200	7.50	0.15		
MANO DE OBRA						
Operario	hh	0.2000	8.97	1.34	9.28	
Peón	hh	0.8000	6.71	7.94		
EQUIPO						
Herramientas manuales	%MO	0.0300	9.28	0.28	0.28	
TOTAL				S/.	21.16	

Partida: 0007		Colocación de Bloques de concreto				
Cuadrilla:	Capataz	0.1	Rendimiento:	35 m2/día		
	Operario	3.0	Unidad:	m2		
	Peón	9.0	Fecha:	Marzo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MATERIALES						
Bloque de Concreto	unid	10.7600	7.76	83.47		
Conectores de HDPE	unid	19.9200	2.10	41.83	125.30	
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	0.0229	9.92	0.23		
Operario	hh	0.6857	8.97	5.67		
Peón	hh	2.0571	6.71	13.80	19.70	
EQUIPO						
Desgaste de Herramientas	%	0.0500	19.70	0.98		
Amoladora	hm	0.2286	15.90	0.80	1.78	
TOTAL				S/.	146.78	

Partida: 0008		Colocación de Geomalla 1400 SH				
Cuadrilla:	Capataz	0.1	Rendimiento:	180 m2/día		
	Operario	1.0	Unidad:	m2		
	Peón	3.0	Fecha:	Marzo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MATERIALES						
Geomalla Tipo 1400 SH	m2	1.0200	11.54	11.77	11.77	
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	0.0044	9.92	0.04		
Operario	hh	0.0444	8.97	0.37		
Peón	hh	0.1333	6.71	0.89	1.30	
EQUIPO						
Desgaste de Herramientas	%MO	0.0500	1.30	0.06		
Cortadora Eléctrica	hm	0.0444	15.90	0.71	0.77	
TOTAL				S/.	13.84	

Partida: 0009		Colocación de Material Granular de Drenaje			
Cuadrilla:	Capataz	0.1	Rendimiento:	6.00 m3/día	
	Peón	2.0	Unidad:	m3	
			Fecha:	Marzo del 2007	
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.
MATERIALES					
Piedra Chancada de 1/2	m2	1.0500	50.00	52.50	52.50
MANO DE OBRA					
Capataz	hh	0.1333	9.92	1.32	19.22
Peón	hh	2.6667	6.71	17.89	
EQUIPO					
Desgaste de Herramientas		%MO	0.0500	19.22	8.46
Compactadota Manual	hm	1.3333	5.62	7.50	
TOTAL				S/.	80.18

Partida: 0010		Relleno con Afirmado y/o Material Granular y compactado			
Cuadrilla:	Capataz	0.1	Rendimiento:	90 m2/día	
	Operario	1.0	Unidad:	m2	
	Peón	3.0	Fecha:	Mayo del 2007	
Descripción Recurso	Unidad	cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub-Total S/.
MATERIALES					
Afirmado	m3	0.13	35.00	4.55	4.63
Agua	m3	0.01	7.50	0.08	
MANO DE OBRA					
Capataz	hh	0.0089	9.92	0.09	2.62
Operario	hh	0.0889	8.97	0.74	
Peón	hh	0.2667	6.71	1.79	
EQUIPO					
Herramientas manuales	%MO	0.03	2.62	0.08	6.08
Plancha compactadota 4 HP	hm	0.50	12.00	6.00	
TOTAL				S/.	13.33

4.1.1 Presupuesto de Obra

PRESUPUESTO

OBRA : Muro de Suelo Reforzado Con Geomallas
(B=2.50m, H=2.20m, L=8.00m)

PROYECTO: Muro de Contención: Alternativa 1

UBICACIÓN: Universidad Nacional de Ingeniería

FECHA : Mayo - 2007

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	P.U. S/	PARCIAL S/	TOTAL S/
01.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES					
01.01.00	Trazo y replanteo de terreno	m2	50.00	0.89	44.50	
01.02.00	Limpieza del Terreno	m2	50.00	1.58	79.00	
01.03.00	Estudios geotécnicos (calicatas, ensayos de laboratorio)	gbl	1.00	250.00	250.00	
01.03.00	Transporte de materiales, equipos a obra	gbl	1.00	300.00	300.00	673.50
02.00.00	BASE DE NIVELACIÓN					
02.01.00	Trazo, replanteo c/equipo	m2	50.00	0.59	29.50	
02.02.00	Excavación de zanja H<=1.0 m.	m3	2.40	22.12	53.09	
02.03.00	Nivelación y compactación manual	m2	20.00	1.84	36.80	
02.04.00	Solado de nivelación	m2	4.80	21.16	101.57	220.96
03.00.00	MURO REFORZADO					
03.01.00	Colocación de bloques de concreto	m2	13.95	146.78	2,047.58	
03.02.00	Colocación de geomalla	m2	74.48	13.84	1,030.80	
03.03.00	Colocación de material drenaje	m3	5.28	80.18	423.35	
03.04.00	Relleno con afirmado y compactación	m2	293.40	13.33	3,911.02	7,412.75
	COSTO DIRECTO				S/	8,307.21
	GG+UTIL (15%)					1,246.08
	SUB TOTAL				S/	9,553.29
	IGV (19%)					1,815.12
	TOTAL				S/	11,368.41

4.2 Alternativa 2: Muros de Contención de Suelo Reforzado con Geotextiles.

Listado de Partidas

Partida: 0001 Trazo y replanteo en terreno normal

Partida: 0002 Limpieza manual de terreno normal

Partida: 0003 Trazo y replanteo con equipo

Partida: 0011 Corte en terreno semirocoso manual

Partida: 0005 Nivelación y compactación manual de subrasante

Partida: 0012 Encofrado y desencofrado

Partida: 0013 Suministro e instalación de geotextil Fortex BX 90

Partida: 0010 Relleno con Afirmado y/o Material Granular y compactado

Partida: 0018 Malla tipo gallinero con refuerzo

Partida: 0019 Mortero cemento arena

Partida: 0001		Trazo y replanteo en terreno normal				
Cuadrilla:	Operario	1.0	Rendimiento:	250 m2/día		
	Peón	2.0	Unidad:	m2		
			Fecha:	Marzo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MATERIALES						
Yeso	kg	0.0500	0.80	0.04		
Cordel	m	0.0750	0.30	0.02		
Madera tornillo	p2	0.0200	3.22	0.06	0.13	
MANO DE OBRA						
Operario	hh	0.0320	8.97	0.32		
Peón	hh	0.0640	6.71	0.43	0.75	
EQUIPOS						
Herramientas manuales	%MO	0.0300	0.43	0.01	0.01	
TOTAL				S/.	0.89	

Partida: 0002		Limpieza manual de terreno normal				
Cuadrilla:	Peón	1.0	Rendimiento:	35 m2/día		
			Unidad:	m2		
			Fecha:	Marzo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MANO DE OBRA						
Peón	hh	0.2286	6.71	1.53	1.53	
EQUIPO						
Herramientas Manuales	%MO	0.0300	1.53	0.05	0.05	
TOTAL				S/.	1.58	

Partida: 0003		Trazo y replanteo con equipo			
Cuadrilla:	Topógrafo	1.0	Rendimiento:	500 m2/día	
	Peón	3.0	Equipo:	500	
			Mano de obra:	500	
			Unidad:	m2	
			Fecha:	Mayo del 2007	
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.
MATERIALES					
Yeso	kg	0.0500	0.80	0.04	
Madera tornillo	p2	0.0050	3.22	0.02	
Cordel	m	0.0250	0.30	0.01	0.06
MANO DE OBRA					
Topógrafo	hh	0.0160	10.00	0.16	
Peón	hh	0.0480	6.71	0.16	0.32
EQUIPO					
Teodolito	hm	0.0160	10.00	0.16	
Miras y jalones	hm	0.0160	2.00	0.03	
Herramientas manuales	%MO	0.0300	0.32	0.01	0.20
TOTAL				S/.	0.59

Partida 0011		Corte en terreno semirocoso manual			
Cuadrilla:	Peón	1.0	Rendimiento:	15 m3/día	
			Equipo:	1.5	
			Mano de obra:	1.5	
			Unidad:	m3	
			Fecha:	Mayo del 2007	
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.
MANO DE OBRA					
Peón	hh	5.3333	6.71	35.79	35.79
EQUIPO					
Herramientas manuales	%MO	0.0300	35.79	1.07	1.07
TOTAL				S/.	36.86

Partida: 0005		Nivelación y compactación manual de subrasante				
Cuadrilla:	Peón	2.0	Rendimiento:	60 m2/día		
			Equipo:	60		
			Mano de obra:	60		
			Unidad:	m2		
			Fecha:	Mayo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MANO DE OBRA						
Peón	hh	0.2667	6.71	1.79	1.79	
EQUIPO						
Herramientas manuales	%MO	0.0300	1.79	0.05	0.05	
TOTAL				S/.	1.84	

Partida 0012		Encofrado y desencofrado				
Cuadrilla:	Capataz	0.1	Rendimiento:	15 m/día		
	Operario	1.0	Unidad:	m		
	Peón	1.0	Fecha:	Mayo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	0.05	9.92	0.50	8.90	
Operario	hh	0.53	8.97	4.80		
Peón	hh	0.53	6.71	3.60		
MATERIALES						
Tablones 2"x12"x3mts	unid	0.67	57.0	38.00	55.67	
Formaletas 1.20x0.12m	unid	0.83	19.0	15.83		
clavos 3"	Kg	0.28	2.52	0.71		
Alambre Nº 8	Kg	0.27	4.20	1.13		
EQUIPO						
Herramientas Manuales	%mo	5%	8.90	0.45	0.45	
TOTAL :				S/.	65.02	

Partida 0013		Suministro e instalación de geotextil Fortex BX 90				
Cuadrilla:	Capataz	0.1	Rendimiento:	40 m/día		
	Operario	1.0	Unidad:	m2		
	Peón	1.0	Fecha:	Mayo del 2007		
Descripción	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.
MANO DE OBRA						
	Capataz	hh	0.02	9.92	0.20	
	Operario	hh	0.20	8.97	1.79	
	Peón	hh	0.20	6.71	1.34	3.33
MATERIALES						
	Geotextil Fortex BX90	M2	1.05	19.20	20.16	20.16
EQUIPO						
	Herramientas Manuales	%mo	5%	3.33	0.17	0.17
TOTAL :					S/.	23.66

Partida: 0010		Relleno con Afirmado y/o Material Granular E=15 cm.				
Cuadrilla:	Capataz	0.1	Rendimiento:	90 m2/día		
	Operario	1.0	Unidad:	m2		
	Peón	3.0	Fecha:	Mayo del 2007		
Descripción	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub-Total S/.
MATERIALES						
	Afirmado	m3	0.13	35.00	4.55	
	Agua	m3	0.01	7.50	0.08	4.63
MANO DE OBRA						
	Capataz	hh	0.0089	9.92	0.09	
	Operario	hh	0.0889	8.97	0.74	
	Peón	hh	0.2667	6.71	1.79	2.62
EQUIPO						
	Herramientas manuales	%MO	0.03	2.62	0.08	
	Plancha compactar 4HP	hm	0.50	12.00	6.00	6.08
TOTAL					S/.	13.33

Partida 0018		Malla tipo gallinero con refuerzo				
Cuadrilla:	Capataz	0.1	Rendimiento:	40	m2/día	
	Operario	1.0	Unidad:	m2		
	Peón	0.5	Fecha:	Mayo del 2007		
Descripción	unid	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	0.02	9.92	0.20	2.66	
Operario	hh	0.20	8.97	1.79		
Peón	hh	0.10	6.71	0.67		
MATERIALES						
Malla Tipo Gallinero	M2	1.05	4.00	4.20	4.20	
EQUIPO						
Herramientas Manuales	%mo	5%	2.66	0.13	0.13	
TOTAL :					6.99	

Partida: 0019		Mortero cemento arena				
Cuadrilla:	Capataz	0.1	Rendimiento:	8	m2/día	
	Operario	1.0	Unidad:	m2		
	Peón	0.5	Fecha:	Mayo del 2007		
Descripción Recurso	unid	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	0.10	9.92	0.99	13.32	
Operario	hh	1.00	8.97	8.97		
Peón	hh	0.50	6.71	3.36		
MATERIALES						
Cemento	BLS	0.076	17.50	1.32	1.64	
Arena	m3	0.010	28.00	0.28		
Agua	m3	0.005	7.00	0.04		
EQUIPO						
Herramientas Manuales	%mo	5%	13.32	0.67	0.67	
TOTAL :				S/.	15.63	

4.2.1 Presupuesto de Obra

PRESUPUESTO

OBRA : Muro de Suelo Reforzado Con Geotextiles
(B=3.00m, H=2.20m, L=8.00m)

PROYECTO: Muro de Contención: Alternativa 2

UBICACIÓN: Universidad Nacional de Ingeniería

FECHA : Mayo - 2007

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	P.U S/	PARCIAL S/	TOTAL S/
01.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES					
01.01.00	Trazo y replanteo de terreno	m2	60.00	0.89	53.40	
01.02.00	Limpieza del Terreno	m2	60.00	1.58	94.80	
01.03.00	Estudios geotécnicos (calicatas, ensayos de laboratorio)	gbl	1.00	250.00	250.00	
01.04.00	Transporte de materiales y equipos a obra	gbl	1.00	300.00	300.00	698.20
02.00.00	BASE DE NIVELACIÓN					
02.01.00	Trazo, replanteo c/equipo	m2	60.00	0.59	35.40	
02.02.00	Corte en terreno semirocoso manual	m3	7.20	36.86	265.39	
02.03.00	Nivelación y compactación manual	m2	24.00	1.84	44.16	
02.04.00	Relleno con afirmado más compactación	m2	48.00	13.33	639.84	984.79
03.00.00	MURO REFORZADO					
03.01.00	Encofrado y desencofrado	m1	8.00	65.02	520.16	
03.02.00	Instalación de Geotextil	m2	120.00	23.66	2,839.20	
03.03.00	Relleno con afirmado más compactación	m2	352.08	13.33	4,693.23	8,052.59
04.00.00	CONTROL DE EROSION - FACHADA					
04.01.00	Malla tipo gallinero como refuerzo	m2	18.00	6.99	125.82	
04.02.00	Mortero cemento : arena	m2	18.00	15.63	281.34	407.16
	COSTO DIRECTO				S/	10,142.74
	GG+UTIL (15%)					1,521.41
	SUB TOTAL				S/	11,664.15
	IGV (19%)					2,216.19
	TOTAL				S/	13,880.34

ALTERNATIVA 3.-

4.3 Muros de Contención de Suelo con el Sistema Terramesh.

Listado de Partidas

Partida: 0001 Trazo y replanteo en terreno normal

Partida: 0002 Limpieza manual de terreno normal

Partida: 0003 Trazo y replanteo con equipo

Partida: 0011 Corte en terreno semirocoso manual

Partida: 0005 Nivelación y compactación manual de subrasante

Partida: 0015 Elemento Terramesh 1.0x1.0x3.0 m., Abertura 10x12 cm.,

Partida: 0010 Relleno con Afirmado y/o Material Granular y compactado

Partida: 0008 Colocación de Goemalla 1400 SH

Partida: 0001		Trazo y replanteo en terreno normal				
Cuadrilla:	Operario	1.0	Rendimiento:	250 m2/día		
	Peón	2.0	Unidad:	m2		
			Fecha:	Marzo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MATERIALES						
Yeso	kg	0.0500	0.80	0.04		
Cordel	m	0.0750	0.30	0.02		
Madera tornillo	p2	0.0200	3.22	0.06	0.13	
MANO DE OBRA						
Operario	hh	0.0320	8.97	0.32		
Peón	hh	0.0640	6.71	0.43	0.75	
EQUIPOS						
Herramientas manuales	%MO	0.0300	0.43	0.01	0.01	
TOTAL				S/.	0.89	

Partida: 0002		Limpieza manual de terreno normal				
Cuadrilla:	Peón	1.0	Rendimiento:	35 m2/día		
			Unidad:	m2		
			Fecha:	Marzo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MANO DE OBRA						
Peón	hh	0.2286	6.71	1.53	1.53	
EQUIPO						
Herramientas Manuales	%MO	0.0300	1.53	0.05	0.05	
TOTAL				S/.	1.58	

Partida: 0003		Trazo y replanteo con equipo				
Cuadrilla:	Topógrafo	1.0	Rendimiento:	500 m2/día		
	Peón	3.0	Equipo:	500 m2/día		
			Mano de obra:	500 m2/día		
			Unidad:	m2		
			Fecha:	Mayo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MATERIALES						
Yeso	kg	0.0500	0.80	0.04		
Madera tornillo	p2	0.0050	3.22	0.02		
Cordel	m	0.0250	0.30	0.01	0.06	
MANO DE OBRA						
Topógrafo	hh	0.0160	10.00	0.16		
Peón	hh	0.0480	6.71	0.16	0.32	
EQUIPO						
Teodolito	hm	0.0160	10.00	0.16		
Miras y jalones	hm	0.0160	2.00	0.03		
Herramientas manuales	%MO	0.0300	0.32	0.01	0.20	
TOTAL				S/.	0.59	

Partida 0011		Corte en terreno semirocoso manual				
Cuadrilla:	Peón	1.0	Rendimiento:	15 m3/día		
			Equipo:	1.5		
			Mano de obra:	1.5		
			Unidad:	m3		
			Fecha:	Mayo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MANO DE OBRA						
Peón	hh	5.3333	6.71	35.79	35.79	
EQUIPO						
Herramientas manuales	%MO	0.0300	35.79	1.07	1.07	
TOTAL				S/.	36.86	

Partida: 0005		Nivelación y compactación manual de subrasante				
Cuadrilla:	Peón	2.0	Rendimiento:	60 m2/día		
			Equipo:	60		
			Mano de obra:	60		
			Unidad:	m2		
			Fecha:	Mayo del 2007		
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MANO DE OBRA						
Peón	hh	0.2667	6.71	1.79	1.79	
EQUIPO						
Herramientas manuales	%MO	0.0300	1.79	0.05	0.05	
TOTAL				S/.	1.84	

Partida: 0015		Elemento Terramesh 1.0x1.0x3.0 m., Abertura 10x12 cm.,				
Cuadrilla:	Capataz	0.1	Rendimiento:	8.00 unid/día		
	Operario	1.0	Unidad:	unid		
	Peón	6.0	Fecha:	Mayo del 2007		
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MATERIALES						
Elemento 1.0x1.0x3.0 m. (10x12/3.70 Zn+Al+PVC)	unid	1.0000	255.80	255.80		
Piedra 5" a 10"	m3	2.1400	40.00	85.60		
Geotextil no tejido 200 gr./m2	m2	4.0000	2.18	8.72	350.12	
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	0.1000	9.92	0.99		
Oficial	hh	1.0000	8.97	8.97		
Peón	hh	6.0000	6.71	40.26	50.22	
EQUIPO						
Desgaste de Herramientas	%MO	5%	50.22	2.51	2.51	
TOTAL				S/.	402.85	

Partida: 0010		Relleno con Afirmado y/o Material Granular compactado			
Cuadrilla:	Capataz	0.1	Rendimiento:	90 m2/día	
	Operario	1.0	Unidad:	m2	
	Peón	3.0	Fecha:	Mayo del 2007	
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub-Total S/.
MATERIALES					
Afirmado	m3	0.13	35.00	4.55	
Agua	m3	0.01	7.50	0.08	4.63
MANO DE OBRA					
Capataz	hh	0.0089	9.92	0.09	
Operario	hh	0.0889	8.27	0.74	
Peón	hh	0.2667	6.71	1.79	2.62
EQUIPO					
Herramientas manuales	%MO	0.03	2.62	0.08	
Plancha compactar 4HP	hm	0.50	12.00	6.00	6.08
TOTAL				S/.	13.33

Partida: 0008		Colocación de Geomalla 1400 SH				
Cuadrilla:	Capataz	0.1	Rendimiento:	180 m2/día		
	Operario	1.0	Unidad:	m2		
	Peón	3.0	Fecha:	Marzo del 2007		
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Sub Total S/.	
MATERIALES						
Geomalla Tipo 1400	m2	1.0200	11.54	11.77	11.77	
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	0.0044	9.92	0.04		
Operario	hh	0.0444	8.27	0.37		
Peón	hh	0.1333	6.71	0.89	1.30	
EQUIPO						
Desgaste de Herramientas	%MO	0.0500	1.30	0.07		
Cortadora Eléctrica	hm	0.0444	15.90	0.71	0.77	
TOTAL				S/.	13.84	

4.3.1 Presupuesto de Obra

PRESUPUESTO

OBRA : Muro de Suelo Reforzado Con Sistema Terramesh
(B=3.00, H=2.20m, L=8.00m)

PROYECTO: Muro de Contención: Alternativa 3

UBICACIÓN: Universidad Nacional de Ingeniería

FECHA : Mayo - 2007

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	P.U S/	PARCIAL S/	TOTAL S/
01.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES					
01.01.00	Trazo y replanteo de terreno	m2	60.00	0.89	53.40	
01.02.00	Limpieza del Terreno	m2	60.00	1.58	94.80	
01.03.00	Estudios geotécnicos (calicatas, ensayos de laboratorio)	gbl	1.00	250.00	250.00	
01.04.00	Transporte de materiales y equipos a obra	gbl	1.00	300.00	300.00	698.20
02.00.00	BASE DE NIVELACION					
02.01.00	Trazo, replanteo c/equipo	m2	50.00	0.59	29.50	
02.02.00	Corte en terreno semirocoso manual	m3	7.20	36.86	265.39	
02.03.00	Nivelación y compactación manual	m2	48.00	1.84	88.32	383.21
03.00.00	MURO REFORZADO					
03.01.00	Instalación Elemento Terramesh	unid.	8.00	402.85	3,222.80	
03.02.00	Relleno con afirmado más compactación	m2	224.00	13.33	2,985.92	
03.03.00	Colocación de geomalla UX 1400	m2	19.95	13.84	276.11	6,484.83
	COSTO DIRECTO				S/	7,566.24
	GG+UTIL (15%)					1,134.94
	SUB TOTAL				S/	8,701.18
	IGV (19%)					1,653.22
	TOTAL				S/	10,354.40

CAPITULO 5: ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS**5.1 Consideraciones Generales.**

Para poder realizar el estudio comparativo de los tres sistemas constructivos de muros de suelo reforzado con geosintéticos se han uniformizado las partidas de costos unitarios comunes, así como se han integrado los recursos empleados en la elaboración de los presupuestos por componentes. Esto es posible debido a que las tres obras se encuentran ubicadas en la misma zona, tienen la misma área útil (longitud y altura) de fachada, el material de relleno seleccionado, empleado para el suelo reforzado también es el mismo, excepto las piedras para llenar los gaviones. Lo que nos permite realizar el estudio comparativo con datos reales y bajo las mismas condiciones, salvo en lo que respecta a los parámetros y especificaciones técnicas de diseño y construcción que cada uno de los sistemas exigen.

5.1.1 Comparación de Costos por Insumos.

En el cuadro 5.1, se muestran para cada uno de los muros de suelo reforzado los montos de los recursos que intervienen en la construcción, motivo de este trabajo, también los porcentajes de participación con respecto al costo directo total de la obra.

Los estudios geotécnicos realizados han sido uniformizados y considerados en este estudio en el rubro de costos directos, por estar los tres muros ubicados en la misma zona.

Alternativa Muro Componente	Alternativa 1: Geomallas		Alternativa 2: Geotextiles		Alternativa 3: Sist. Terramesh	
	Sl.	%	Sl.	%	Sl.	%
Materiales	4,625.89	55.68	5,134.05	50.62	4,384.19	57.95
Mano de Obra	1,703.72	20.51	2,463.30	24.29	1,710.98	22.61
Equipos	1,977.60	23.81	2,545.39	25.09	1,471.07	19.44
Costo Directo	8,307.21	100.00	10,142.74	100.00	7,566.24	100.00

En las figuras 5.1, 5.2 y 5.3, se aprecian los costos de los tres grupos de componentes fundamentales en toda obra de muros de contención de suelo reforzado, que son: los materiales, la mano de obra y los equipos.

Así mismo se muestran los porcentajes que estos representan del costo total directo, para cada una de las alternativas de muros construidos.

El recurso "otros" no ha sido considerado en la elaboración de las figuras debido a que su incidencia es mínima en los resultados finales.

Alternativa 1: Muro de Suelo Reforzado con Geomallas.

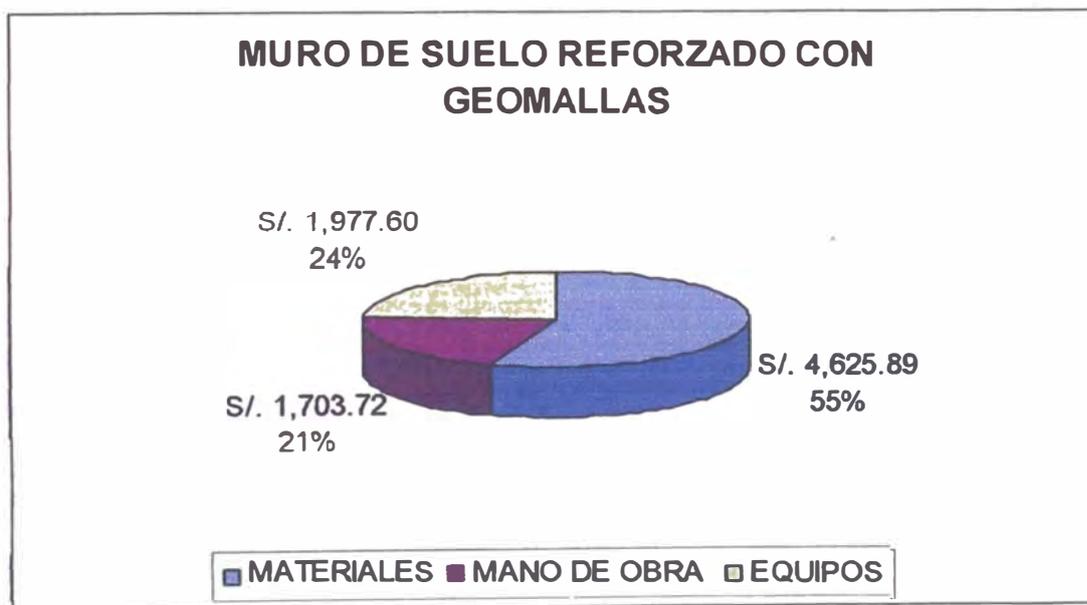


FIGURA 5.1: Componentes del presupuesto

Alternativa 2: Muro de Suelo Reforzado con Geotextiles

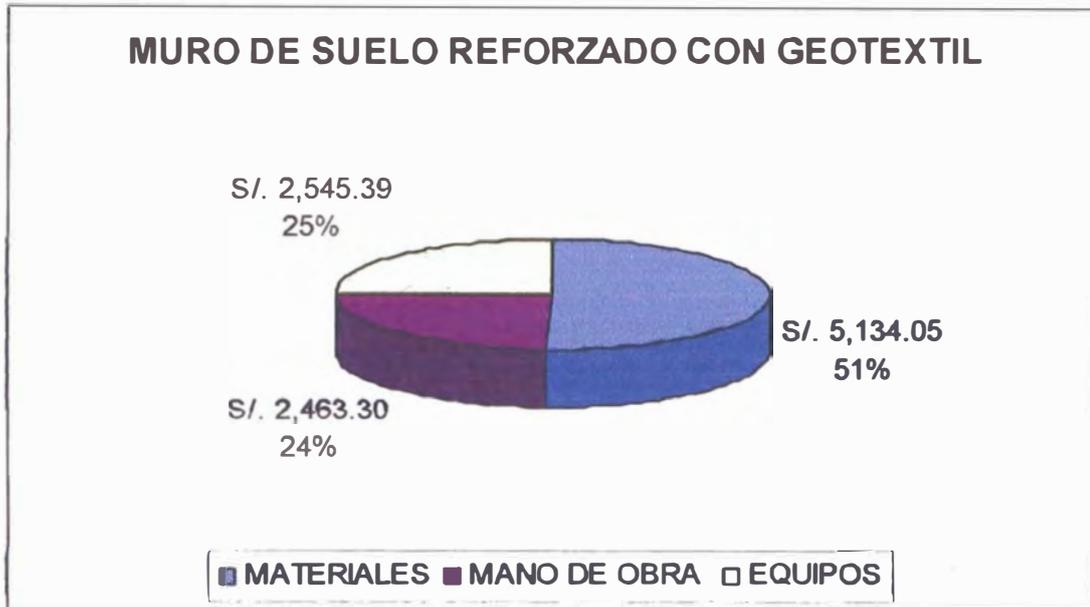


FIGURA 5.2: Componentes del presupuesto.

Alternativa 3: Muro con el Sistema Terramesh

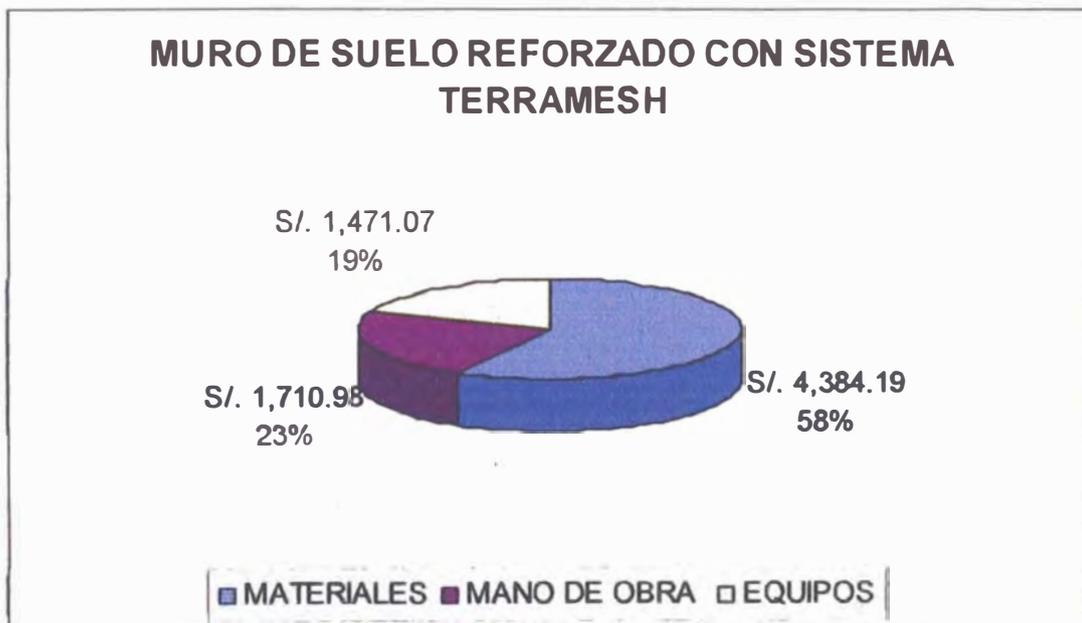


FIGURA 5.3: Componentes del presupuesto

De acuerdo a estas figuras podemos notar que en las tres alternativas el grupo de materiales constituye la mayor parte del porcentaje de los costos directos de la obra.

El sistema Terramesh es el que tiene el mayor porcentaje de materiales en su presupuesto, superando con un 58% a los demás componentes mano de obra y equipos, que apenas llegan a un 22% y 20%, Una proporción similar sucede en los tres casos de muros con geosintéticos estudiados.

5.1.2 Comparación de Costos por Componentes del Presupuesto

El cuadro 5.2 muestra los montos de cada uno de los subpresupuestos más importantes que intervienen en la construcción de un muro de suelo reforzado.

También los porcentajes que cada subpresupuesto representa con respecto al costo directo total de la obra para las tres alternativas estudiadas.

Los subpresupuestos: trabajos preliminares, base de nivelación y muro reforzado han sido homogenizados en su denominación para efectos de este estudio en los tres sistemas constructivos.

Cuadro 5.2: Comparativo de Costos por Subpresupuestos

Sub- Presupuesto	Alternativa 1: Geomallas		Alternativa 2: Geotextiles		Alternativa 3: Sist. Terramesh	
	Sl.	%	Sl.	%	Sl.	%
Trabajos Preliminares	673.50	8.11	698.20	6.89	698.20	9.23
Base Nivelación	220.96	2.66	984.79	9.71	383.21	5.06
Muro reforzado	7,412.75	89.23	8,459.75	83.40	6,484.83	85.71
Costo Directo	8,307.21	100.00	10,142.74	100.00	7,566.24	100.00

Las figuras 5.4, 5.5 y 5.6, muestran comparativamente los montos de los subpresupuestos en que se ha dividido el presupuesto total de cada sistema de

construcción de muros de suelo reforzado, estos subpresupuestos son: los trabajos preliminares, la base de nivelación, y el muro reforzado.

Alternativa 1: Muro de Suelo Reforzado con Geomallas

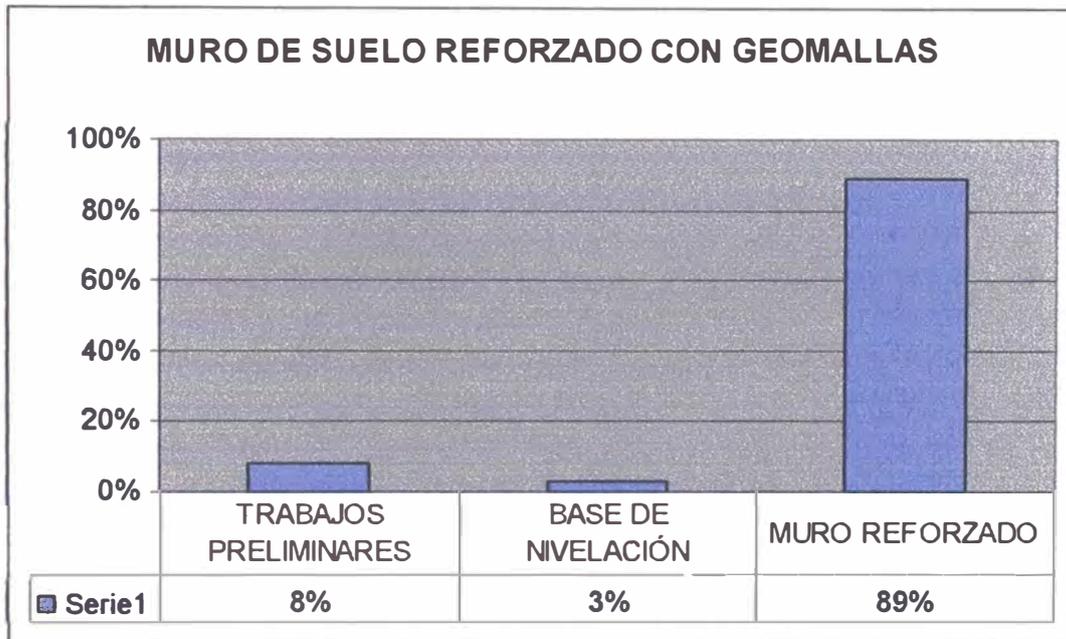


FIGURA 5.4: Costo directo de subpresupuestos

Alternativa 2: Muro de Suelo Reforzado con Geotextiles

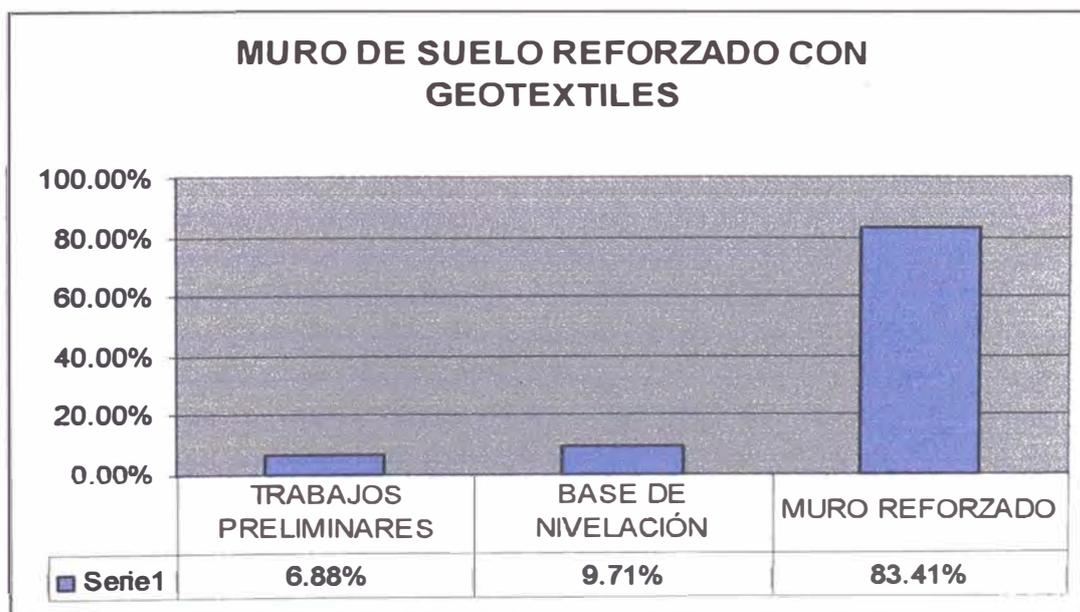


FIGURA 5.5: Costo directo de subpresupuestos

Alternativa 3: Muro Reforzado con Sistema Terramesh

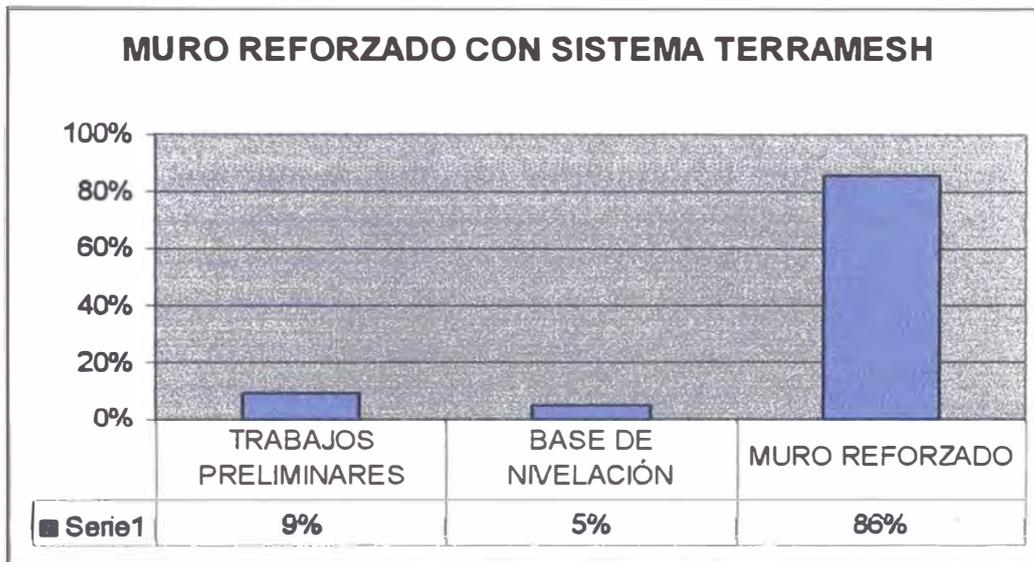


FIGURA 5.6: Costo directo de cada subpresupuesto

De acuerdo a éstos gráficos podemos apreciar que el subpresupuesto "muro reforzado" constituye la mayor parte del porcentaje de los costos directos de la obra en todos los sistemas, llegando para el caso de los muros de suelo reforzado con geomalla a un 89%, para el Terramesh a un 85% y para el geotextil a un 79%, definitivamente es el subpresupuesto con mayor incidencia en la obra.

Para el caso de los subpresupuestos: trabajos preliminares y base de nivelación, su participación en el costo directo total es mínima no llegando en ninguno de los casos a un 10%.

5.1.3 Comparación de los Costos de los Subpresupuestos “Base de Nivelación” y “Muro De Refuerzo” en Cada Sistema Constructivo.

En las figuras 5.7 y 5.8, se muestran comparativamente los porcentajes de participación de los subpresupuestos de base de nivelación y de muro de refuerzo, con respecto al total del costo directo del presupuesto de la construcción de muros de suelo reforzado con geosintéticos.

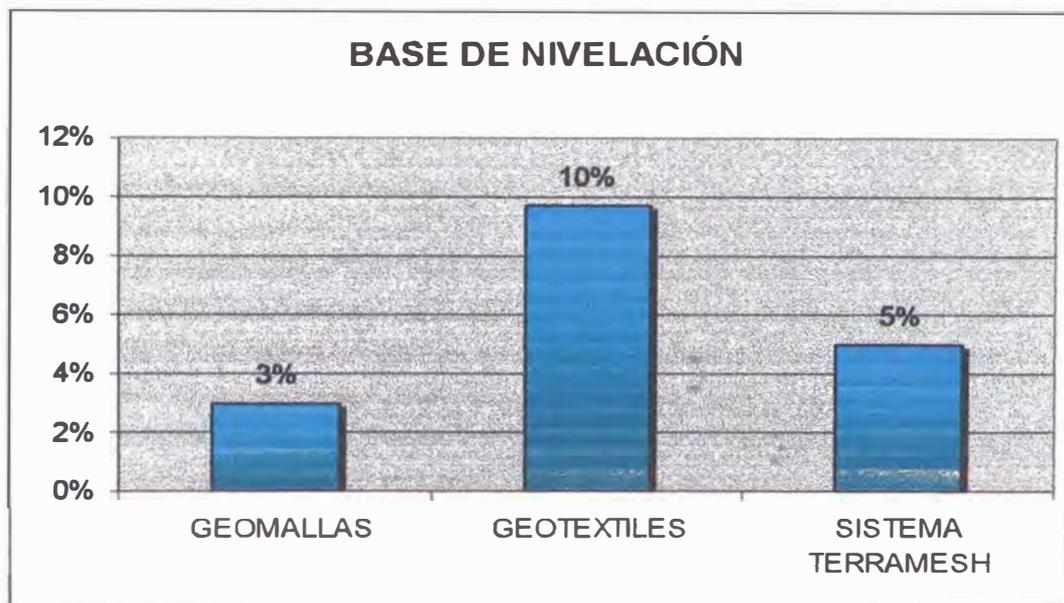


FIGURA 5.7: Comparación de costos de base de nivelación con respecto a su costo directo total en cada sistema constructivo.

El subpresupuesto “base de nivelación” con geotextiles representa el mayor porcentaje de los tres llegando a un 9.71% del costo directo total, esto es debido a que a pesar de que los tres muros están ubicados en la misma zona, este muro necesitó una superficie más trabajada para que no se dañe el geotextil en su primera capa.

El porcentaje de participación, relativamente pequeños en los otros dos sistemas fue de 5.06% para el muro con Terramesh y un 2.66% para el muro con geomallas, lo que refleja la mayor incidencia de este subpresupuesto en el muro con geotextil.

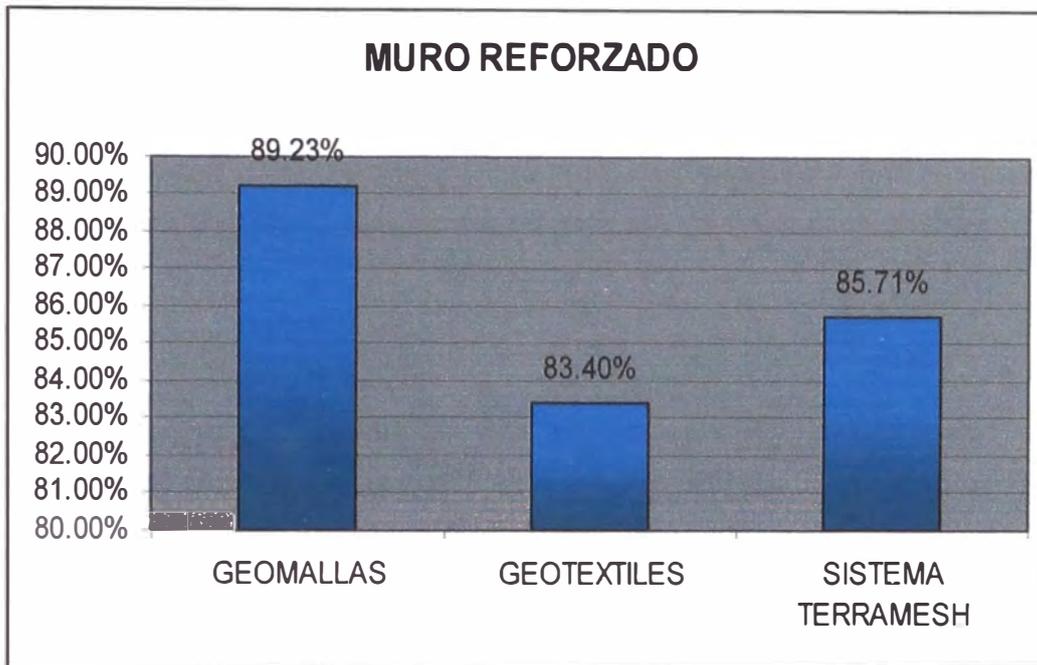


FIGURA 5.8: Comparación de los costos de muro de refuerzo en cada sistema constructivo, con respecto a su costo directo total.

De la figura 5.8, se puede notar que la participación del subpresupuesto “muro de refuerzo” constituye la mayor parte del porcentaje de los costos directos en cada uno de los sistemas respectivamente, lo que nos indica la importancia fundamental de este subpresupuesto en la elaboración del proyecto.

Sin embargo la diferencia de los porcentajes entre uno y otro sistema es pequeña, variando entre un 89.23% para el muro con geomalla, 83.40% para el muro con geotextil y un 85.71% para el sistema Terramesh.

5.1.4 Comparación de los Costos Directos Totales de Cada Sistema Constructivo

La figura 5.9 muestra comparativamente los porcentajes de los componentes en que esta compuesto el presupuesto total de cada sistema constructivo.

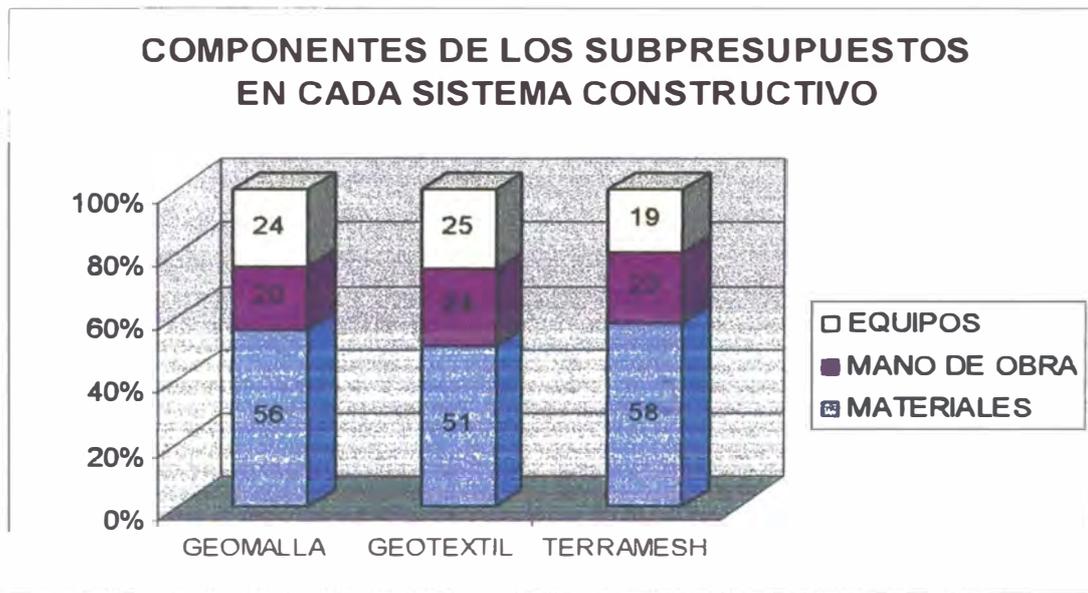


FIGURA 5.9: Comparación de los componentes del costo directo total de cada sistema constructivo.

Se puede apreciar la relación estrecha que existe en los tres sistemas de construcción en cuanto a la proporcionalidad de sus componentes ya que no se nota una variación muy grande en los porcentajes de participación en los costos directos totales tanto en los materiales, la mano de obra y los equipos.

La figura 5.10 muestra los montos de los costos directos totales en soles para los sistemas de construcción de muros de suelo reforzados con geomallas, geotextiles y del Sistema Terramesh.

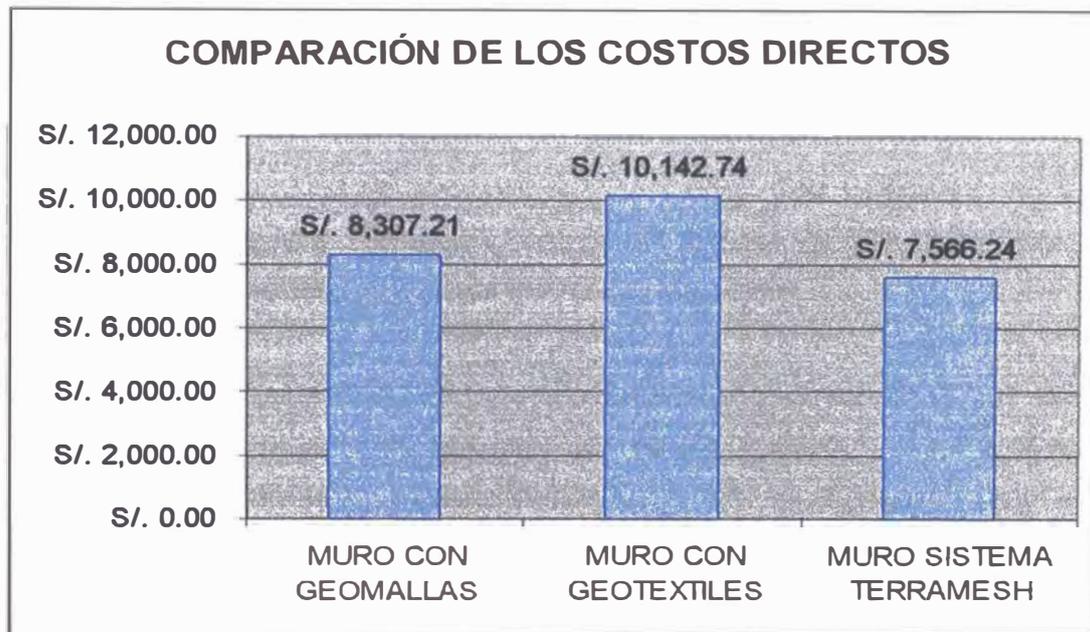


FIGURA 5.10: Comparación de los costos directos totales

De acuerdo a la figura 5.10, se puede ver que el muro de suelo reforzado con geotextiles tiene el mayor costo directo total seguido del muro de suelo reforzado con geomallas, siendo el más económico el muro construido con el sistema Terramesh.

CONCLUSIONES

- 1.- Cada sistema de muro de suelo reforzado con geosintético tiene una aplicación de acuerdo a la zonificación, el tipo de suelo y condiciones específicas del entorno, es decir el sistema Terramesh, por ejemplo se emplea generalmente en lechos de ríos o en zonas en las que hayan piedras cercanas de entre 5 y 8 pulgadas y para ese caso será el más adecuado, el muro con refuerzo de geomallas se empleará más en zonas urbanas por el tipo de paramento (bloques de concreto) que utiliza, el muro con refuerzo de geotextil se podrá aplicar en zonas más rurales ya que debe llevar una fachada que controle la erosión y lo proteja del medio ambiente.
- 2.- El suelo de fundación encontrado en la zona de experimentación se puede calificar de bueno, en los tres proyectos sólo necesito una limpieza superficial para aplicar el muro directamente sobre el suelo natural, lo que se reflejó en el pequeño monto del subpresupuesto "base de nivelación".
- 3.- En los terrenos de la UNI, bajo las mismas condiciones de construcción, zonificación y área útil de cada muro se puede concluir que el muro del sistema Terramesh es más económico que el muro con geotextil en un 34%, y que el muro con geomallas en un 9.8%.
- 4.- El subpresupuesto "muro reforzado" es el de mayor incidencia en los tres sistemas, su participación con respecto al costo directo total varía entre el 83% y llega hasta un 89% esto es debido a que la partida de relleno de suelo reforzado y compactado representa el mayor porcentaje con respecto al presupuesto.
- 5.- Los sistemas de construcción de muros de contención de suelos reforzados con geosintéticos tienen procesos constructivos simples y sin tiempos de espera, que lo convierten, cuando están bien diseñados y construidos en un material muy atractivo, una alternativa de construcción.
- 6.- Los componentes: materiales, mano de obra y equipo, guardan una estrecha relación de proporcionalidad, con respecto a los costos directos totales en los tres

sistemas de construcción, tal es así que los porcentajes de participación de cada una de ellas son similares.

7.- La construcción de muros de suelo reforzados con geosintéticos demanda la participación de poca mano de obra calificada, pero sí una supervisión constante y estricta.

RECOMENDACIONES

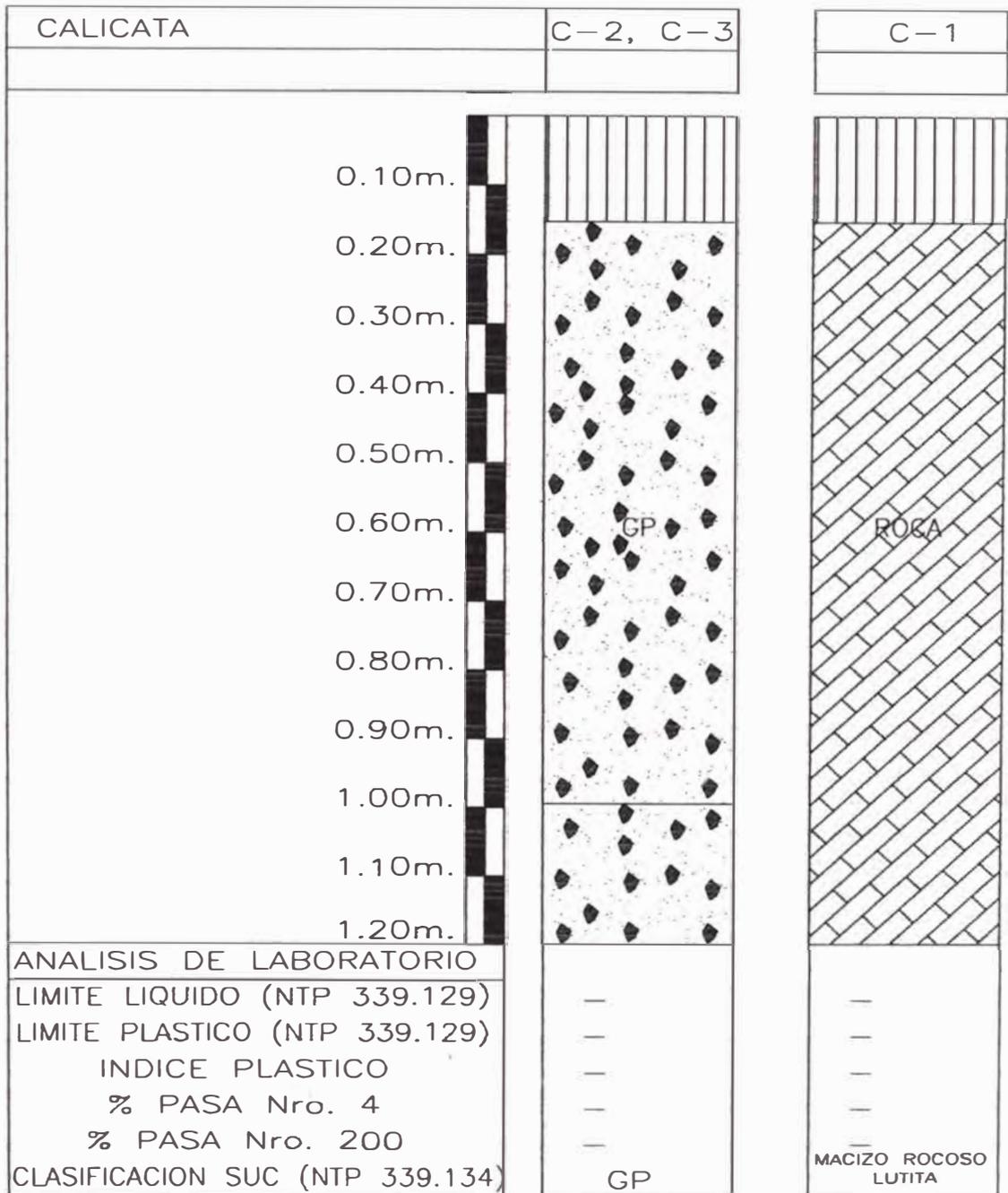
- La recepción de los materiales en obra deben ser distribuidas en las zonas más cercanas al lugar de su aplicación, para evitar los desplazamientos largos, que retarden la obra.
- Mantener los bloques de concreto, las geomallas y conectores cubiertos en obra con plásticos o bajo sombra, hasta el momento de su aplicación.
- Evitar el manipuleo excesivo de los bloques de concreto, podrían dañarse y presentar quebraduras en sus vértices de fachada.
- Instalar más de tres hiladas de bloques de concreto a la vez (con su respectiva capa de geomalla) y luego rellenar con material drenante, suelo de refuerzo y compactar, hasta llegar a dicho nivel.
- Para las terminaciones verticales de los lados de los muros cortar los bloques de concreto por la mitad.
- Para la colocación de los conectores en los bloques, habilitar un trozo de madera de superficie plana que reparta uniformemente los golpes, acelere la instalación y evite su rotura.
- El material del suelo excedente debe ser eliminado inmediatamente.
- En el muro con geotextiles, se recomienda no tener espaciamientos verticales no mayores a 50 cm.
- La malla empleada para la fachada del muro con geotextiles cumple también la función de control de erosión, y puede ser utilizada para facilitar el encofrado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Avendaño Alegre, Jenny, "Estudio Comparativo Técnico Económico del Sistema Dry Wall y los Sistemas Convencionales de Construcción en el Perú", Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima-Perú- 2005.
2. Juárez Badillo & Rico Rodríguez - Mecánica de Suelos Teoría y aplicaciones de la Mecánica de Suelos, tomo 2, Noriega Editores – México, 2003.
3. Koerner, Robert M, "Designing With Geosynthetics", Quinta Edición, Edición IGS-Perú, Lima 2002.
- 4, Pavco-Amanco, "Manual de diseño" 7ª. Edición, Editorial Norte Gráfico, Bogotá, Colombia, 2006

Anexo A1: Perfil Estratigráfico

OBRA : TRAMO DE PRUEBA
 UBICACION: CERRO DE ARRASTRE FIGMM - UNI - RIMAC
PERFIL ESTRATIGRAFICO



LEYENDA:



GRAVA POBREMENTE GRADADA



LIMO ARCILLOSO BAJA COMPRESIBILIDAD

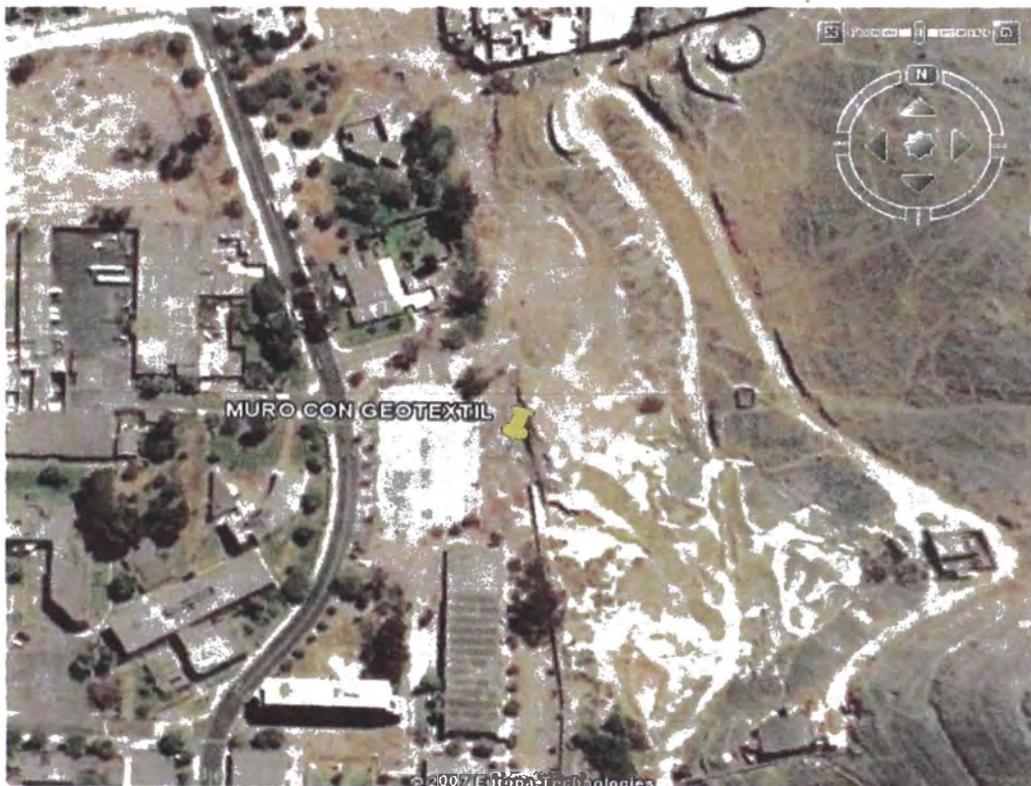


MACIZO ROCOSO (COMPUESTO POR LUTITA)

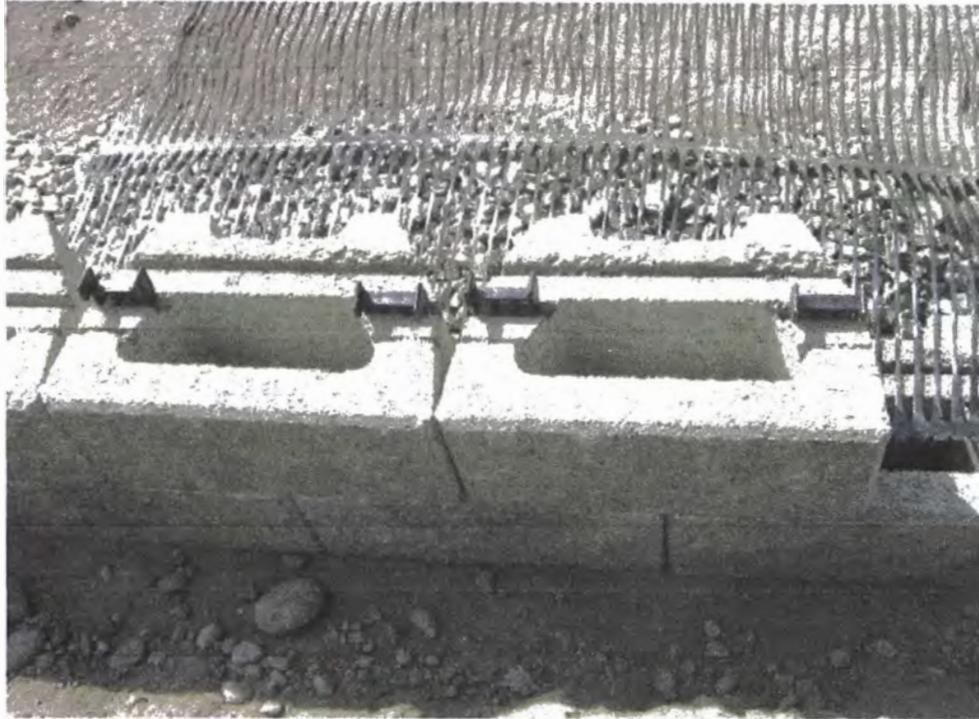
Anexo A2: Fotografías



Fotografía 1: Vista de la zona de construcción



Fotografía 2: Vista aérea de la zona de construcción



Fotografía 3: Bloques de concreto, conectores y geomallass



Fotografía 3: Colocación de la geomalla en los bloques MESA



Fotografía 4: Compactación del suelo de refuerzo



Fotografía 5: Sistema constructivo del muro con Geomallas



Fotografía 6: Ensayo de Proctor Modificado en obra



Fotografía 7: Llenado de geotextiles con material de relleno



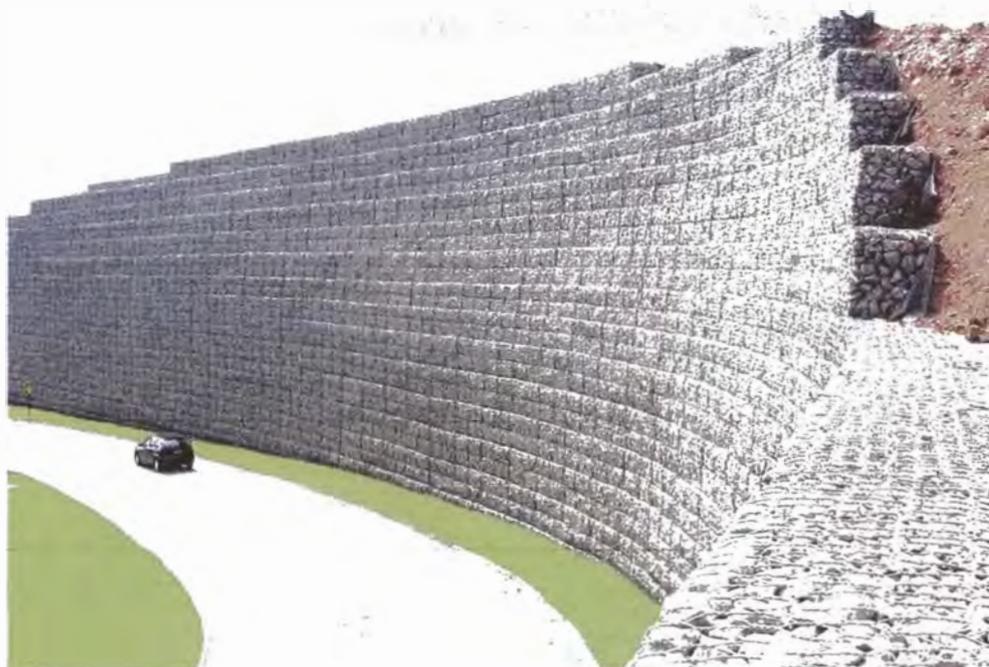
Fotografía 8: Llenado de gaviones – Sistema Terramesh



Fotografía 9: Encofrado de muro en Sistema Terramesh

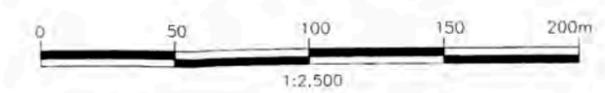
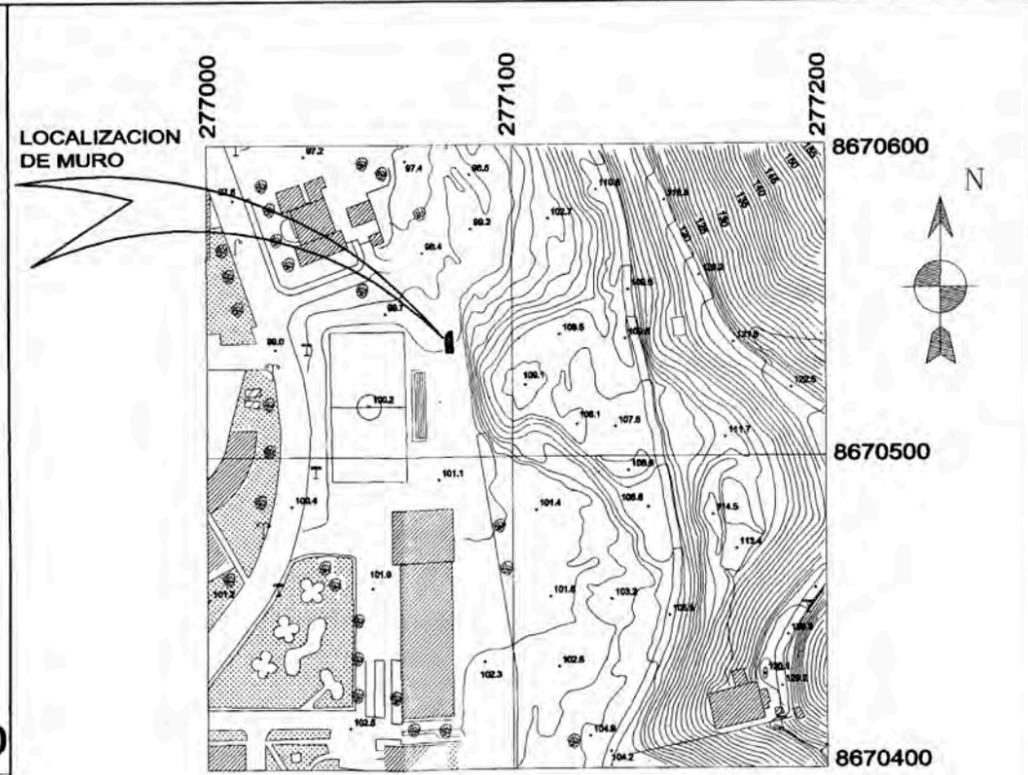
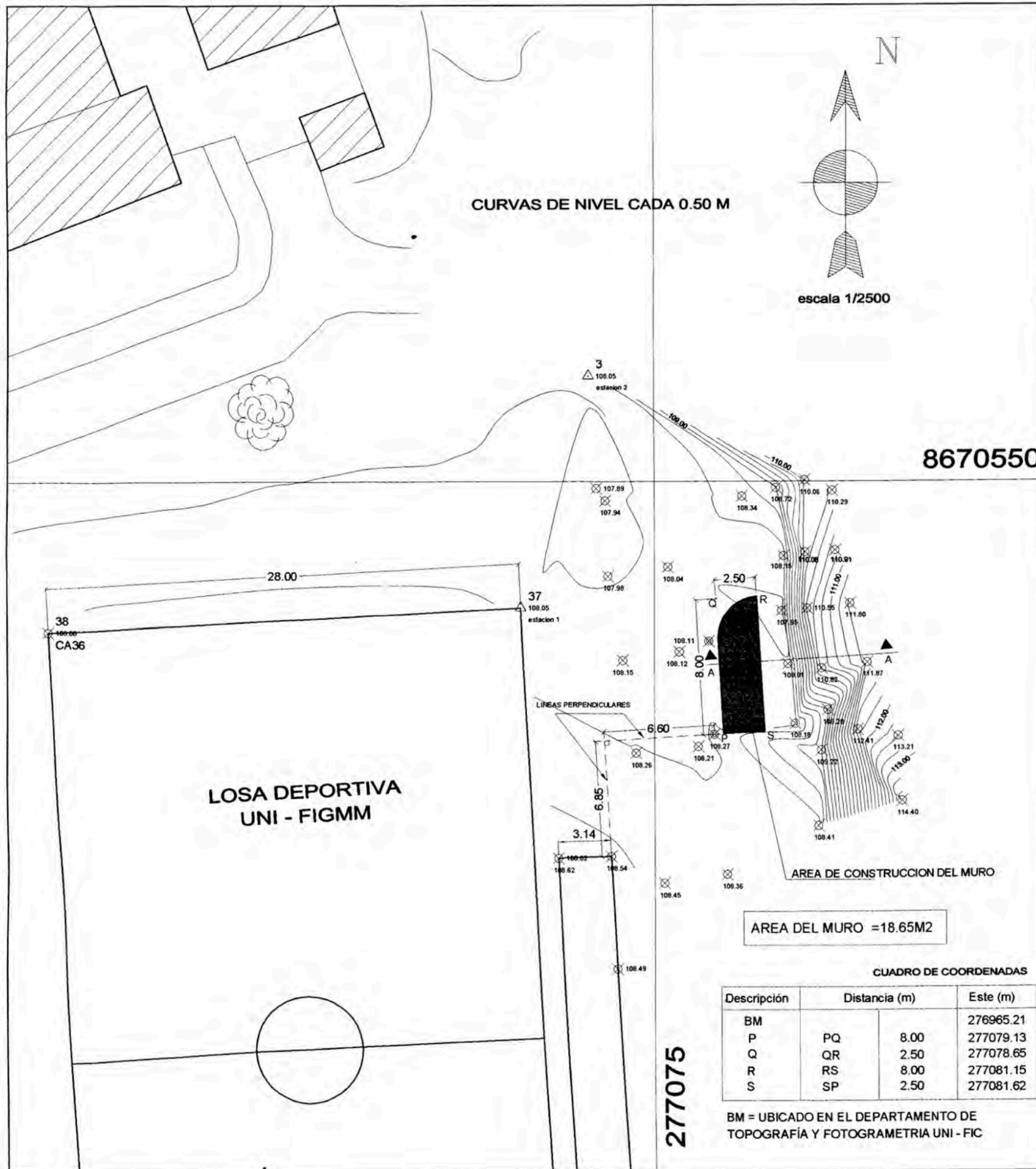


Fotografía 10: Colocación del geotextil, Sistema Terramesh



Fotografía 11: Muro terminado del sistema terramesh

ANEXO A3: Planos



LEYENDA	
HITO MONUMENTADO	⊗
PUNTOS TOMADOS	⊗
ESTACION TOPOGRAFICA	△

ELIPSOIDE : SISTEMA GEODESICO MUNDIAL
 PROYECCION : UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 DATUM HORIZONTAL : PSAD 56 (Lineas numeradas en color negro)
 DATUM VERTICAL : NIVEL MEDIO DEL MAR
 CONVERSION DE COORDENADAS WGS 84 A PSAD 56

CUADRO DE COORDENADAS

Descripción	Distancia (m)	Este (m)	Norte (m)	Alt. (msnm)	
BM		276965.21	8670401.00	108.25	
P	PQ	8.00	277079.13	8670535.03	108.27
Q	QR	2.50	277078.65	8670543.02	107.90
R	RS	8.00	277081.15	8670543.17	107.90
S	SP	2.50	277081.62	8670535.18	108.18

BM = UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y FOTOGRAMETRIA UNI - FIC

PROYECTO: **MURO DE CONTENCIÓN DE SUELO REFORZADO CON GEOMALLAS**

PLANO: **UBICACION Y LOCALIZACION**

INTEGRANTES GRUPO N°08: CAMONES YACTAYO, OSCAR
 GUEVARA CHUQUIPUL, ALEX MARTIN
 MENACHO ANGELES, JORGE
 ZEVALLOS VILLAR, MAURO FIDEL

ASESOR: **ING. JOSE MASIAS GUILLEN**

TOPOGRAFO: **DPTO. TOPO-UNI**

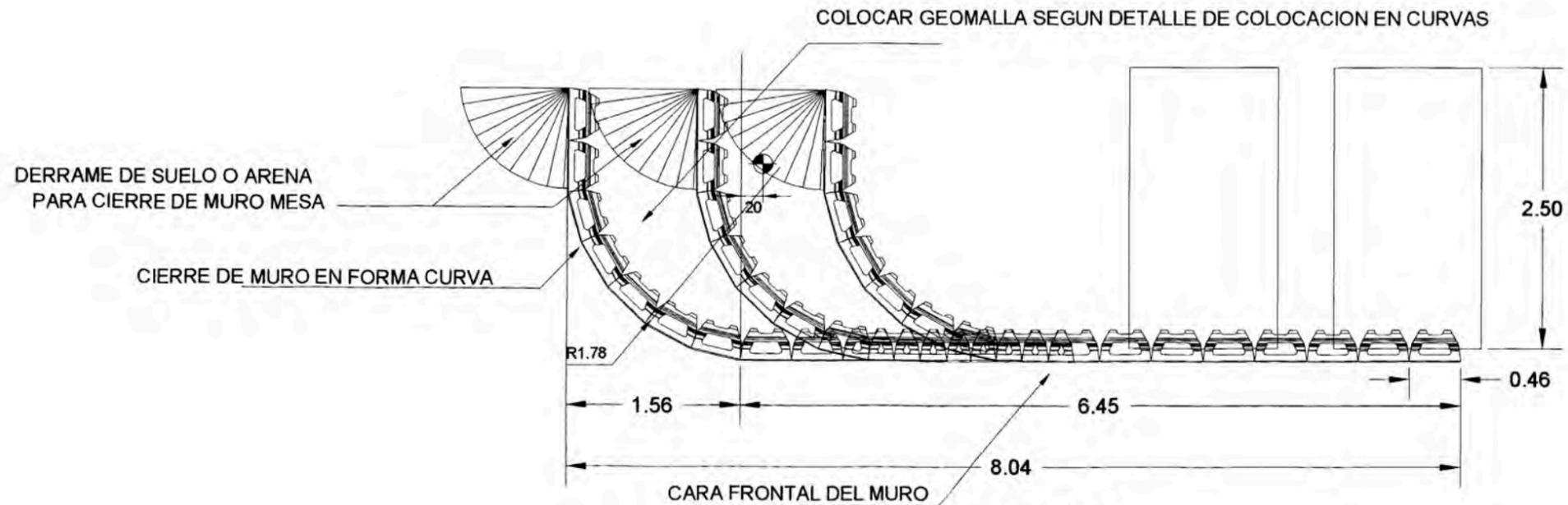
LUGAR: UNI

DISTRITO: RIMAC

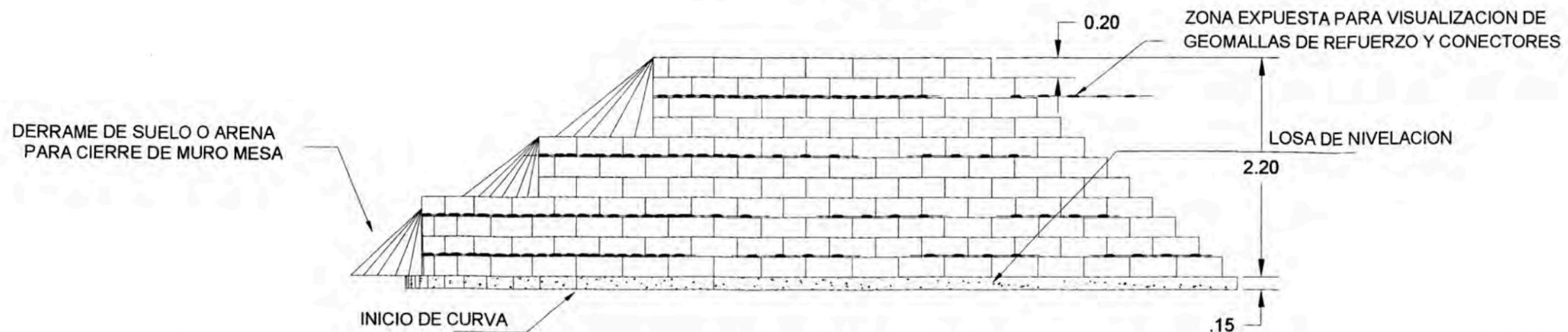
DPTO.: LIMA / PROV.: LIMA

FECHA: **FEBRERO/2007**

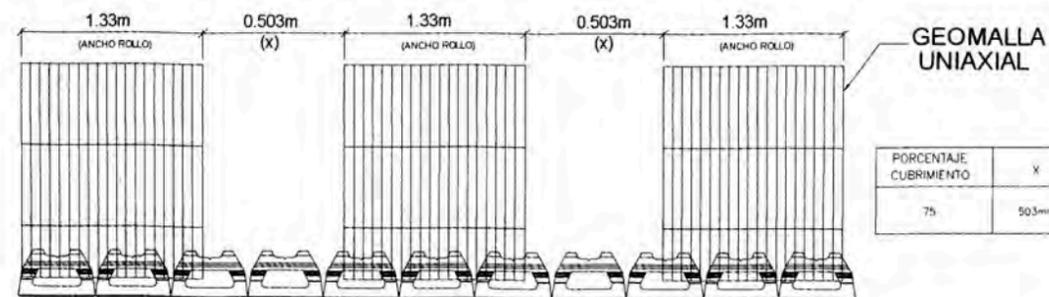
LAMINA: **UBI-01**



PLANTA



ELEVACION FRONTAL



PLANTA
DETALLE DE CUBRIMIENTO PARCIAL DE LA GEOMALLA EN MURO RECTO
ESC. S/E

PROPUESTA MURO CON FRENTE RECTO - CIERRE EN CURVA

PROYECTO:
**MURO DE CONTENCIÓN DE SUELO REFORZADO
CON GEOMALLAS**

PLANO:
DISEÑO ESTRUCTURAL - PLANTA Y ELEVACION

INTEGRANTES
GRUPO N°08: CAMONES YACTAYO, OSCAR
GUEVARA CHUQUIPUL, ALEX MARTIN
MENACHO ANGELES, JORGE
ZEVALLOS VILLAR, MAURO FIDEL



ASESOR:
ING. JOSE MASIAS GUILLEN

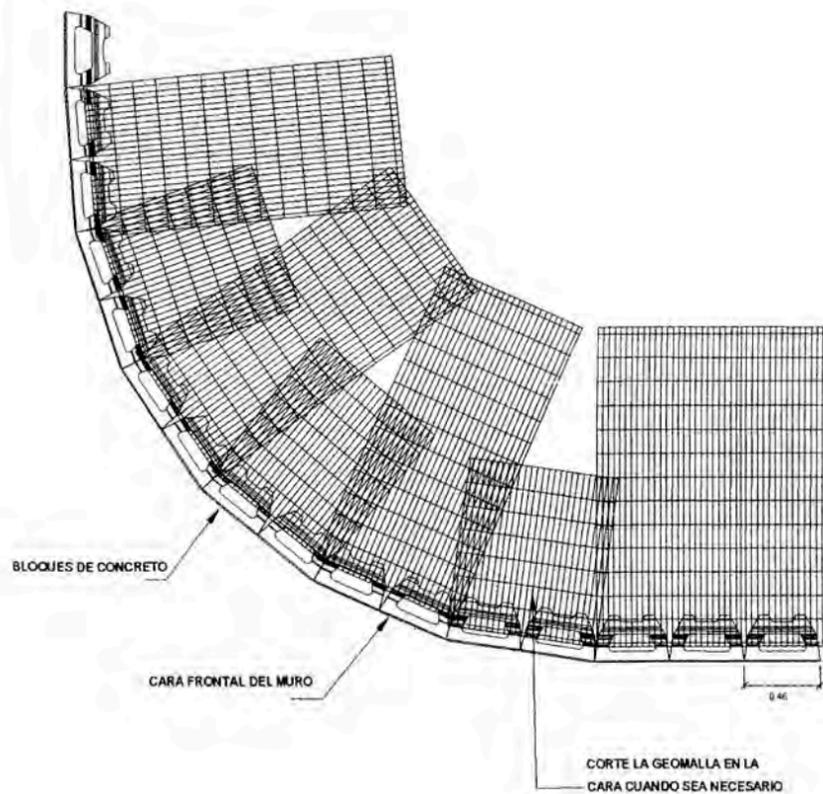
LAMINA:

LUGAR: UNI
DISTRITO: RIMAC
DPTO.: LIMA / PROV.: LIMA

ESCALA: 1/50
FECHA:
MARZO/2007

EST-01

COLOCACION DE GEOMALLA EN CURVAS



114.00 COTA msnm.

113.00

112.00

111.00

110.00

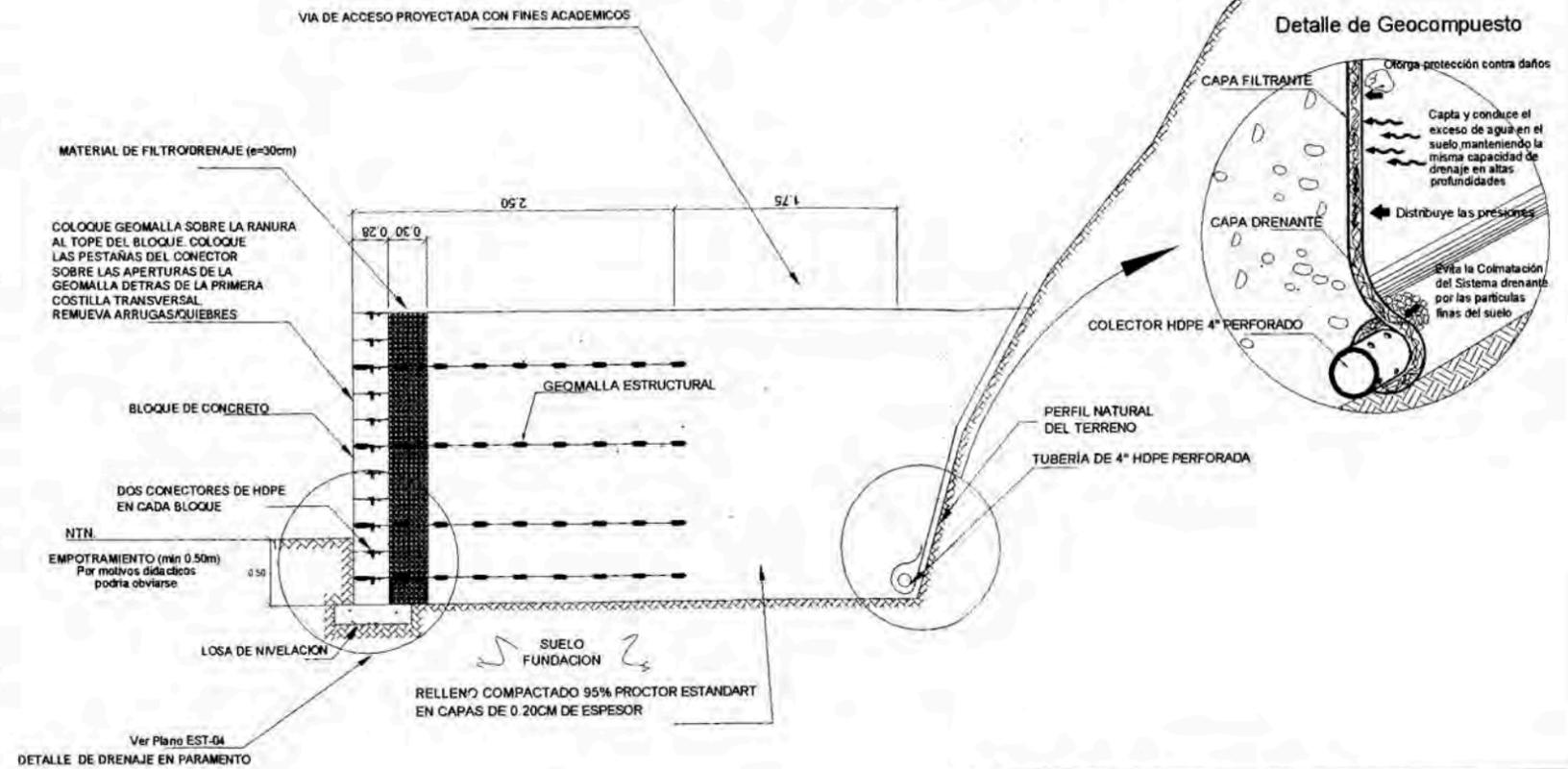
109.00

108.00

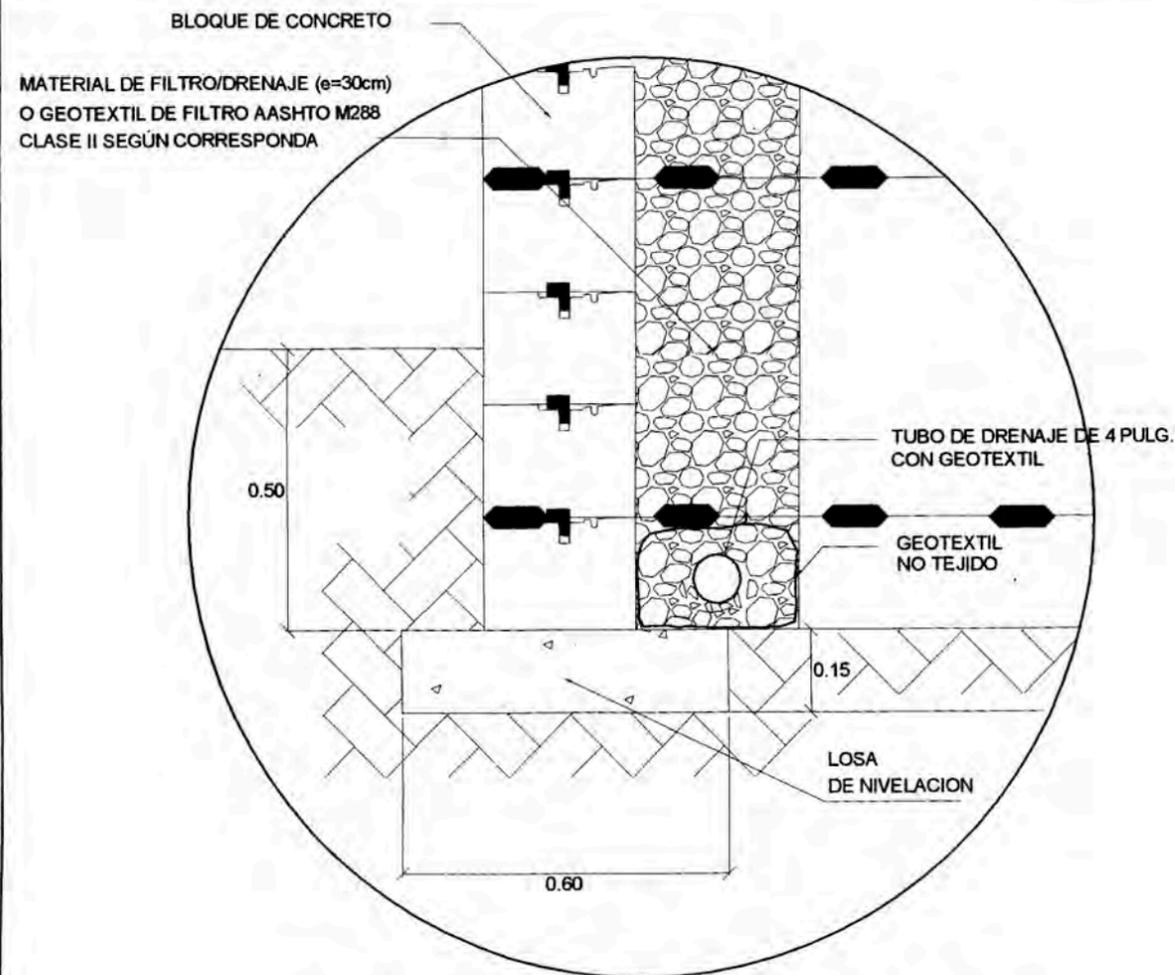
107.00

CORTE A - A

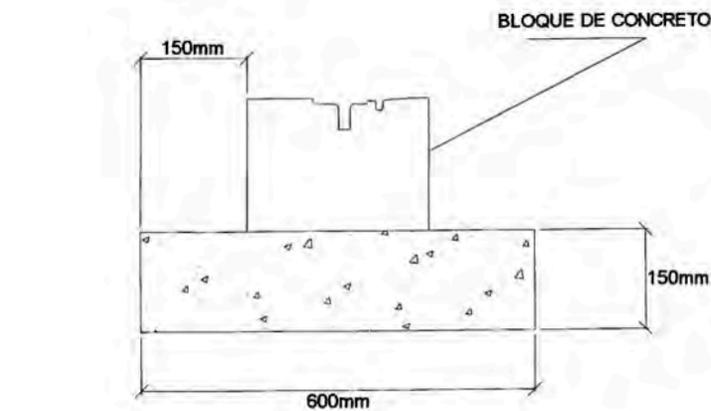
SECCION TIPICA DEL MURO DE SUELO REFORZADO



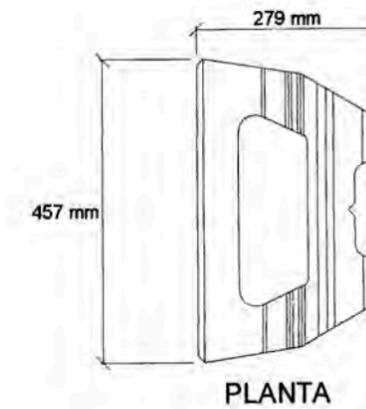
PROYECTO: MURO DE CONTENCIÓN DE SUELO REFORZADO CON GEOMALLAS	
PLANO: DISEÑO ESTRUCTURAL - CORTE y DETALLES	
INTEGRANTES GRUPO Nº08:	CAMONES YACTAYO, OSCAR GUEVARA CHUQUIPUL, ALEX MARTIN MENACHO ANGELES, JORGE ZEVALLOS VILLAR, MAURO FIDEL
ASESOR: ING. JOSE MASIAS GUILLEN	LAMINA: EST-03
LUGAR: UNI DISTRITO: RIMAC DPTO.: LIMA / PROV.: LIMA	ESCALA: 1/50 FECHA: MARZO/2007



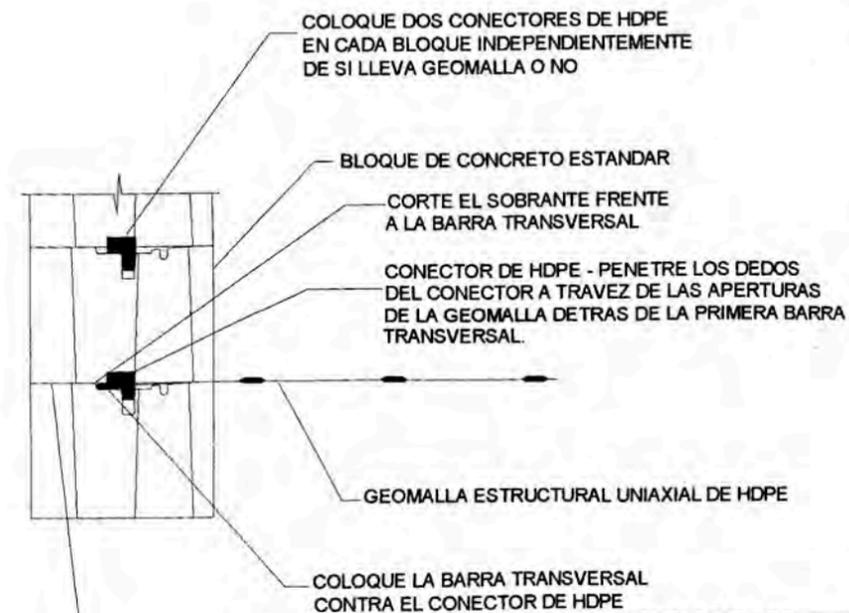
DETALLE DE DRENAJE EN PARAMENTO
ESC. S/E



DETALLE DE LOSA DE NIVELACION
ESC. 1/10

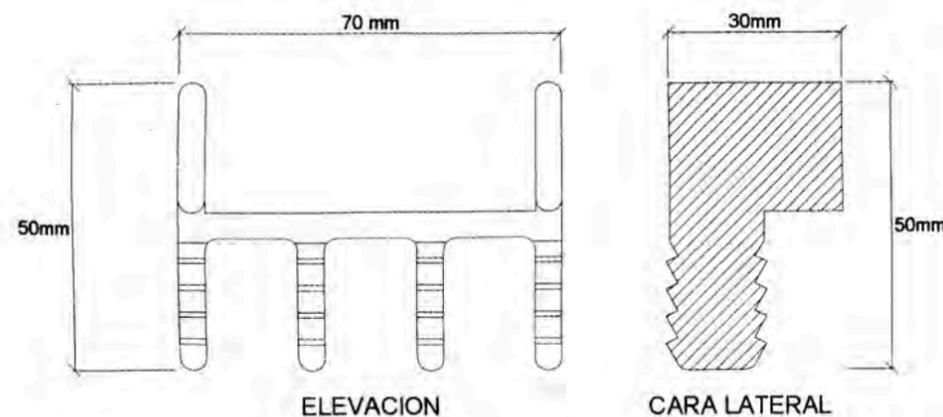


BLOQUE DE CONCRETO ESTANDAR
ESC. 1/10



CALZAR ENTRE BLOQUES CUANDO SEA NECESARIO PARA MANTENER ADECUADO ALINEAMIENTO VERTICAL Y HORIZONTAL. VER DETALLE DE ORIENTACION DE LA GEOMALLA PARA DETALLES DE COMO CALZAR.

BLOQUE DE CONCRETO Y CONEXION DE LA GEOMALLA
ESC. 1/10



CONECTOR DE HDPE
ESCALA : 1/1.25

PROYECTO: MURO DE CONTENCIÓN DE SUELO REFORZADO CON GEOMALLAS	
PLANO: DISEÑO ESTRUCTURAL - DETALLES	
INTEGRANTES GRUPO N°08:	CAMONES YACTAYO, OSCAR GUEVARA CHUQUIPUL, ALEX MARTIN MENACHO ANGELES, JORGE ZEVALLOS VILLAR, MAURO FIDEL
ASESOR:	ING. JOSE MASIAS GUILLEN
LUGAR: UNI	ESCALA: INDICADA
DISTRITO: RIMAC	FECHA:
DPTO.: LIMA / PROV.: LIMA	MARZO/2007
LAMINA: EST-04	

