

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil



**MUROS DE CONTENCIÓN DE SUELO REFORZADO
CON GEOTEXTIL
PROCESO CONSTRUCTIVO
INFORME DE SUFICIENCIA**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

PERCY ENRIQUE BALOIS REYES

Lima- Perú

2007

ÍNDICE

RESUMEN	3
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABLAS	5
INTRODUCCION	6
CAPITULO 1.- GENERALIDADES	
1.1 Muro de Suelo Reforzado	7
1.2 Geosintéticos	9
1.3 Estudios Básicos Necesarios	12
1.3.1. Replanteo Topográfico	12
1.3.2. Estudios Geotécnicos	12
1.3.3. Diseño de Muros Reforzados	14
CAPITULO 11.- ELABORACION DE EXPEDIENTE TECNICO	
2.1 Memoria Descriptiva	24
2.2 Especificaciones Técnicas	27
2.3 Selección de Canteras	36
CAPITULO 111.- METODOLOGIA EN LA CONSTRUCCION DE MUROS DE SUELO REFORZADO	
3.1 Obras Preliminares	38
3.2 Proceso Constructivo de Muros Reforzados	39
3.3 Construcción de Sistemas de Drenaje	43
3.4 Material de Relleno	45
3.5 Alternativas de Fachadas	45

CAPITULO IV.- CONTROL DE OBRA

4.1 Características de la Zona de Trabajo	48
4.2 Controles en el Suelo Reforzado	49
4.3 Colocación de Geotextiles	50
4.4 Programación de Obra	52

CAPITULO V.- COMPARACION ENTRE PROCESOS CONSTRUCTIVOS ALTERNATIVOS DE CONTENCIÓN

5.1 Construcciones de Muros con Concreto	54
5.2 Construcciones de Muros con otros Geosintéticos - Geomallas	56
5.3 Cuadro Comparativo	63

CONCLUSIONES	66
---------------------	----

RECOMENDACIONES	67
------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA	68
---------------------	----

ANEXOS	69
---------------	----

A.1 . Panel Fotográfico	70
A.2. Hoja técnica del Geotextil	78
A.3. Planos	80

RESUMEN

La Universidad Nacional de Ingeniería, a través del Curso de Actualización de Conocimientos: "Aplicación de Geosintéticos en la Ingeniería Civil", encargó a los participantes, la elaboración de un proyecto consistente en la ejecución de una obra civil poniendo en práctica los conocimientos impartidos sobre el tema de los geosintéticos.

El presente trabajo detalla de una manera práctica las pautas a seguir durante el Proceso Constructivo de un Muro de Suelo Reforzado con Geotextiles.

Como tema del presente curso de actualización se planteó la construcción de un Muro de Suelo Reforzado con Geotextiles de 20 m. de largo y 4 m. de alto, pero la gran cantidad de material a usar en su elaboración; según diseño la dimensión de la base alcanzaba los 4 m. de ancho haciendo un volumen de material de préstamo de 400 m³ aproximadamente, hizo que finalmente se optara por la elaboración de un primer módulo de 6 m. de largo, 4 m. de ancho y 2 m. de alto y cuyo proceso de construcción se detalla en el presente informe.

Se determinó como ubicación para la elaboración del Muro de Suelo Reforzado con Geotextil el área entre el campo de futbol de la facultad de Ingeniería de Minas y Metalurgia y la Huaca, al interior del campus de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Para la ejecución de obra del modelo experimental del Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geotextil se contó con la colaboración de la Empresa Andex por medio de la donación del Geotextil de refuerzo.

LISTA DE FIGURAS

1.1 Muro de contención reforzado con geotextil	8
1.2 Vista microscópica de algunos tipos de geotextiles	11
1.3 Mapa de zonificación sísmica del Perú	14
1.4 Longitudes de desarrollo del refuerzo con geotextil	17
1.5 Longitud de empotramiento	17
1.6 Ensayo de corte con geotextil	18
1.7 Detalle del diseño del muro interno	23
2.1 Cargas actuantes sobre el muro de contención reforzado	26
3.1 Esquema del sistema de drenaje de un muro de contención	44
4.1 Cronograma de obra	53
5.1 Diferentes tipos de muros de concreto	54
5.2 Bloque de concreto	56
5.3 Conector de HOPE	56
5.4 Rollo de geomalla de HOPE uniaxial	57

LISTA DE TABLAS

1.1 Valores de factores de reducción de acuerdo al uso	16
1.2 Valores típicos de d para distintos tipos de arena	18
1.3 Valores de C_a y d para suelos con contenidos de finos y geotextiles tejidos de cinta plana	19
1.4 Factores de seguridad para estabilidad externa recomendados por el FHWA	21
1.5 Factores de seguridad para estabilidad interna recomendados por el FHWA	22
1.6 Longitudes de empotramiento recomendadas	22
2.1 Especificaciones para el suelo de relleno (según FHWA)	36
5.1 Cuadros comparativos de ventajas y desventajas constructivas de las alternativas del muro de contención	
(a) Con Concreto	63
(b) Con Geomalla	64
(c) Con Geotextil	65

INTRODUCCIÓN

Los muros en suelo reforzado son estructuras de contención flexibles, internamente estabilizadas por la acción de la colocación de refuerzos con geosintéticos. Estas estructuras reforzadas permiten conformar áreas planas y soportar empujes laterales, el principio de funcionamiento es el de las estructuras de contención por gravedad. El proceso constructivo seguido para esta estructura es relativamente sencillo y fácil de seguir.

En el capítulo 1 se detallan algunos conceptos básicos de muros reforzados, los geotextiles y los estudios básicos a realizar para obtener la información necesaria para el diseño de este tipo de estructura de contención, como paso previo a la construcción. En el capítulo 2 se muestra la elaboración de la memoria descriptiva y el expediente técnico de la obra civil, además se hacen algunas referencias sobre la selección de canteras de material de relleno.

El procedimiento constructivo de los Muros de Suelo Reforzado con Geotextiles están descritos en el capítulo 3, incluyendo en ella las etapas propias de la construcción del muro y las obras complementarias a esta estructura tales como los sistemas de drenaje, cubierta superior y el control de erosión para evitar los daños a los que esta expuesto el geotextil.

En el capítulo 4 se muestran detalles en los cuales la residencia y la supervisión de este tipo de obras debería tener en cuenta para una correcta etapa constructiva y el sistema suelo - geotextil trabaje adecuadamente como se ha diseñado.

Finalmente, el capítulo 5 nos muestra diferentes alternativas de contención empleados actualmente, desde los tradicionales (concreto) hasta los actuales (geotextiles y geomallas); realizando una comparación desde el punto de vista constructivo a fin de usar donde las características particulares del terreno sean las apropiadas.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

Los principales elementos de construcción empleados por el hombre son los materiales, térreos, conformados por suelos y rocas. No solo con los suelos y las rocas se construye sino también sobre ellos y dentro de ellos.

Está comprobado que en muchos casos las propiedades geomecánicas de los materiales térreos no satisfacen las características deseables para diferentes aplicaciones, es así que estos materiales requieren de diferentes procesos y tratamientos especiales para modificar su comportamiento a las condiciones deseadas.

Desde la antigüedad, se han colocado materiales naturales como pieles de animales, o fibras vegetales sobre los suelos blandos o incrustados dentro de estos con el objetivo de construir estructuras de suelo reforzado.

Por ejemplo en las vías de las civilizaciones romanas se han encontrado vestigios de telas y pieles utilizados para propósitos de refuerzo; en la década de los años 60 se inicia la utilización de los primeros textiles para fines ingenieriles, pero fue hasta los años 70 en donde se inició la fabricación y aplicación de materiales textiles especiales para la ingeniería y es entonces donde adoptan el nombre de geotextiles.

Los geotextiles y en general los geosintéticos complementan las falencias que presentan los materiales térreos, permitiendo obtener excelentes ventajas técnicas y económicas en la construcción de muros en suelo reforzado, taludes reforzados, terraplenes sobre suelos blandos, sistemas de subdrenaje, etc., los suelos al igual que el concreto presentan una buena resistencia a la compresión pero son deficientes cuando se trata de asumir esfuerzos a la tracción, por tal motivo cuando los suelos son combinados con elementos que sean capaces de absorber esfuerzos de tracción como los geotextiles, se puede lograr estructuras de suelo reforzado.

1.1 Muro de Suelo Reforzado

Uno de los tipos de obras mas comunes en la ingeniería de vías ha sido la de los muros de contención, bien sea para la conservación de las dimensiones de la calzada o contención de suelos en deslizamiento.

Una de las alternativas presentadas a mediados de la década de los sesenta, fue creada por el ingeniero francés Henry Vidal, que consistía en la inclusión de una serie de tiras metálicas, amarradas a otros elementos externos que componían la cara del

muro, hasta una determinada longitud dentro del relleno utilizado, para así conformar la masa de contención. El principal problema de este sistema radica en la duración del refuerzo metálico dentro del suelo al estar expuesto al proceso de corrosión.

Gracias al desarrollo de nuevos materiales que pueden soportar las condiciones de humedad y de acidez o alcalinidad dentro del suelo, se ha venido implementando el uso de mantos sintéticos tales como los geotextiles y geomallas, para que suministren refuerzo, debido a las características mecánicas que estos poseen, como es su resistencia a la tensión. Los estudios que condujeron al uso de esta nueva tecnología tuvieron origen en Francia y Suecia a finales de la década de los setenta.

Al incluir un material con resistencia a la tracción dentro de una masa de suelo se aumenta la resistencia general del conjunto, básicamente por la virtud del material geosintético de soportar esfuerzos de tracción y por el esfuerzo cortante que se genera entre el suelo y las capas adyacentes, permitiendo así la conformación de rellenos en suelo verticales.

Finalmente, un muro de suelo reforzado (ver figura 1.1.) es una estructura compuesta de suelo compactado y refuerzos de geotextiles o geomallas de alta resistencia que añaden resistencia al corte al medio, permitiendo controlar cuñas o superficies de falla compuestas al servir como elementos de retención o soporte. La estructura es flexible pero para ciertos niveles de servicio se puede considerar fácilmente rígida.

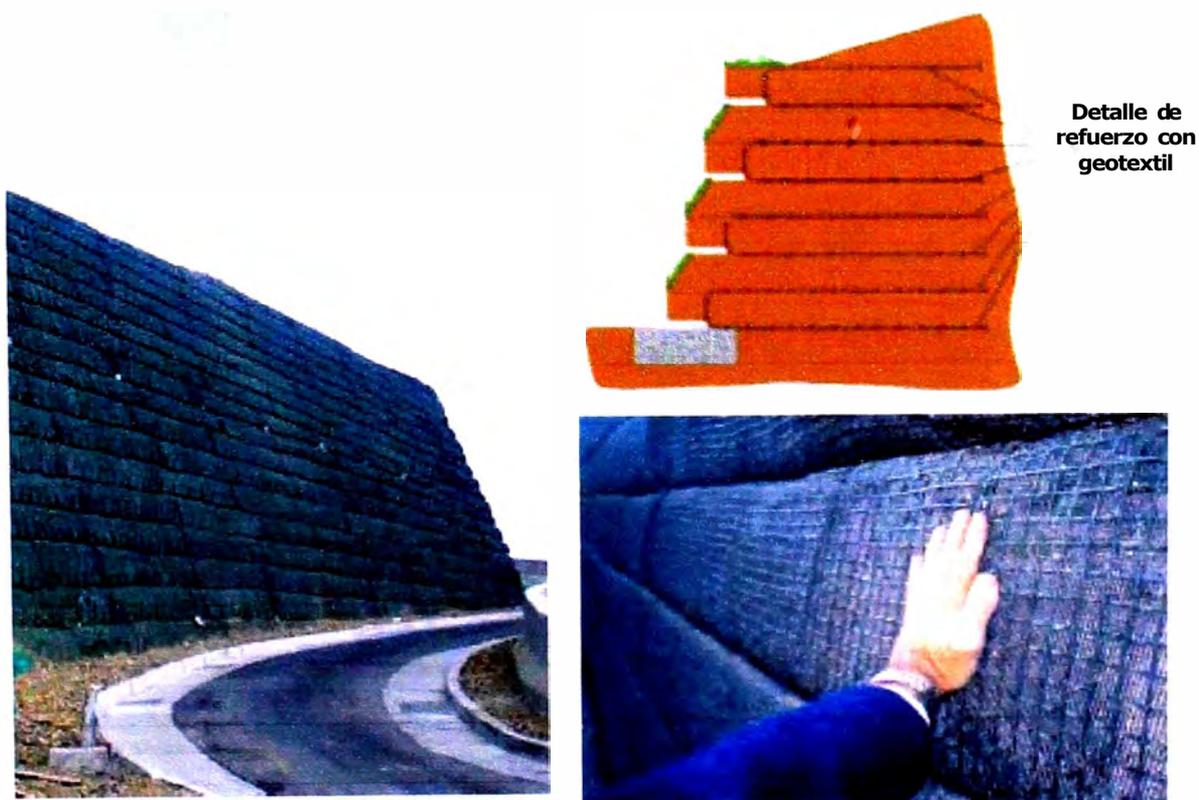


Figura 1.1. Muro de Contención Reforzado con Geotextil.

1.2 Geosintéticos

Geosintético es un producto en el que por lo menos, uno de sus componentes es a base de polímeros sintéticos o naturales, y se presenta en forma de filtro, manto, lámina o estructura tridimensional, usada en contacto con el suelo o con otros materiales del campo de la geotécnica o de la Ingeniería Civil.

Existen varios campos de aplicación de los geosintéticos en el mundo de la construcción y la edificación como son: obras viales, obras hidráulicas, sistemas de control de erosión, aplicaciones medioambientales, entre otras. La fabricación de los geosintéticos comprende procedimientos principalmente de extrusión, tecnología textil o ambas tecnologías: textil y plástica. Los geosintéticos se derivan de fibras artificiales, compuestos básicamente de polímeros como propileno, poliéster, poliamida y polietileno, siendo los dos primeros los de mayor uso en la actualidad.

1.2.1 Geotextiles

Dentro del grupo de los geosintéticos tenemos los Geotextiles que se definen como un "material textil plano, permeable, polimérico (sintético o natural) que puede ser tejido o no tejido, y que se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedras, etc.) u otros materiales en Ingeniería Civil para aplicaciones geotécnicas".

Los geotextiles se clasifican según su método de fabricación (ver figura 1.2.) como:

a) Geotextiles Tejidos

Son aquellos formados por cintas entrecruzadas en una maquina de tejer. Pueden ser tejidos de calada o tricotados.

Los tejidos de calada son los formados por cintas de urdiembre (sentido longitudinal) y de trama (sentido transversal). Su resistencia a la tracción es del tipo biaxial (en los dos sentidos de fabricación) y puede ser muy elevada (según las características de la cinta empleada). Su estructura es plana.

Los tricotados están fabricados de hilos entrecruzados en maquinas de tejido de punto. Su resistencia a la tracción puede ser multiaxial o biaxial según estén fabricados en maquinas tricotosas y circulares, o Ketten y Raschel. Su estructura es tridimensional.

b) Geotextiles No Tejidos

Están formados por fibras o filamentos superpuestos en forma laminar, consolidándose esta estructura por distintos sistemas según cual sea el sistema empleado para unir los filamentos o fibras. Los Geotextiles No Tejidos se clasifican a su vez en:

- Geotextil No Tejido ligados mecánicamente o punzonados por agujas.
- Geotextil No Tejido ligados térmicamente o termosoldados.
- Geotextil No Tejido ligados químicamente o resinados.

Los geotextiles se clasifican según su composición como:

a) Fibras Naturales

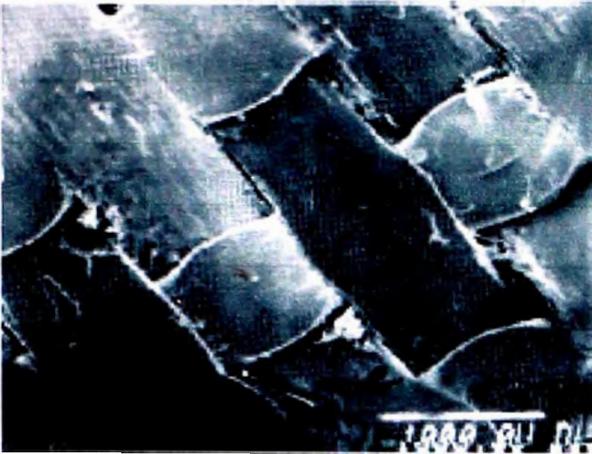
Pueden ser de origen animal (lana, seda, pelos, etc.) o vegetal (algodón, yute, lino, coco, etc.) que se utilizan para la fabricación de geotextiles biodegradables utilizados en la revegetación de taludes, por ejemplo en márgenes de ríos, etc.

b) Fibras Artificiales

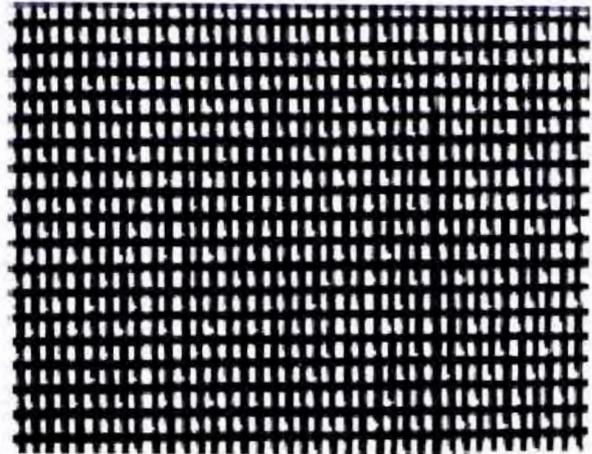
Son las derivadas de la celulosa. Son el rayón, la viscosa y el acetato.

c) Fibras Sintéticas

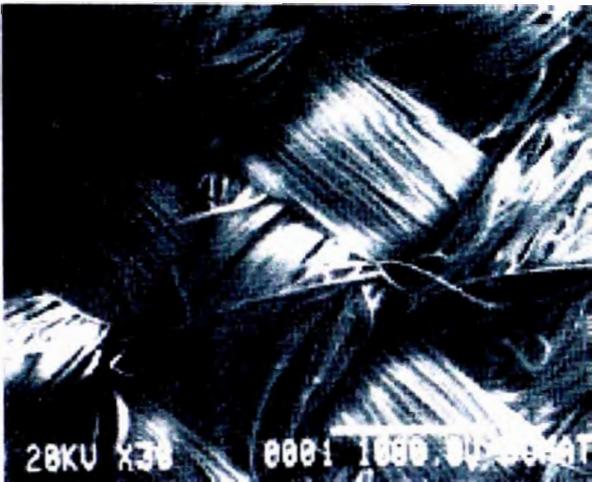
Cuando el geotextil se le exige durabilidad, se fabrica con fibras o filamentos obtenidos de polímeros sintéticos. Los geotextiles fabricados con estos polímeros son de gran durabilidad y resistentes a los ataques de microorganismos y bacterias. Los más empleados son el polipropileno, poliéster, polietileno, poliamida y poliacrílico.



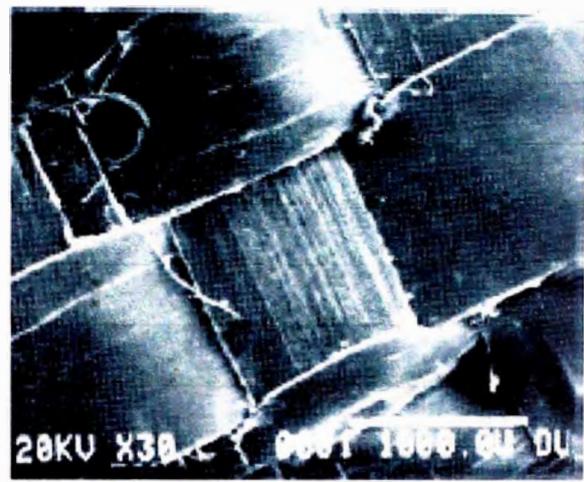
a. Monofilamento Tejido



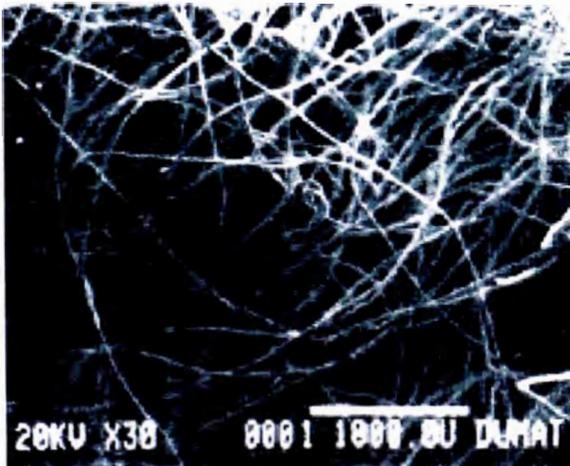
b. Monofilamento Tejido calandrado



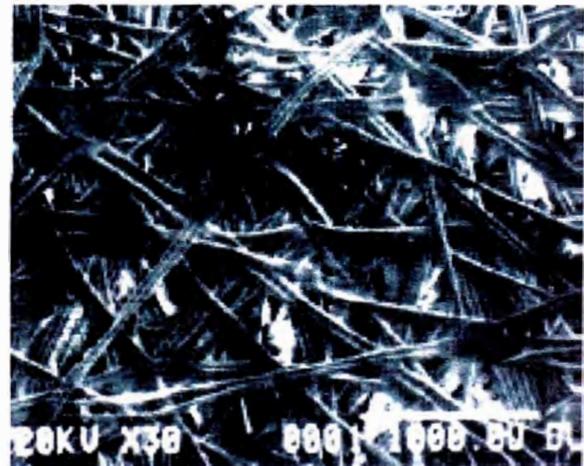
c. Multifilamento Tejido



d. Tejido Plano



e. No Tejido punzonado por agujas



f. No Tejido unido por calor

Figura 1.2. Vista microscópica de algunos tipos de geotextiles tejidos y no tejidos.

13 Estudios Básicos Necesarios

Para el proceso constructivo de Muros de Contención de Suelo Reforzado con Geotextiles es necesario el conocimiento de algunos parámetros básicos para tener controles de calidad en la obra, tanto del producto terminado como del ámbito alrededor del cual se va a construir.

Estos parámetros básicos para esta etapa podrían resumirse en:

- Replanteo Topográfico
- Estudios Geotécnicos del Terreno
- Diseño de Muros Reforzados

1.3.1. Replanteo Topográfico

El replanteo topográfico para la construcción del Muro de Contención es una actividad necesaria para el trazo y replanteo de ejes y niveles de construcción, siendo este un paso importante en el control de todo proyecto de ingeniería.

Se deben ubicar puntos de referencia fijos mediante la cimentación de probetas, estacas, etc. desde los cuales se pueda llevar un control cotidiano durante las actividades de construcción.

La topografía de la zona en estudio se constituye de una topografía semi - plana, los planos topográficos de la zona fueron proporcionados por la Facultad de Ingeniería Civil - Departamento Topográfico, realizándose solo el replanteo de estos niveles y llevados a campo a fin de realizar la construcción del muro.

Se presenta como anexo el plano proporcionado por la Universidad con los niveles y curvas de nivel calculados por el Departamento Topográfico durante el ciclo académico (ver anexo A.3.: plano UBI 01 - ubicación).

1.3.2. Estudios Geotécnicos

Para el diseño y construcción de este tipo de estructuras, Muros de Contención de Suelo Reforzado con Geotextiles, se deben realizar los estudios geotécnicos necesarios en Geología y Sismicidad, a fin de proveernos de datos para el cálculo del diseño y un respaldo técnico para saber sobre que y con que tipo de material se va a trabajar para los detalles constructivos a considerar en el proyecto, durante la etapa de construcción.

Geología

La infraestructura del proyecto se encuentra en la localidad del Rimac, perteneciente a la Provincia de Lima, Departamento de Lima. De acuerdo al Mapa Geológico, se identificó en el área de Estudio que su unidad estratigráfica pertenece a la formación Marcavilca del Cretáceo Mesozoico inferior constituido por un suelo rocoso fracturado producto de las fuerzas tectónicas.

En el área en estudio no se determinó la presencia del Nivel de Aguas Freáticas (NAF). Asimismo se determinó la presencia de estructuras geológicas con fallas y discordancia; pero, si se aprecia un terreno llano, producto de la topografía del lugar y la acción humana.

La Geodinámica Externa en el área de estudio no presenta en la actualidad riesgo alguno a la zona como posibles aluviones, huaycos, deslizamientos de masas de tierra, inundaciones, etc.

La Litología del suelo fue caracterizada por un suelo del tipo coluvial y aluvial, identificándose en la superficie, material de relleno para luego dar paso a la presencia de un estrato rocoso fracturado.

Sismicidad

De acuerdo al nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E-030) junto a la Norma para Adobe (NTE E-080); se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la zona de Alta Sismicidad: Zona 3 (ver figura 1.3.), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades de VIII a IX en la escala de Mercalli Modificada.

De acuerdo con la nueva Norma Técnica NTE E-030 y el predominio del suelo bajo la cimentación, se recomienda adoptar en los diseños Sismo-Resistentes, los siguientes parámetros:

- Factor de Zona (Zona 3): $Z = 0.40$

(Según la Norma Peruana E-030 sismo - resistente considera 0.40, pero adicionalmente según FHWA-DEMO 82 podemos usar un factor de reducción del 50% del factor de zona $\pm 50\% * 0.40 = 0.20$, debido a las características de la estructura de suelo).

- Factor de Amplificación del suelo: $S = 1.2$
- Periodo que define la plataforma del espectro: $T_p = 0.60$



Figura 1.3. Mapa de zonificación sísmica del Perú.

1.3.3. Diseño de Muros Reforzados

Los geotextiles y en general los geosintéticos complementan las falencias que presentan los materiales térreos, permitiendo obtener excelentes ventajas técnicas y económicas en la construcción de muros en suelo reforzado, taludes reforzados, terraplenes sobre suelos blandos, sistemas de subdrenaje entre otros.

Los suelos al igual que el concreto presentan una buena resistencia a la compresión pero son deficientes cuando se trata de asumir esfuerzos de tracción, por tal motivo cuando los suelos son combinados con elementos que sean capaces de absorber esfuerzos de tracción como son los geotextiles se puede lograr estructuras de suelo reforzadas.

La metodología de diseño de estructuras reforzadas considera 3 etapas, la primera de ellas es el diseño a la estabilidad interna en donde se establece los espesores de capa, longitud de refuerzo para la resistencia de diseño con base en las especificaciones técnicas del geosintético en consideración. La segunda etapa del diseño es la revisión a la estabilidad externa, por medio de un análisis de equilibrio límite se obtiene el factor de seguridad al deslizamiento, volteo y capacidad portante el cual se compara con los factores de seguridad establecidos. La tercera

parte en el diseño es establecer el tipo de fachada del muro y las condiciones de drenaje y subdrenaje.

1) Análisis de Estabilidad Interna

Este análisis consiste en verificar la posibilidad de desarrollo de un proceso de ruptura en el interior de la masa del muro, este mecanismo de ruptura inducirá esfuerzos en el elemento de refuerzo pudiendo provocar la ruptura del material por rompimiento debido a la tracción o por deficiencias del anclaje (desgarro). La verificación se efectúa sobre los valores de separación, anclaje y traslape obtenidos en el cálculo estático de la estructura, adicionando para esta verificación, las fuerzas dinámicas generadas por sismo.

En la estabilidad interna, se determina:

- La cantidad de refuerzo que permita soportar mediante tensión y anclaje, los empujes de tierra.
- Determinación de la separación entre capas.
- Determinación de las diferentes longitudes (L_e , L_r , L_o y L_t).

Datos que se debe conocer y cálculos a realizar para llegar a los datos finales:

- Determinar las dimensiones preliminares del muro.
- Dimensionar la base del muro. En la mayoría de los casos se asume inicialmente como $0.85 \times$ altura máxima. Esta dimensión deberá ser revisada durante el análisis de estabilidad externa.
- Desarrollar los diagramas de presión lateral de tierras para la sección reforzada. Estos se componen por la suma de los valores obtenidos para el empuje lateral de tierras, por cargas muertas, cargas vivas y sísmicas.
- Calcular los máximos esfuerzos horizontales en cada capa de refuerzo.

a) Determinar la resistencia a la tensión admisible del geotextil.

$$T_{adm} = T_{ult} / FS$$
$$FS = (FR_{ID} * FR_{FL} * FR_{oAB})$$

Donde:

T_{ult} = Resistencia última del geotextil por el ensayo del método de la tira ancha.
(ASTM O 4595)

FS = Valores recomendados de 1.3 a 1.5 para condiciones estáticas; el ingeniero diseñador debe seleccionar el factor de seguridad más apropiado de acuerdo a las características de cada proyecto, según las características de los materiales y la aplicación que se le da a este tipo de estructura.

FR10 = Factor de Reducción por daños durante la instalación.

FRFL = Factor de Reducción por carga continua sobre el geotextil (fluencia).

FRoas = Factor de Reducción por degradación química/biológica.

Los valores recomendados para los factores de reducción se encuentran en la siguiente tabla.

Área	Daños por instalación	Fluencia	Degradación Química/Biológica
	FR _{ID}	FR _{FL}	FR _{Pae}
Separación	1.1 a 2.5	15 a 25	1.0 a 1.5
Caminos no pavimentados	1.1 a 2.0	15 a 25	1.0 a 1.5
Muros de contención	1.1 a 2.0	20 a 40	1.0 a 1.5
Terraplenes sobre suelos blandos	1.1 a 2.0	20 a 35	1.0 a 1.5
Fundaciones	1.1 a 2.0	20 a 40	1.0 a 1.5
Estabilización de taludes	1.1 a 1.5	20 a 30	1.0 a 1.5
Ferrocarriles	1.5 a 3.0	1.0 a 1.5	1.5 a 2.0

Tabla 1.1. Valores de factores de reducción de acuerdo al uso.

b) Determinación del espesor de capa (Sv):

$$S_v = T_{adm} / (sh * FS)$$

T_{adm} = Tensión admisible del Geotextil.

sh = Empuje horizontal total a la profundidad considerada.

FS = Factor de seguridad global (Usar entre 1.3 y 1.5).

c) Cálculo de las longitudes de desarrollo del refuerzo con geosintético:

Estas se componen por tres longitudes, que sumadas dan la longitud total a utilizarse por capa en la sección transversal del muro.

c.1) Longitud geométrica hasta la zona de falla, L_g

$$L_g / (H-z) = \tan (45 - \phi/2)$$

$$L_g = (H-z) * \tan (45 - \phi/2)$$

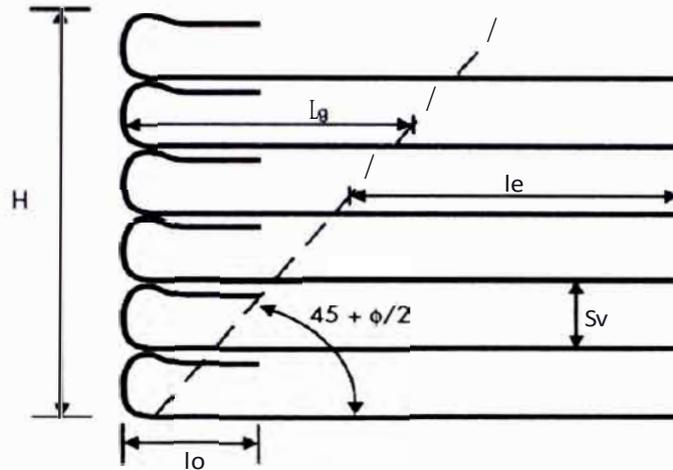


Figura 1.4. Longitudes de desarrollo del refuerzo con geotextil.

c.2) Longitud de empotramiento, L_e

Esta corresponde a la superficie de empotramiento por detrás de la zona de falla, donde debido a la interacción de suelo-geotextil o suelo-geomalla se desarrollan las fuerzas resistentes.

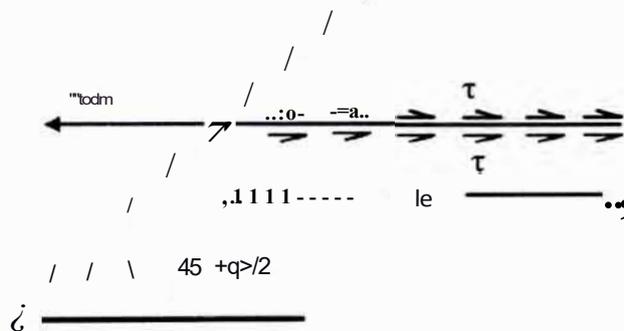


Figura 1.5. Longitud de empotramiento.

Haciendo sumatoria de fuerzas en X:

∑ Fx, se obtiene:

$$s h * S_v * F_S = 2 * F_{za. Corte}$$

$$F_{za. Corte} = t * L_e$$

$$t = e + s * \tan \delta$$

$$L_e = s h * S_v * F_S / 2 (c + s * \tan \delta)$$

Donde:

t : ángulo de fricción entre el suelo y el geotextil

Donde ϕ es el ángulo de fricción entre el suelo y el geosintético de refuerzo obtenido por medio del método de ensayo de la norma ASTM D 5321, con el cual se determina la resistencia al corte entre suelo - geosintético ó entre geosintético - geosintético (ver figura 1.6.). Este es uno de los ensayos más importantes a nivel de diseño que se recomienda realizar en aplicaciones de refuerzo con geosintéticos, con los cuales se permite obtener diseños óptimos y eficientes según los materiales presentes en cada proyecto.

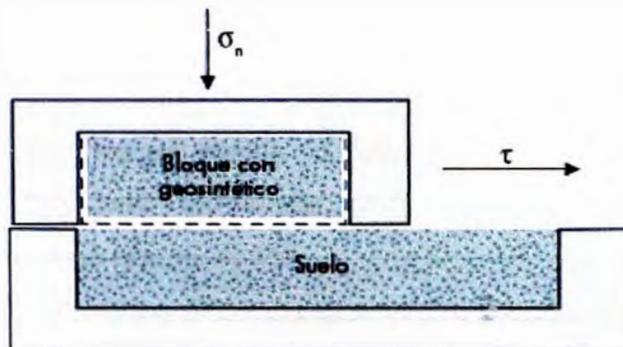


Figura 1.6. Ensayo de Corte con Geotextil.

Las magnitudes de Cohesión (C_a) y el ángulo de fricción (ϕ) dependen directamente del tipo de geosintético y de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de relleno, tales como su granulometría, plasticidad y las más importantes la cohesión y fricción del suelo.

En las Tablas 1.2. y 1.3. se referencian algunos ensayos realizados para determinar los valores de C_a y ϕ , según el tipo de suelo y el tipo de geotextil. Estos valores también son expresados en función de c y ϕ como un porcentaje de los mismos.

Tipo de Geotextil	Arena de grano medio a go.teso	Arena redondeada	Arena Limosa
	F = 30°	F = 28°	F = 26°
Geotextil Tejido cinta plana	24° (77%)	24° (84%)	23° (87%)
Geotextil No Tejido punzonado por aguas	30° (100%)	26° (92%)	25° (96%)

Tablas 1.2. Valores típicos de ϕ para distintos tipos de arenas

Mezcla utilizadas	Cohesión Suelo (T/mZ)	Adherencia Suelo-Geotextil (T/m2)	F Suelo (°)	6 Suelo-Geotextil (°)	Porcentaje de F (%)
0% Limo - 100% Arena	1.0	1.8	37.0	34.5	93.2%
50% Limo - 50% Arena	3.5	1.5	35.4	30.8	87.0%
60% Limo - 40% Arena	3.7	1.5	33.0	29.9	90.6%
70% Limo - 30% Arena	3.7	1.5	32.0	25.6	80.0%
90% Limo - 10% Arena	3.8	1.6	28.7	21.1	73.5%

Tablas 1.3. Valores de Cayó para suelos con contenido de finos y geotextiles tejidos de cinta plana.

Para prediseños o diseños de muros en suelo reforzado de baja altura y sometidos a cargas muertas menores, se puede tomar un valor de ϕ entre 0.7ϕ y 0.85ϕ , siendo 0.7ϕ el valor más conservador.

En cierto tipo de aplicaciones el conocimiento del ángulo de fricción entre el suelo y el geosintético es más relevante para la estabilidad externa que el conocimiento de este para el chequeo de estabilidad interna.

c.3) Longitud del dobléz superior, L_0

Asumirla igual a 1.0m

2) Análisis de Estabilidad Externa

Las revisiones por estabilidad externa incluyen las típicas para cualquier estructura de retención es decir, deslizamiento, volteo y capacidad de carga.

a) Verificación al deslizamiento

Esta verificación consiste en calcular el factor de seguridad contra el deslizamiento en la base de la estructura. Este cálculo es efectuado de modo análogo al empleado en las estructuras de contención convencionales. El factor de seguridad sería dado por la razón entre las fuerzas que resisten al deslizamiento y las fuerzas que ayudan al deslizamiento.

FS(Deslizamiento) :

$$FS \text{ (estático)} > 1.5$$

$$FS \text{ (dinámico)} > 1.1$$

$$\text{FSD} = \frac{\text{s Fuerzas Horizontales Resistentes}}{\text{s Fuerzas Horizontales Actuantes}}$$

b) Verificación al volteo

Análogamente a los casos de estructuras de contención el análisis de volteo consiste en verificar la posibilidad de que la estructura gire alrededor de su pie. El factor de seguridad contra el volteo es definido como la razón entre la suma de los momentos, con relación al pie de la estructura, de las fuerzas que resisten y las fuerzas que ayudan al volteo.

FS(Volteo):

$$\text{FS (estático)} > 2.0$$

$$\text{FS (dinámico)} > 1.5$$

$$\text{FSD} = \frac{\text{s Momentos Resistentes}}{\text{s Momentos Actuantes}}$$

c) Verificación de la Capacidad de Carga del Suelo de Cimentación

Al ser analizado estas estructuras de retención como un cuerpo sólido, el peso del muro y las sobrecargas actuantes se calculan como un todo actuando sobre el área apoyada, que en este caso corresponde al área total donde se apoya el camión. Sin embargo, por la variabilidad de las dimensiones de los camiones en cuanto a la longitud y ancho que tienen el eje de diseño considerado, el cálculo de la carga vehicular transmitida a la cimentación se efectuará considerando el criterio de Boussinesq para las cargas puntuales actuantes.

Se adoptan los conceptos de Meyerhoff (1953) para determinar la presión uniformemente distribuida sobre el terreno de cimentación. Este valor obtenido sería entonces comparado con la capacidad de carga del terreno de cimentación a través de la expresión propuesta para un elemento de cimentación tipo zapata corrida (Terzaghi & Peck, 1967).

FS (Capacidad de carga):

$$\text{FS (estático)} > 2.5$$

Por medio de análisis clásicos de geotecnia se calcula la capacidad portante última y admisible y se compara frente a la presión de contacto ejercida por el muro.

d) Chequeo a la estabilidad global o estabilidad general

El efecto de la construcción de un terraplén genera una sobrecarga en el sitio en donde se está colocando, por tal motivo es necesario revisar la estabilidad general o global del sitio con el objetivo de garantizar la estabilidad del lugar o de la obra. Este análisis se realiza por métodos clásicos de estabilidad considerando superficies de falla y evaluando factores de seguridad o probabilidades de falla.

3) Lineamientos para el Diseño

El diseño de un muro o talud reforzado con geosintéticos consiste en determinar la geometría y requerimientos de refuerzo para evitar la falla interna y/o externa de la estructura.

En el análisis de estabilidad externa se trata a la estructura en suelo reforzado como una sola unidad de masa homogénea y se evalúa su estabilidad utilizando criterios de falla para muros de gravedad convencionales. En el análisis de estabilidad interna se determina la cantidad de refuerzo requerida para garantizar la estabilidad de la cara del muro a partir del desarrollo del esfuerzo lateral interno y de la ubicación de una superficie de falla crítica.

A continuación se presentan los factores de seguridad recomendados por la FHWA para muros en suelo mecánicamente estabilizados con geosintéticos y taludes en suelo reforzado:

Estabilidad Externa	
Al deslizamiento	FS > 1.5 para muros, FS > 1.3 para taludes reforzados
Excentricidad (e) en la base	U6 en suelo, U4 en roca (L profundidad del muro)
Capacidad portante	FS > 2.5
Estabilidad por asentamientos	FS > 1.3
Estabilidad bajo sismos	FS > 75% de los FS estáticos en todos los modos de falla

Tabla 1.4. Factores de seguridad para la estabilidad externa recomendados por la FHWA.

Estabilidad Interna

Resistencia al Pull - out	FS > 1.5
Estabilidad interna para muros	FS > 1.3

Tabla 1.5. Factores de seguridad para la estabilidad interna recomendados por la **FHWA**.

La longitud de refuerzo debe ser 0.7 H, donde H es la altura del muro. Se recomienda que las longitudes de refuerzo sean uniformes en toda la altura, a menos que se demuestre suficientemente que longitudes variables garantizan la estabilidad del muro.

El empotramiento mínimo del muro debe basarse en la capacidad portante del terreno, los asentamientos esperados y consideraciones de estabilidad.

El empotramiento se medirá como la longitud entre la superficie del terreno adyacente y el nivel del piso de apoyo del muro. En términos generales se recomienda:

Talud en frente del muro	Empotramiento
Horizontal (muros)	H/20
Horizontal (aproches)	H/10
3H: 2V	H/10
2H: 1V	H/7
3H: 2V	H/5

Tabla 1.6. Longitudes de empotramiento recomendadas.

Las longitudes de empotramiento pueden ser mayores, dependiendo de las características de hinchamiento o contracción del suelo, valores de socavación o actividad sísmica. En cualquier caso, la longitud mínima recomendada es de 0.5 m. En muros construidos a lo largo de ríos y corrientes, el empotramiento mínimo deberá ser 0.6 m.

Para el caso de muros fundados sobre laderas o taludes, se recomienda dejar una berma de 1.2 m a lo largo del frente del muro.

El diseño se puede realizar siguiendo cualquiera de las metodologías siguientes:

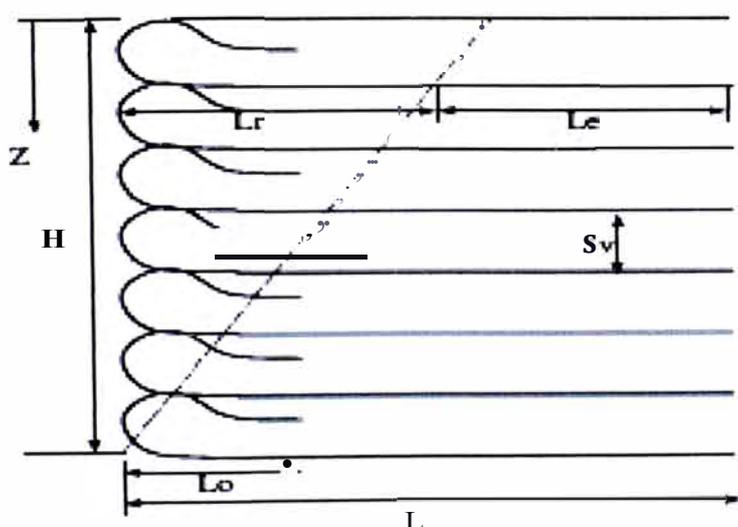
Análisis según esfuerzos de trabajo actuando sobre el muro:

Se asigna la ubicación del geosintético y se verifica que los esfuerzos en la masa de suelo sean compatibles con los del elemento de refuerzo, posteriormente se evalúa la estabilidad local al nivel de cada refuerzo, de acuerdo con la superficie de falla obtenida.

Análisis por equilibrio límite:

Consiste en chequear la estabilidad global de la estructura. Los tipos de estabilidad a considerar son estabilidad interna, externa y combinada. El análisis de estabilidad externa cubre la estabilidad general de la masa de suelo reforzada considerándola como un todo y es evaluada utilizando superficies de falla por fuera de la masa estabilizada. La estabilidad interna evalúa las superficies de falla potenciales dentro de la masa de suelo reforzada. En algunos casos, las superficies de falla están parcialmente dentro y parcialmente fuera de la masa de suelo estabilizada, lo cual puede requerir un análisis de estabilidad combinado.

El diseño se deberá complementar con esquemas y planos donde se indiquen claramente las especificaciones de los geosintéticos, las de los demás materiales, las dimensiones de la estructura y la ubicación de las tiras de refuerzo, tal como se indica en la figura siguiente. En particular se recomienda incluir un cuadro donde se relacione la altura a la cual se debe colocar la tira de refuerzo, el espesor de la capa y la longitud de geosintético requerida para el cierre de la capa.



Notas:

- $L_{trabajo} = L_r + L_e$
- La longitud total de la tira es la suma de $L_{trabajo} + S_{vtrabajo} + L_o$
- De acuerdo con los presentes cálculos $L_o = 1.00$ m
- El material del muro se deberá compactar como mínimo hasta lograr una densidad del 90% de la máxima obtenida en la prueba de compactación del Próctor Modificado.

Figura 1.7. Detalle del Diseño del Muro Interno.

CAPITULO 11

ELABORACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO

21 Memoria Descriptiva

- **Alcance**

El Proyecto que hace mención este Expediente Técnico es la elaboración de un Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geotextil, estructura compuesta del sistema Suelo - Geotextil, de 20.00 m. de largo, 4.00 m. de base y 4.00 m de alto, hecho con material terreo seleccionado (afirmado para base) y Geotextil tejido Fortex BX - 90 proporcionado por la empresa Lafayette, distribuidora de ANDEX.

Para esta etapa del proyecto se contempla la ejecución de un primer módulo en la construcción del muro de 6.00 m de largo, 4.00 m. de ancho y 2.00 m. de alto.

- **Conceptos Generales**

Suelo Reforzado

Una masa de suelo reforzado es análoga a un concreto reforzado, en la que las propiedades mecánicas de la masa son mejoradas por el refuerzo colocado en forma paralela a la dirección de deformación principal, buscando compensar la deficiencia de resistencia a la tensión del suelo. El mejoramiento de la resistencia a la tensión es el resultado de la interacción entre el refuerzo y el suelo.

Concepto Geotécnico de Refuerzo

La presencia de un geosintético de refuerzo en el suelo restringe las deformaciones, generando una alta resistencia al corte en el conjunto, manifestada en el incremento de fuerzas resistentes a través de la superficie potencial de falla.

Muro de Suelo Reforzado con Geotextil

La técnica del suelo reforzado con geotextil consiste en la inclusión de estos materiales obteniendo un material compuesto más resistente y menos deformable que el suelo solo. La combinación de las propiedades de ambos materiales y la interacción entre ellas puede resultar un material con propiedades de ingeniería suficientes para un buen desempeño en diversos tipos de obras.

La utilización de geotextiles como refuerzo en los suelos para la construcción de Muros de Contención ofrece ventajas técnicas y económicas, permitiendo así

considerables ahorros en volumen de material y menor área para la construcción, menor uso de mano de obra calificada, ya que los procedimientos constructivos son sencillos y menor tiempo de construcción, por lo tanto si hacemos un análisis individual observamos que como partida los geotextiles resultan económicamente altos en costos, pero como partida global y por su desarrollo técnico en la construcción resultan mucho más económicos que los métodos convencionales.

- **Planteamiento del Problema**

Se planteó la construcción de un elemento de refuerzo para ampliar el ancho de una calzada ficticia sobre la zona de la huaca de la UNI, en la zona ubicada entre el campo deportivo de la Facultad de Ingeniería de Geológica, Minera y Metalúrgica y la Huaca de la UNI.

- **Solución Propuesta**

Ante esta situación se planteó la alternativa de muros de tierra reforzada con geotextiles, solución técnicamente mas adecuada, debido a poseer propiedades de flexibilidad a diferencia de un muro rígido.

De acuerdo a la evaluación realizada en campo, se determinó la factibilidad de la construcción de un Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geotextil, debido a las características del terreno y la posibilidad de conseguir material de relleno, siendo una solución económica de bajo costo en comparación con la construcción tradicional de un muro de concreto. El mayor problema es la imposibilidad de realizar el relleno del talud debido a la ubicación en la parte posterior de la zona de trabajo de la huaca de la UNI que como patrimonio cultural del país no debe ser dañado ni modificado, por lo que se procederá a proteger las 4 caras del muro con geotextil.

- **Suelo de Relleno:**

Para el suelo de relleno se realizaron los ensayos de Granulometría, Contenido de Humedad, Cono de Arena, de Compactación y de Corte Directo, todos ellos antes y durante el proceso constructivo y a solicitud del supervisor, de un suelo de préstamo de una cantera para afirmado ubicada en el distrito de Carabayllo.

- **Características Mecánicas del Geotextil Utilizado**

El material de refuerzo utilizado para el diseño del muro corresponde al tipo de Geotextiles Tejidos FORTEX BX - 90, cuyas características se indican en las

especificaciones técnicas correspondientes y adjuntas al presente informe (ver anexo A.2.: Hoja Técnica del Geotextil).

- **Cargas de Tránsito Vehicular de Diseño**

No se considera cargas de tránsito vehicular para la verificación del análisis de estabilidad de los muros de suelo reforzado; solo se está considerando una sobrecarga repartida de 1.00 ton/m² por el material que va encima del muro y que actúa en distintos lugares de el.

- **Criterios de seguridad**

Para los taludes en relleno se han tomado los siguientes factores de seguridad:

- Factor de Seguridad por Daños de instalación: $FR_{di} = 1,10$
- Factor de Seguridad por Fluencia del Material: $FR_{fl} = 1,62$
- Factor de Seguridad por Degradación Química: $FR_{dq} = 1,05$
- Factor de Seguridad por Degradación Biológica: $FR_{db} = 1,00$
- Factor de Seguridad Global: $FS = 1,30$

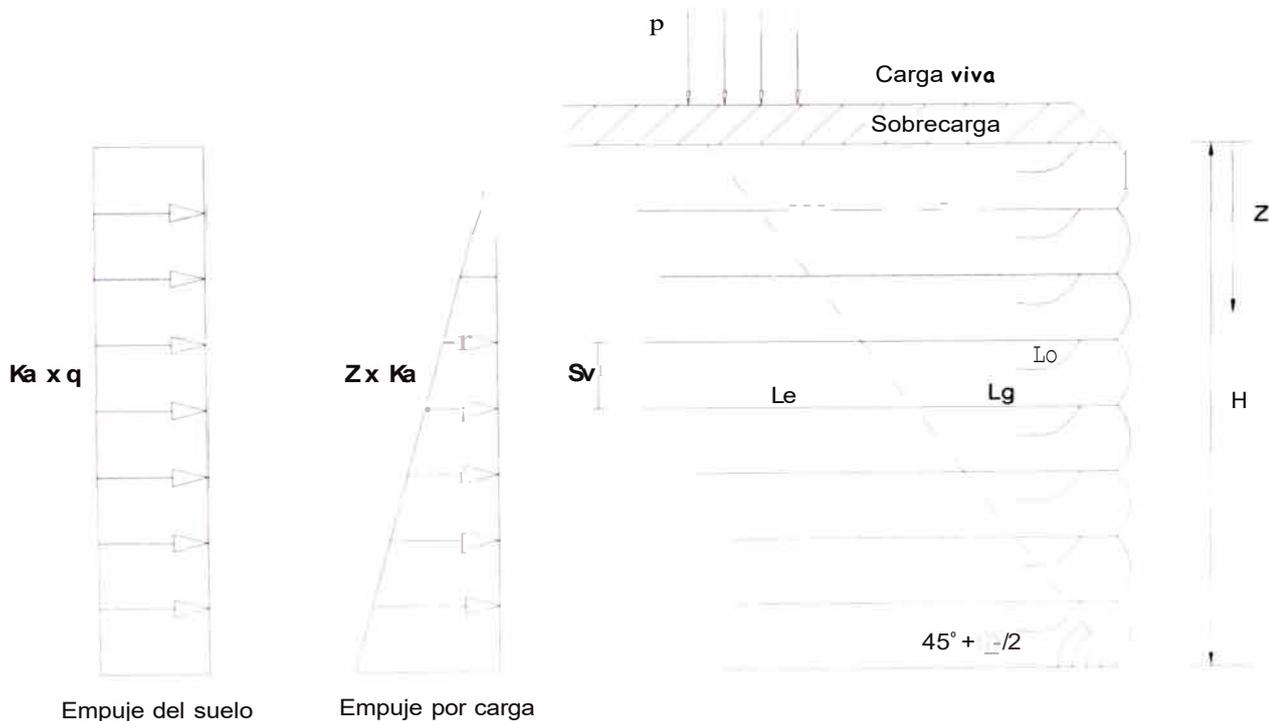


Figura 2.1. Cargas actuantes sobre el muro de Contención Reforzado.

2.2 Especificaciones Técnicas

1.00 Trabajos Preliminares

1.01 Replanteo en el terreno

- Descripción:

Se refiere este ítem a la localización de acuerdo a los planos arquitectónicos de las áreas construidas y a construir del Proyecto.

Se deberá definir la ubicación exacta de la obra, en el terreno, de acuerdo con los planos suministrados o las indicaciones del Supervisor.

El Supervisor comprobará estos replanteos y podrá supeditar el progreso de los trabajos a los resultados de éstas comprobaciones, lo cual, en ningún caso, relevará al ejecutor de su total responsabilidad, ni en cuanto a la correcta configuración y nivelación de las obras, ni en relación con el cumplimiento de los plazos parciales.

- Ejecución:

El replanteo de las construcciones, utilizando todos los instrumentos de precisión que sean necesarios tomando como referencia los planos generales (ver anexo A.3. Planos).

Se procederá a identificar los ejes extremos del proyecto, así como su relación con los linderos del predio, vías existentes y vías proyectadas, de manera que se respeten los aislamientos, y alineamientos aprobados en el Proyecto.

- Materiales:

Probetas de concreto, cinta métrica, yeso y pintura.

- Equipo:

Nivel topográfico, cordel y miras para topografía.

- Medida y forma de pago:

La medida será en metros cuadrados (m²) y se tomará como medida general la que determinen los ejes de construcción. El pago se hará por los precios unitarios establecidos en el contrato e incluyen mano de obra, equipos, herramientas necesarias para su ejecución.

1.02 Limpieza del terreno

- Descripción:

La limpieza del terreno donde se ejecutara el proyecto consiste en el retiro de la capa vegetal del terreno, los materiales orgánicos, extraer las raíces, así como

todos aquellos residuos superficiales que se consideren inconvenientes para la ejecución de la Obra tales como desmonte y basura.

- Ejecución:

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

Se replanteará el trazado y de ser necesario excavará hasta llegar al terreno de cimentación competente, acumulando el terreno desalojado a una distancia prudente a fin de evitar su desmoronamiento.

- Equipo:

Bugües, lampas y rastrillos para limpiezas manuales (de acuerdo al área del proyecto se puede usar maquinaria pesada).

- Medida y forma de pago:

Será en metros cuadrados (m²) de tierra removida, calculados con base en levantamientos topográficos efectuados antes de ejecutar la obra. El pago se hará por los precios unitarios establecidos en el contrato e incluyen mano de obra, equipos, herramientas y transporte necesario para su ejecución.

1.03 Estudios geotécnicos

- Descripción:

Los estudios geotécnicos para realizar el diseño y control de calidad de la obra que sean convenientes realizados al suelo de fundación, suelo de relleno y geotextiles usados en la ejecución del proyecto en laboratorios de reconocida garantía en este tipo de actividades.

- Ejecución:

Se realizará los ensayos granulométricos, de densidad y contenido de humedad en los materiales de fundación y relleno, además del Proctor para determinar la **Máxima Densidad Seca** y el **Optimo Contenido de Humedad**.

Con respecto al geotextil se solicitaran los certificados de ensayos al proveedor de este material.

- Equipo:

Lampas, picos, escobas, brochas, cucharones, etc. para la toma de muestras; además de los equipos para los ensayos siguientes: Ensayo Granulométrico, Ensayo del Corte Directo y Ensayo del Cono de Arena.

- **Medida y forma de pago:**

Será global (gbl) de acuerdo a los costos y ensayos necesarios. El pago se hará por los precios unitarios establecidos en el contrato que incluyen el personal capacitado para la realización de estos ensayos.

1.04 Transporte de materiales y equipos a obra

- **Descripción:**

Las herramientas, equipos y materiales serán trasladados y almacenados de manera adecuada en un lugar limpio y protegido. Se realizarán tantos viajes sean necesarios según las necesidades de material y equipos usando para ello vehículos aptos para este tipo de actividad.

- **Ejecución:**

Se trasladarán los equipos, materiales y herramientas en vehículos con tolva (camionetas y camiones) según sea la necesidad de material y el tamaño de estos garantizando la seguridad e integridad de la carga.

- **Equipo:**

Camioneta 4 x 4 y camiones de carga.

- **Medida y forma de pago:**

Será global (gbl) de acuerdo a los costos y viajes necesarios. El pago se hará por los precios unitarios establecido en el contrato que incluye el personal para el acarreo y equipos.

2.00 Base de Nivelación

2.01 Replanteo y nivelación

- **Descripción:**

En este ítem está considerado el replanteo de niveles, la excavación superficial y el retiro de sobrantes. La excavación superficial se efectuará hasta una profundidad aproximada de 20 cm. por medios manuales (ó mecánicos) hasta llegar a una superficie competente de cimentación e inmediatamente después se realizará un relleno de 20cm para la superficie de fundación.

- **Ejecución:**

La excavación superficial se llevará a cabo de acuerdo a las condiciones particulares del terreno, con las herramientas y el equipo mecánico adecuado y según instrucciones del Supervisor. Se rellenará la superficie de fundación, usando para ello el propio material granular de excavación o el material de relleno del

muro, de modo que la superficie del terreno de fundación quede completamente nivelada, limpia de objetos cortantes y preparado para la colocación del geotextil y posteriormente del relleno.

- Equipo:

Lampas y palas para remociones manuales.

- Medida y forma de pago:

Será en metros cuadrados (m²) de niveles y tierra removida, calculados en base en levantamientos topográficos efectuados antes de ejecutar la obra. El pago se hará por los precios unitarios establecidos en el contrato e incluyen mano de obra, equipos, herramientas y transporte necesario para su ejecución.

2.02 Relleno con material propio

- Descripción:

Esta especificación se refiere principalmente a los rellenos con material propio que se deben efectuar para servir de solado al sistema de Muro de Suelo Reforzado con Geotextil a fin de garantizar una superficie plana y homogénea de cimentación.

- Ejecución:

Los rellenos se construirán de acuerdo con los alineamientos, cotas, pendientes y secciones transversales indicadas en los planos generales (ver anexo A.3. Planos). El material propio de relleno deberá colocarse en la base del muro, limpio hasta la superficie de cimentación. La compactación se hará por medio de pisones manuales ó neumáticos hasta alcanzar las óptimas condiciones predeterminadas de común acuerdo con el Supervisor.

- Materiales:

Materiales seleccionados de la excavación con porcentaje de finos máximo de 6% y agua para compactar.

- Equipos:

Plancha compactadora, pisones manuales, buguies, lampas, picos, manguera y Equipo de Cono y Arena.

- Medida y forma de pago:

La unidad será el metro cúbico (m³) de relleno compactado, calculado con base en los levantamientos topográficos realizados antes y después de ejecutar la obra. El pago se hará de acuerdo con los precios unitarios establecidos en el contrato. En este valor se incluye los equipos, herramientas y mano de obra.

2.03 Acarreo de materiales

- **Descripción:**

Esta especificación se refiere al traslado de material de relleno al pie de obra para los trabajos de compactación de la base usada de solado.

- **Ejecución:**

Se deberá efectuar esta actividad mediante el uso de buguies, lampas y picos de manera manual.

- **Materiales:**

Lampas, picos y buguies.

- **Medida y forma de pago:**

El acarreo de materiales medirá y pagará en (m³). El pago se hará a los precios unitarios acordados en el contrato e incluye herramientas y la mano de obra, necesarios para la ejecución de esta actividad.

3.00 Muro de Suelo Reforzado

3.01 Relleno con Material de Préstamo

- **Descripción:**

Esta especificación se refiere principalmente a los rellenos con material de préstamo que se deben efectuar para el sistema de Muro de Suelo Reforzado con Geotextil.

- **Ejecución:**

Los rellenos se construirán de acuerdo con los alineamientos, cotas, pendientes y secciones transversales indicadas en los planos generales (ver anexo A.3. Planos). El material de relleno deberá colocarse directamente sobre el geotextil, en capas de 25 cm., compactándolo y humedeciéndolo adecuadamente según planos hasta alcanzar el 90% de la Máxima Densidad Seca obtenida en el laboratorio mediante el Ensayo de Próctor.

La compactación se hará por medio de pisones manuales ó neumáticos hasta alcanzar las óptimas condiciones predeterminadas de común acuerdo con el Supervisor.

- ◆ **Materiales:**

Materiales seleccionados de cantera con porcentaje de finos máximo de 6% y agua para compactar.

- **Equipos:**

Plancha compactadora, pisones manuales, buguies, lampas, picos, manguera y rastrillos.

- **Medida y forma de pago:**

La unidad será el metro cúbico (m³) de relleno compactado, calculado con base en los levantamientos topográficos realizados antes y después de ejecutar la obra en mención. El pago se hará de acuerdo al precio unitario establecido en el contrato. Este valor incluye el costo de equipo, herramienta, mano de obra y transporte.

3.02 Suministro y Colocación del Geotextil

- **Descripción:**

El trabajo consiste en el suministro, transporte e instalación de Geotextil de acuerdo con las dimensiones dadas y demás elementos necesarios para su debida instalación.

Los materiales deberán ser nuevos. El fabricante deberá proveer las especificaciones técnicas del geotextil.

- **Fabricante y su permanencia en el mercado.**

Los fabricantes deberán contar con las normas ISO 9000 e ISO 9001 de aseguramiento de la calidad. La ISO 9000:2000 contiene las definiciones de los términos que se utilizan en las normas. Es decir que si alguien necesita conocer qué se entiende por "sistema de gestión de la calidad", "no conformidad", "producto", por ejemplo, debe referirse a esta norma. La ISO 9001 :2000 es la norma que contiene los requisitos que debe cumplir una organización para la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC). Es la norma cuyo cumplimiento debe verificarse para que la organización obtenga la certificación de su SGC.

- **Materiales:**

Geotextil Fortex BX-90.

- **Ejecución:**

Preparación de la superficie:

Deberán retirarse previamente todos los objetos filosos para evitar el rompimiento de la tela, que ante cualquier daño deberá ser reparada mediante costura con un retazo del mismo geotextil y con hilo de similares características.

Instalación del geotextil:

La tela se desenrollará directamente sobre el terreno en forma manual.

Para cortar el geotextil se puede usar cualquier herramienta sencilla como navajas, cuchillos ó tijeras.

Cuando se presenten defectos constructivos o de funcionamiento de algún componente, se deberá subsanar inmediatamente e informarle al Supervisor.

Se colocará la primera capa de Geotextil, el cual deberá colocarse en el sentido perpendicular al cual se realizó el diseño del muro (a lo largo del muro), asegurándosele a fin de evitar cualquier movimiento durante los trabajos de colocación del relleno que generen pliegues.

Se realizará un traslape entre Geotextiles de 30cm a lo largo de todos sus bordes. Se deberá considerar costuras si se proveen asentamientos importantes en el diseño de lo contrario se usará el traslape simple.

Luego de colocar la primera capa, se deberá considerar por lo menos que un metro del geotextil este por fuera del encofrado, para luego poder conformar el pliegue superior de la siguiente capa de refuerzo.

Después se colocará con cuidado sobre el geotextil la segunda capa de relleno de modo que esta no contenga material punzante que dañe al geotextil, este también se compactará como hace mención el procedimiento descrito líneas arriba sobre el relleno de material seleccionado.

Antes de terminar el relleno de la segunda capa se colocará el pliegue del geotextil que se dejó libre en la primera capa para ser asegurado el refuerzo.

Finalmente se terminará de rellenar de acuerdo a la altura especificada en los planos, y se procederá a realizar la compactación según procedimiento ya descrito, nuevamente se deja un metro de geotextil por fuera del encofrado y se repite la secuencia de cada capa según lo redactado, hasta llegar a la altura determinada en los planos.

- Transporte y almacenamiento:

Durante el transporte y almacenamiento de las telas, deberán cubrirse con empaques que las protejan de la luz solar, rayos ultravioleta, temperaturas mayores a 60° C. y suciedades.

De ser necesario se construirá un ambiente adecuado para el almacenamiento de los geotextiles protegiéndolos de la radiación solar y la intemperie que son perjudiciales para este producto.

El constructor se responsabilizará del cargue, transporte, descargue, manejo y almacenamiento del geotextil y demás elementos necesarios para cumplir con esta actividad; garantizará que todos los materiales no sufran rasgaduras, estiramientos excesivos, fisuras o cualquier otro daño que implique su rechazo, los cuales ocasionarán la reposición a su costo.

- **Medida y forma de pago:**

Se medirá y pagará por metros cuadrados (m²) de geotextil debidamente instalado y aceptado por el Supervisor. El precio será el establecido en el contrato. El precio debe incluir todos los costos por suministro, transporte, almacenamiento, e instalación de Geotextil incluyendo además elementos necesarios para su debida fijación e instalación.

3.03 Encofrado y desencofrado

- **Descripción:**

Para la realización de esta estructura se encofraran las caras del muro (04) mediante el uso de encofrados removibles (formaletas) que facilitan los trabajos y se arman y desarman según el avance de las capas realizadas.

- **Ejecución:**

Se encofran los 04 caras del muro mediante el empleo de formaletas removibles espaciadas a 1.20 m. con tablonces de 1" de espesor aseguradas con alambre #16. Una vez realizado el relleno de la capa respectiva se procederá al retiro del encofrado para rehusarlo en la siguiente capa.

Se colocaran las tablas a lo largo del muro hasta alcanzar una altura igual a la altura de la capa más 10 cm. a fin de facilitar los trabajos de relleno y compactación. Para el retiro del encofrado se cortara el alambre negro #16 y se forzaran las tablas para su desencofrado y luego se retiraran las formaletas removibles.

Se debe de considerar el encofrado y desencofrado de rampas para el acarreo del material de relleno en las capas de más de 1 m. de alto dado que el relleno en este proyecto será realizado de manera manual. La rampa se construirá con tablas de 1 ½" de espesor y soleras de 3", que brinden la seguridad necesaria para el personal durante esta actividad.

- **Materiales:**

Tablonces de 1" y 1 1/2", soleras de 2" y 3", clavos de 2", 3" y 4", alambre negro #16, martillos.

- **Medida y forma de pago:**

La unidad será el metro cuadrado (m²) de encofrado realizado que incluye su habilitación y retiro. El pago se hará de acuerdo con los precios unitarios establecidos en el contrato. En este valor se incluye el costo de equipos, herramienta, mano de obra y transporte.

4.00 Control de Erosión

4.01 Suministro y colocación de Malla tipo gallinero para refuerzo

- **Descripción:**

Para los trabajos de control de erosión y vandalismo, se colocara un refuerzo con malla tipo gallinero a las caras del muro para cubrirlo con mortero.

- **Ejecución:**

Se asegurará la malla gallinera en las caras del muro con ayuda de las mechas dejadas entre las capas de relleno compactado lo mas pegado al muro. Los traslapes serán de 10 cm. a cada lado amarradas con alambre.

- **Materiales:**

Malla tipo gallinera de $h = 90$ cm. y alambre negro #16.

- **Medida y forma de pago:**

La unidad será el metro cuadrado (m²) de protección de malla.

El pago se hará de acuerdo con los precios unitarios establecidos en el contrato.

En este valor se incluye el costo de equipos, herramienta, mano de obra y transporte.

4.02 Mortero cemento: arena

- **Descripción:**

Para la protección del geotextil que quedara expuesto al medio ambiente y al vandalismo se colocará una capa de mortero cemento: arena salpicado, mezcla 1:5 de unos 2 cm. de espesor fijados con ayuda de la malla gallinera colocada previamente.

- **Ejecución:**

Se preparará el mortero cemento: arena mezcla 1:5, y se colocará encima de las superficies del muro arrojándolas con fuerza sobre ella. Previamente se colocara la malla gallinera y se humedecerá con agua la superficie a cubrir. Las características de los materiales son cemento Pórtland tipo I y arena gruesa limpia y con una cantidad máxima de finos de 10%.

- **Materiales:**

Cemento pórtland tipo 1, arena gruesa, agua, bateas, herramientas manuales, cordeles y andamios.

- **Medida y forma de pago:**

La unidad será el metro cuadrado (m²) de tarrajeo salpicado con mortero cemento: arena. El pago se hará de acuerdo con los precios unitarios establecidos en el

contrato. En este valor se incluye el costo de materiales, herramientas, mano de obra y transporte.

2.3 Selección de Canteras

Por lo general para la construcción de Muros de Suelo Reforzado con Geotextil, se puede usar materiales térreos de todo tipo, finos y granulares.

Se recomienda usar como material de relleno aquel que posea un índice de plasticidad máximo de 20 y un contenido de finos < 50%, evaluando las deformaciones que se pueden presentar. En el caso de utilizarse un material granular, deberá evaluarse la supervivencia del geosintético a las condiciones de instalación, esto es el tamaño máximo del agregado, la altura mínima de las capas de compactación y la presión de contacto que generen los equipos de construcción. Materiales punzonantes, piedras angulares, ramas de árboles, desechos de construcción y otro tipo de objetos que se encuentren en el material que quedara en contacto con el geotextil, pueden romperlo y desgastarlo cuando se coloque sobre él.

Determinar las propiedades del suelo a usar:

- a) Determinar la gradación y el índice de plasticidad, verificando si cumplen con las especificaciones mínimas exigibles para los materiales de relleno (ver tabla 2.1.).

Tamaño del Tamiz	% pasa
4"	100%
N° 4	0% a 60%
N° 200	0% a 15%

Tabla 2.1. Especificaciones para el suelo de relleno (según FHWA)

Por lo general el material más apropiado para ser utilizado en rellenos de tierra reforzada es aquel de tipo granular con un mínimo de finos. Sin embargo este tipo de material es cada vez es más escaso y su transporte incrementa los costos del proyecto, haciendo que este no sea económicamente viable. Una de las ventajas más importantes de este tipo de sistemas de refuerzo, es la capacidad de poder trabajar con los mismos materiales que se encuentran en el sitio de la obra. Sin embargo hay que tener en cuenta los procedimientos de compactación de este tipo de suelo, debido a que en épocas de lluvia se incrementa la dificultad de compactarlos y llevarlos a una

densidad considerable. También se debe hacer énfasis en el sistema de drenaje a utilizar en este tipo de suelos, ya que al aumentar el contenido de humedad la resistencia al corte de este tipo de suelos disminuye rápidamente. En el caso de considerarse la utilización de materiales plásticos o arcillosos se recomienda que estos sean mejorados con materiales granulares, con el fin de reducir sus características de deformación bajo condiciones de humedad y carga.

En Colombia existen experiencias en las cuales se utilizó material con una fracción granular menor al 50% y baja a mediana plasticidad, en el caso de utilizar este tipo de materiales es importante obtener los análisis completos del material para determinar el comportamiento del sistema en suelo reforzado, con respecto a las deformaciones a largo plazo según el uso o aplicación que se le de al muro. El estudio y análisis de estos comportamientos generados principalmente por los asentamientos y consolidación del material de relleno pueden ser medidos en un programa de elementos finitos.

b) Determinar el contenido de humedad óptima (w_{op}) y la densidad seca (ρ_s) máxima obtenida de un ensayo Próctor modificado. Se recomienda que el material a usar en la construcción del muro se compacte al 90% de este valor.

e) Obtener el ángulo de fricción interna por medio de los ensayos de corte directo drenados o de los triaxiales.

En vista de que los periodos de tiempo eran reducidos se usó como material de relleno un suelo seleccionado como afirmado para bases de pavimentos.

Este material de relleno para este proyecto provenía de una cantera ubicada en el distrito de Carabayllo, siendo un material con un porcentaje bajo de piedras angulosas de 2".

CAPITULO 111

METODOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE SUELO REFORZADO

3.1 Obras Preliminares

- a) Realizar el trazo de la zona de trabajo, limpiando el terreno de cualquier elemento extraño y desmonte que pudiera existir a fin de garantizar un área de trabajo en buenas condiciones.



Foto 3.1. Vista del terreno donde se ubicará el muro del proyecto.

- b) Replantear el trazado y de ser necesario excavar hasta llegar al terreno de cimentación competente, acumulando el terreno desalojado a una distancia prudente a fin de evitar su desmoronamiento nuevamente al interior de la excavación.



Foto 3.2. Trazado de ejes del muro.

3.2 Proceso Constructivo de Muros Reforzados

- a) Nivelar la superficie de cimentación, usando para ello un "colchón" que es una capa previa al muro usada como base de nivelación, en este caso, del mismo material de relleno usado en la construcción del muro de 8" de espesor, debidamente compactado hasta alcanzar el 90% de la MDS requerida según el ensayo de suelos Proctor Modificado, para lo cual se debe humedecer el material hasta llegar al Optimo Contenido de Humedad calculado en los ensayos (6%).



Foto 3.3. Construcción de cama de nivelación ó "colchón" con material de relleno.

- b) Limpiar la superficie de objetos punzocortantes donde se colocará el geotextil, a fin de evitar daños en ella, tales como: cortes, pliegues, contaminación, etc. tener especial cuidado en esta tarea pues se podría rasgar el geotextil debiendo ser reparado con parches del mismo material cocidos con hilos de la misma calidad
- c) Colocar el encofrado mediante las formaletas removibles (de 1.60 m. de largo) espaciadas a 1.20 m y tablonces de 1" de espesor a fin de dar la forma del muro. La altura del encofrado debe ser igual a la suma de la altura de la capa respectiva mas 10 cm. a fin de facilitar las labores de compactación del relleno. De ser necesario asegurar el encofrado con alambre negro #16 y clavos, de tal manera que resistan los esfuerzos provocados durante la compactación de las capas usando equipos mecánicos o manuales.



Foto 3.4. Encofrado de muro conformado por tabloncillos y formaletas removibles.

- d) 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 y realizando los dobleces detallados en el diseño. Para este caso se considera según diseño 1 m de doblez mas 0.50 m de la capa dando un total de 1.50m de material.



Foto 3.5. Colocación del geotextil en el interior del encofrado como elemento de refuerzo.

- e) Debido a las longitudes de construcción del muro es necesario realizar traslapes de material (el producto tiene un ancho de 4 m aproximadamente). 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 no es este caso en particular dado el tipo de suelo de cimentación.



Foto 3.6. Detalle de traslape del geotextil.

- f) Se debe prever que al menos 1 m. del geosintético este por fuera del encofrado, para luego poder conformar el pliegue superior de cada una de las capas de refuerzo, según el diseño.



Foto 3.7. El geotextil completamente colocado listo para el relleno de material.

- g) La primera capa de relleno deberá colocarse directamente sobre el geotextil, en capas de 25 cm. de espesor, compactándola adecuadamente según diseño hasta alcanzar el 90% de la **Máxima Densidad Seca** obtenida en el laboratorio para el ensayo de Próctor Modificado, humedeciendo el material para lograr el **Optimo Contenido de Humedad** según ensayos (6%).
- h) 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 realizando el proceso de compactación seguido anteriormente.



Foto 3.8. Relleno de la primera capa de material de espesor 25 cm.

- i) El extremo del Geotextil que se le ha dejado suelto (ver ítem e) se coloca sobre el montículo a fin de que quede enterrado en la segunda capa del relleno, procurando extenderla y que no existan pliegues.
- j) Se coloca el material de relleno hasta alcanzar la altura de diseño de la capa para posteriormente compactar hasta alcanzar el 90% de compactación según el ensayo de Próctor Modificado. En la parte superior de la capa se colocan mechas de alambre #16 para amarrar las mallas de refuerzo (malla gallinera) en la partida de control de erosión.
- k) Se repite el procedimiento desde los ítems b, c, d, e, f, g, h, i y j, hasta alcanzar la altura final del muro.
- l) Rellenar adicionalmente la última capa de geotextil con material de relleno en un espesor de 40 cm. a fin de proteger el material geotextil de la intemperie y el vandalismo.
- m) En las caras del muro, para evitar que el geotextil quede expuesto a los rayos UV y al vandalismo de la zona (control de erosión) se recubrirá el geotextil con mortero cemento: arena 1:5. Primero se coloca un refuerzo compuesto de malla tipo gallinera, asegurada a la estructura con alambre negro #16 y traslapadas en 10 cm. en ambos bordes para luego pañetear la superficie con mortero lanzado.

De acuerdo a las dimensiones del Muro de Contención con Suelo Reforzado con Geotextil a realizar, se puede reemplazar este procedimiento manual de acarreo de material de relleno por otro con el apoyo de maquinarias pesadas tal como se muestra en la foto siguiente.



Foto 3.9. Relleno de muro de contención con el apoyo de maquinaria pesada.

3.3 Construcción de Sistemas de Drenaje

Como cualquier estructura de concreto es importante la construcción de sistemas adecuados de drenaje y subdrenaje.

Estructuras de Drenaje

Las estructuras de drenaje son las obras de arte que se construyen paralelas a la construcción del muro, y son las que garantizan el buen manejo del agua de escorrentía superficial minimizando así la infiltración. Estas estructuras pueden ser cunetas, zanjas de coronación, dissipadoras, entre otros. La aplicación de este tipo de obras depende de las condiciones particulares de cada sitio.

Estructuras de Subdrenaje

Las estructuras de subdrenaje son aquellas obras necesarias y vitales para el manejo del agua en todos los casos donde se construyen obras de contención de cualquier tipo. Existen dos obras de subdrenaje, ambos de igual importancia:

- Subdrenaje en el Espaldón

Este subdrenaje es el que se construye en los espaldones del muro y del talud y es el encargado de evitar que se genere presión hidrostática, que puede afectar la estabilidad de la estructura de contención.

El subdrén chimenea se debe construir con material granular limpio de finos que este entre $\frac{3}{4}$ " y $2 \frac{1}{2}$ ", material que debe cubrirse con un geotextil no tejido. Normalmente el espesor del subdrén chimenea oscila entre 40 y 80 cm. según la cantidad de agua que se estime en el diseño. Este subdrén chimenea deberá entregar el agua captada a un subdrén longitudinal encargado de la evacuación. Este subdrén también se puede construir con geodren planar hasta una altura del 90% de la altura total del sistema de contención, el cual entregara el agua captada a un subdrén longitudinal que igual que el planar estará compuesto por un medio filtrante (geotextil no tejido punzonado por agujas), uno drenante (geodren) y como elemento de evacuación una tubería perforada con un diámetro mínimo de 4".

- Lloraderas

Se debe pensar en la instalación de lloraderos para evitar un exceso en las presiones hidrostáticas dentro de la masa del suelo reforzado. A manera de recomendación la separación horizontal entre cada lloradero puede ser de 3 m. y la vertical de 1 m. Su longitud promedio deberá estar alrededor de $\frac{3}{4}$ de la base del muro (talud). Estos lloraderos pueden ser tuberías perforadas recubiertas con geotextil de $2 \frac{1}{2}$ " o geodrenes planares.

La distribución exacta de los lloraderos debe ser especificada por el ingeniero diseñador, el cual tendrá en cuenta las condiciones particulares de cada caso.

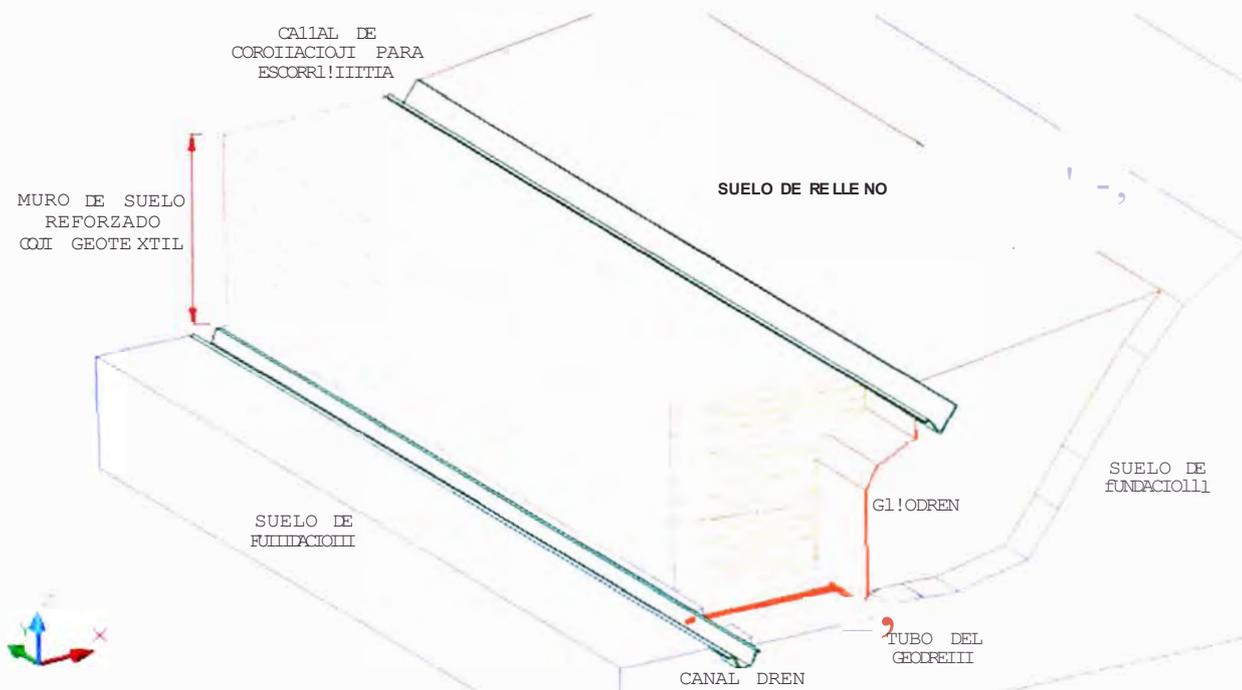


Figura 3.1. Esquema de sistema de drenaje de un Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geotextil

3.4 Material de Relleno

En vista de que los periodos de tiempo eran reducidos se uso como material de relleno un suelo seleccionado como afirmado para bases de pavimentos.

Este material de relleno para este proyecto provenía de una cantera ubicada en el distrito de Carabaylo, siendo un material seleccionado para bases de afirmado, bien graduado y con un porcentaje bajo de piedras angulosas de 2" que pudieran dañar el geotextil.

El material de relleno previo a su colocación se humedecía hasta alcanzar el Optimo Contenido de Humedad calculado en los ensayos realizados en el laboratorio.



Foto 3.1 O. Vista del material usado como relleno en el muro de suelo.

3.5 Alternativas de Fachadas

Para proteger el muro de la acción ambiental (radiación ultravioleta), de actos vandálicos o de la posible acción de roedores, es que se debe de cubrir con elementos rígidos o flexibles, según sea la arquitectura final de la obra, tales como:

- Mampostería

se puede pensar en utilizar cualquier tipo de bloques para conformar la fachada, la cual no soportara ningún tipo de empuje horizontal originado por el muro reforzado

con Geosintético. Se deberá verificar el comportamiento estructural de la fachada independientemente de la estructura del suelo reforzado.

- Paneles de Concreto

Se deberá pensar durante el cálculo de la separación vertical entre capas de refuerzo, la posición para la inclusión de las varillas de anclaje para los paneles. Se recomienda que los pases queden ubicados de tal manera que no vayan a romper el geotextil sobre la cara vertical del muro.



Foto 3.11. Muro de suelo reforzado con fachada de paneles de concreto - Intercambio Vial Sur Villa el Salvador - Lima

- Recubrimiento con Mortero o Concreto Lanzado

Para este tipo de acabado, se debe de considerar la utilización de una malla de vena (malla gallinera) colocada adecuadamente sobre la cara vertical del muro.



Foto 3.12. Muro de suelo reforzado protegido con malla electro soldada Mina San Martín - Honduras.

- **Recubrimiento Vegetal**

Para una inclinación de la cara del muro de 70° , esta se podrá cubrir con vegetación, colocándose como elemento de refuerzo para la vegetación a un geotextil de malla abierta, con el fin de permitir que esta permanezca en su sitio hasta que se desarrolle totalmente.



Foto 3.13. Muro reforzado con recubrimiento de geomantas en proceso de revegetación Yanacocha - Cajamarca.

- **Geotextil**

Si las obras son temporales o de corta duración, esto es, la duración de la vida útil del muro no comprenderá un periodo de tiempo mayor a los 6 meses, el geotextil podrá quedar expuesto a la intemperie.

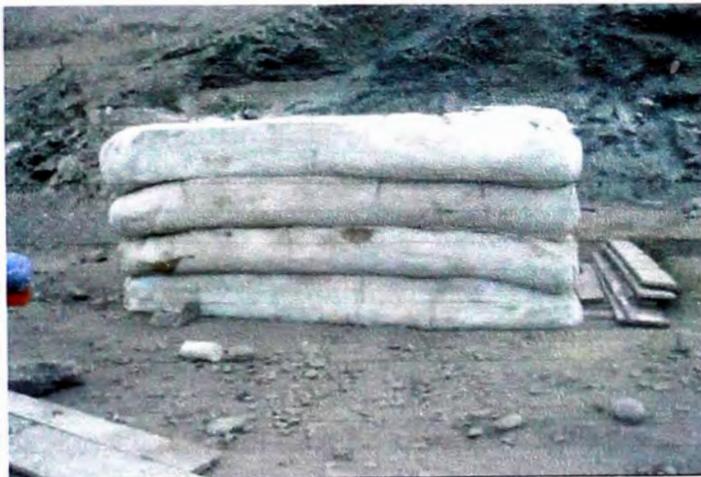


Foto 3.14. Muro reforzado para obras de corta duración (hasta 6 meses) se puede dejar el geosintético expuesto - UNI

CAPITULO IV CONTROL DE OBRA

4.1 Características de la Zona de Trabajo

a) Ubicación

La zona de construcción del Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geotextil, se ubica en la parte posterior de la losa deportiva de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica (**FIGMM**) dentro del campus de la Universidad Nacional de Ingeniería, en el Distrito del Rimac que conforma el área integrada de la Ciudad de Lima.

Previamente al inicio de los trabajos se debe señalar adecuadamente los accesos y límites del área circundante necesaria para la construcción del muro a fin de aislar de personal extraño evitando los riesgos de accidentes.

Además para iniciar los trabajos se debe contar con un terreno limpio de escombros, desmonte, basura ó cualquier otro elemento que perjudique el normal desarrollo de la obra. De preferencia el terreno debe estar debidamente nivelado.

b) Topografía

La zona en estudio constituye una topografía semi plana, los planos topográficos de la zona fueron proporcionados por la Facultad de Ingeniería Civil - departamento de Topografía y Vías de Transporte (ver anexo A.3. Plano UBI-01), lo cual no implica que debamos llevar a partir de ellos un control respecto a los niveles de excavaciones y rellenos, realizándose por tanto el respectivo replanteo.

Se debe controlar constantemente los ejes y alturas del muro con la ayuda de los equipos de nivelación como niveles, teodolitos, miras, jalones, cordeles, etc.

c) Suelos de Cimentación

Una vez realizada la habilitación del terreno donde se ubicara el muro de refuerzo, se procederá a la limpieza del área para los ensayos correspondientes a fin de determinar los parámetros de diseño.

Para fines constructivos, se deben controlar los niveles de excavación para retirar todo el material de la capa orgánica superficial hasta llegar a un terreno competente de cimentación.

Se realizaron tres calicatas de aproximadamente 0.25 m. de profundidad a lo largo del eje del muro, siendo el propósito original llegar a profundidades de 2.00m., lo cual no se pudo realizar porque se encontró roca en los niveles superiores (para los ensayos geotécnicos).

De acuerdo con los estudios realizados, se encontró que el suelo de fundación está formado por roca fracturada, por lo que se procedió al retiro de la capa superficial de terreno (con restos orgánicos como raíces)

d) Clima

Según el sistema de clasificación THORNWAITE, a Lima le corresponde el clima árido de tipo desértico, cálido y húmedo. La temperatura varía de acuerdo con las estaciones, presentando la temperatura media anual de 18 °C; 10°C en invierno y 28 °C en verano.

La humedad relativa varía entre 80 y 100%, registrándose en la temporada de invierno neblinas por la mañana.

e) Sismicidad

El Perú está ubicado en una de las áreas de actividad sísmica más activas del mundo, formando parte del cinturón circumpacífico. De acuerdo al estudio de micro zonificación, el valor del coeficiente sísmico se toma como un porcentaje de la máxima aceleración sísmica, aproximadamente entre 1/3 y 1/2 de la aceleración máxima de la zona, determinada de un estudio de peligro sísmico o del registro de aceleraciones en tiempo historia.

4.2 Controles en el Suelo Reforzado

1. Para la colocación del material de relleno, este debe estar libre de objetos punzo cortantes, piedra afiladas, alambres, etc. que dañen el geotextil durante el tendido en obra.
2. Para lograr la densidad requerida por los ensayos correspondientes del Próctor Modificado, se debe humedecer el material para obtener el Optimo Contenido de Humedad calculado en laboratorio, sin saturar el material de agua.
3. Durante la colocación del material de relleno se debe controlar la adecuada compactación usando para ello planchas compactadoras, realizando 2 recorridos y verificando el grado de compactación alcanzado, de ser necesario repetir el proceso.

4. Evitar la contaminación del suelo de relleno con algún material extraño: combustible, desmonte, basura, etc.

Los ensayos realizados y resultados obtenidos al suelo de Cimentación son:

- Características del macizo rocoso (CG Bieniawski) $Ca = 310$; $F = 36^\circ$
- Granulometría (ASTM D 422) grava
- Gravedad Especifica 2.58; 2.51; 2.39
- Optimo Contenido de Humedad (ASTM D 2216) 1.39; 1.52; 1.88

Los ensayos realizados y resultados obtenidos al suelo de relleno son:

- Granulometría (ASTM D 422) Arena Limosa
- Optimo Contenido de Humedad (ASTM 2216) OCH 5.90
- Ensayo de Compactación (ASTM D 1557) **MDS** 2.251
- Corte Directo $Ca=0$ $F = 32.5^\circ$

4.3 Colocación de Geotextiles

En la colocación de los geotextiles durante el proceso constructivo, se debe tener en cuenta principalmente detalles como:

- Se debe garantizar traslapes de 30 cm. como mínimo en todos los bordes cuando los paños están unidos de esta manera ó 10 cm. para la costura con hilo de la misma calidad y características del geotextil.
- No deben existir pliegues durante la colocación para no tener variaciones durante el proceso de esfuerzos de tracción al que esta sometido el geotextil.
- Si ocurriese algún daño durante la instalación: rotura, corte, etc. se debe reponer el geotextil mediante un "parche", con un pedazo de geotextil igual al colocado y con las dimensiones adecuadas para ser usado con traslapes o cocido.
- Tras la instalación, y de acuerdo al tiempo de duración de la obra, se debe considerar alguna protección al geotextil para evitar el deterioro por acción de la intemperie (rayos UV) y el vandalismo de las personas. Este detalle también se debe tener en cuenta durante el proceso de almacenamiento en obra.

Para el control de calidad de los geotextiles, se cuenta con las certificaciones y garantías proveídas por el fabricante con respecto a su producto, ensayado en laboratorios propios o en alguna institución especializada.

A continuación se resumen los lineamientos y prácticas para la certificación de la calidad de productos geosintéticos producidos por **Lafayette S.A.** como proveedor del geotextil del proyecto FORTEX BX-90, los cuales están orientados por lo pertinente al tema en las especificaciones sobre materiales geosintéticos de la AASHTO, el GRI (Geosynthetic Research Institute), La FHWA (Federal Highway Administration) y el Instituto Nacional de Vías INV de Colombia.

Características a Cumplir - Normatividad

Geosintéticos Lafayette acoge lo indicado en la especificación estándar AASHTO M-288, Geotextile Specification for Highway Applications, en el capítulo de geosintéticos de las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías de Colombia, en particular a los artículos 673-02 Subdrenes con Geotextil y Material Granular, 674-02 Separación de Suelos de Subrasante y Capas Granulares con Geotextil, 675-02 Pavimentación y Repavimentación con Geotextiles y 676-02 Estabilización de Suelos de Subrasante y Capas Granulares con Geotextil, en los lineamientos de la guía de diseño FHWA-NHI-00-043 para estructuras en suelo reforzado como muros, taludes y terraplenes, y en las especificaciones para el refuerzo con geosintéticos para las capas granulares de base, sub-base en estructuras de pavimento, de la AASHTO comité 4E. Estas normas cubren la totalidad de los requerimientos de fabricación, incluyendo procedimientos de muestreo y ensayo y características mínimas del material, establecidos con base en criterios de diseño o supervivencia ante los daños por instalación para cada aplicación. Las especificaciones **INV**, vigentes desde mediados del año 2002, son ley de la república y se acogen para prácticamente la totalidad de los proyectos viales que se realizan en el país.

Control de Calidad

Geosintéticos Lafayette cuenta con un sistema de gestión de calidad que acoge fundamentalmente lo indicado en las Especificaciones mencionadas, siguiendo en particular las normas INV E-908 Método de Muestreo de Geosintéticos para Ensayos (correspondiente a la norma ASTM D 4354) y la INV E-909 Práctica para Establecer la Conformidad de Especificaciones de Geosintéticos, (correspondiente a la norma ASTM D 4759) de esta manera, siguiendo la E-908 se efectúa el muestreo de la producción, que luego se evalúa según la E-909. Todos los ensayos requeridos se realizan en el laboratorio de la fábrica siguiendo las normas de ensayo INV (ASTM) correspondientes.

Geosintéticos Lafayette cuenta con el personal, equipos, infraestructura y sistemas de manejo de información adecuados para la correcta toma y procesamiento de los datos, garantizando resultados estadísticos confiables, que se reportan en términos de valores VMPP (valor mínimo promedio por rollo), tal como lo solicitan las normas. Estos valores son reportados mediante un certificado de conformidad de producto, que se adjunta a cada despacho de geosintéticos.

En caso de requerirse material con certificación de calidad, Lafayette cuenta con los servicios del ICONTEC para la certificación de material por lotes. Esta certificación tiene validez internacional dado el reconocimiento de esta entidad por la ISO y otros entes certificadores reconocidos en diferentes lugares del mundo.

4.4 Programación de Obra

Como en todo proyecto de ingeniería, para un adecuado control de los rendimientos y los plazos de obra, es útil la confección de una programación de obra la cual se puede reajustar con los plazos establecidos.

Se genero una programación con las partidas del presupuesto con los rendimientos establecidos se propone un periodo de construcción de 20 días calendarios, tal como se muestra en el cuadro siguiente (Figura 4.1. Cronograma de Obra)

CAPITULO V

COMPARACIÓN ENTRE PROCESOS CONSTRUCTIVOS ALTERNATIVOS DE CONTENCIÓN

5.1 Construcciones de Muros con Concreto

Los muros de contención de concreto son estructuras que sirven para contener terreno o material en desnivel. Son usados para estabilizar el material confinado evitando que desarrollen su ángulo de reposo natural. Se les utiliza en cambios abruptos de pendiente, cortes y rellenos en carreteras y ferrocarriles, muros de sótano, alcantarillas, estribos de puentes, etc.

Los muros de sostenimiento son de varios tipos:

- Muros de gravedad.
- Muros en voladizo.
- Muros con contrafuertes posteriores.
- Muros de sótano.
- Estribos de puentes.

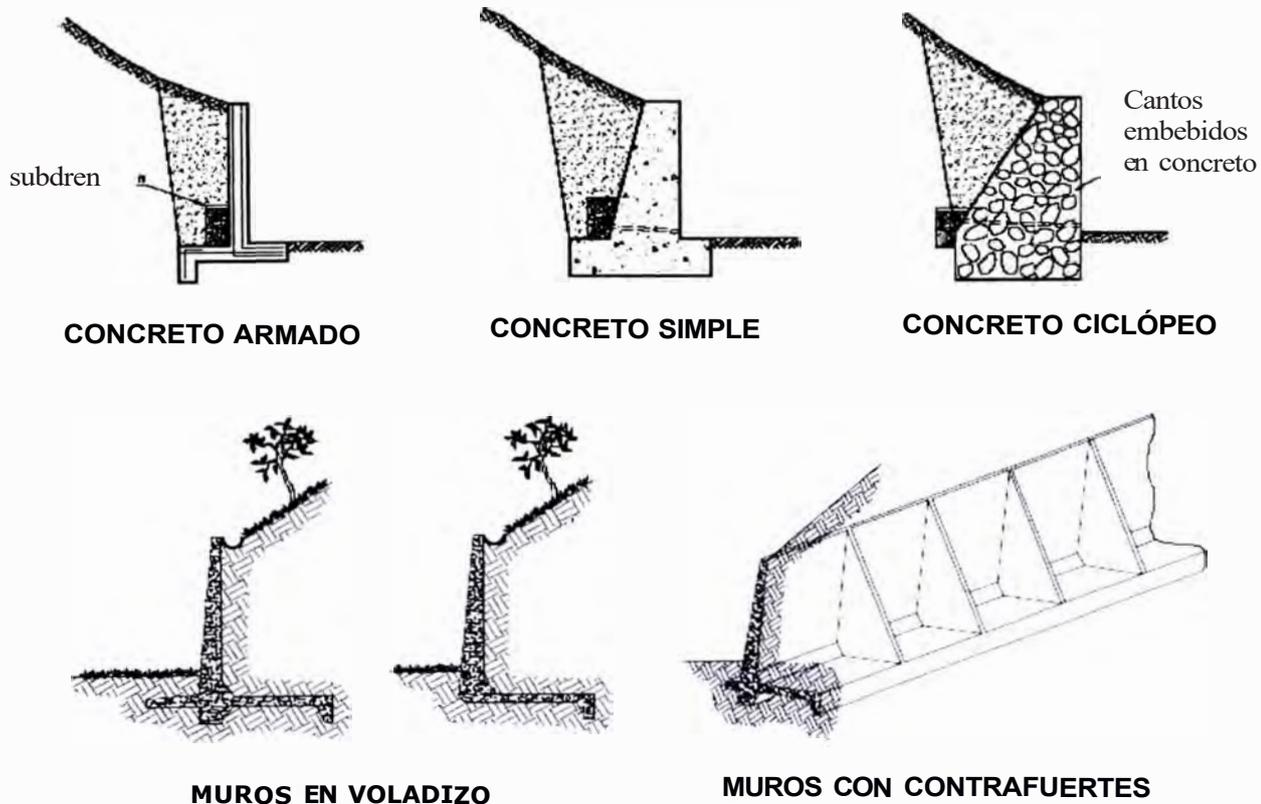


Figura 5.1. Diferentes tipos de muros de concreto.

El muro de gravedad basa su estabilidad en su peso propio. Son económicos para salvar desniveles de hasta 3 m. por lo general son de concreto simple o mampostería. Los muros en voladizo son siempre de concreto armado y se utilizan para alturas de hasta 8 m., en este caso la estabilidad se logra no solo con el peso de la estructura sino principalmente con el peso del relleno. Los muros con contrafuertes se utilizan para desniveles mayores que 6 m., son similares a los muros en voladizo pero la pantalla vertical presenta apoyos denominados contrafuertes cada cierto tramo. Los muros de sótano resisten el empuje del suelo pero además pueden recibir cargas verticales de la edificación. Los estribos son muros de sostenimiento que además de las cargas propias de este, resisten las cargas provenientes de la superestructura del puente.

Proceso Constructivo (Muro de Concreto Simple):

- Trazo y limpieza de terreno para base de cimentación de muro de concreto.
- Excavación de terreno para base de cimentación, puede ser manual o con maquinaria de acuerdo a la disponibilidad de espacio y maniobrabilidad.
- De ser un terreno con poca cohesión, se necesitara el encofrado de la base de acuerdo a las dimensiones del diseño.
- Vaciado de concreto para base de muro con concreto adicionando 30% de piedra grande. Dejar el detalle en la superficie del vaciado de la pantalla del muro: empedrado, canal, etc.
- Desencofrado de la base de cimentación.
- Encofrado de la pantalla del muro de acuerdo a las dimensiones del diseño y la disponibilidad del espacio, encofrado y agregados para el vaciado.
- Vaciado de concreto en la estructura del encofrado, puede ser de manera manual o con mixers, de acuerdo a la disponibilidad de espacios y plazos.
- Desencofrado de formas del muro y tratamiento de superficie (tarrajeo, solaqueo, etc.) incluyendo el curado respectivo.

5.2 Construcciones de Muros con otros Geosintéticos - Geomallas

Componentes del Sistema de Suelo Reforzado con geomallas

El sistema de suelo reforzado se refiere al muro conformado por paramentos de bloques de concreto y refuerzos conformados por geomallas estructurales de polietileno de alta densidad y tiene como componentes los siguientes:

a) Bloques de concreto.

Son unidades elaboradas a base de cemento, agua y agregados a los cuales se instalan unos conectores de polietileno que permitirán fijar la geomalla, se colocan sin ningún tipo de material cementante fijándose sólo con los conectores. Su función principal es la de conformar el paramento de la estructura, detener la erosión del relleno y proveer a la estructura de un tratamiento arquitectónico adecuado.

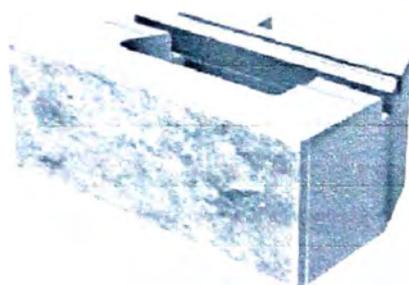


Figura 5.2. Bloque de Concreto.

b) Conectores de polietileno de Alta Densidad.

Son elementos realizados con polietileno de alta densidad (HOPE) y 30% de incrustaciones de fibra de vidrio (grado-E) basado en ASTM D578 que se emplean para asegurar una absoluta conexión mecánica entre la geomalla y los bloques de concreto.



Figura 5.3. Conector de HOPE.

c) Geomalla Estructural.

Las geomallas son estructuras poliméricas rígidas (polietileno de alta densidad, HOPE) fabricadas para aplicaciones en construcción, inertes al ataque de agentes químicos y presentadas en una amplia gama cada una designada con diferentes resistencias.



Figura 5.4. Rollo de geomalla de HOPE Uniaxial.

Las geomallas tienen una gran resistencia a la tensión y a las cargas dinámicas como resultado de su singular proceso de fabricación, están formadas partiendo de una lámina polimérica agujereada con un sistema controlado de aperturas, la cual es calentada y estirada para producir geomallas de gran resistencia y uniones integrales. Gracias a la continuidad de todas las propiedades a través de su estructura es utilizable para reforzar suelos o rellenos compactados, mejorando su estabilidad a largo plazo en aplicaciones bajo carga sostenida tales como estructuras de suelo reforzado.

Geoméricamente, las geomallas estructurales están formadas por miembros transversales ("costillas") y longitudinales, los cuales forman una red de elementos tensionales conectados integralmente, en el cual los miembros transversales marchan paralelamente a la cara o borde libre de la estructura y poseen suficiente perfil transversal como para presentar suficiente trabazón en la interfase con suelos o materiales de relleno compactados y resistir los movimientos relativos de dichos materiales cuando son sometidos a cargas, es decir, se comportan como empalmes o anclas para proporcionar la fijación mecánica con el suelo de relleno. Los miembros longitudinales, por otro lado, proporcionan la trabazón a fricción con el suelo de relleno por la fijación que le confiere la fricción al contacto entre el suelo y la geomalla. (Tensar, 2001).

La geomalla estructural es una estructura integral, resistente a la tracción y de alto peso molecular con las características citadas.

- Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando la geomalla se somete a esfuerzos mecánicos en la instalación;
- Alta resistencia a la deformación cuando la geomalla se somete a esfuerzos Aplicados durante su uso,
- Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando la geomalla se somete a esfuerzos ambientales a largo plazo.

d) Relleno de filtro/drenaje.

Detrás de las unidades de concreto se coloca una capa de relleno de filtro/drenaje de 30cm mínimo de espesor, con dos finalidades fundamentales:

- Mejorar el drenaje de cualquier tipo de infiltración de agua en la zona reforzada. Por tanto, se requiere un material de relleno selecto, típicamente una arena bien gradada o una mezcla de arena gruesa con un buen agregado.
- Actuar como un filtro natural en la intersección de los bloques de concreto con el suelo reforzado evitando así una fuga de finos a causa de escorrentías internas.

e) Relleno Reforzado

El relleno reforzado está conformado por la cantidad de suelo ubicado en el área comprendida entre la cara interna de los bloques, el borde de la losa de nivelación y la longitud final de la geomalla de refuerzo. El relleno de refuerzo es típicamente de baja plasticidad, material granular con un bajo contenido de finos. En resumen, es todo el material que se coloca y compacta en la zona de las geomallas detrás del paramento de bloques de concreto.

Además, también se han usado limos y materiales arcillosos con éxito en los muros de MSE, de cualquier modo, cualquier material de relleno fuera de las normas necesita ser cuidadosamente revisado antes de usarlo en el diseño. Muchas veces en las fases de diseño preliminares de un proyecto no hay información de la prueba específica o información en las especificaciones del proyecto con respecto al ángulo de fricción del material. Puede asumirse que el ángulo de fricción mínimo del relleno reforzado es 34° para la mayoría de los trabajos publicados

f) Relleno Retenido

El relleno retenido es el material que se encuentra inmediatamente después de la zona de refuerzo. No hay un requerimiento especial para este suelo como si lo tiene el relleno de suelo reforzado. Éste material es típicamente el material de la zona o "in situ" Y es usualmente un relleno de menor calidad que el suelo usado en la zona de refuerzo. Los parámetros más importantes usados en el diseño son el ángulo de fricción interna, cohesión y peso específico del material.

En algunos casos el relleno retenido posee un componente de cohesión, sin embargo en la mayoría de programas de diseño, de manera conservadora, no se usa la cohesión.

g) Suelo de fundación

El suelo de fundación 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. Una diferencia importante entre el suelo de fundación y el suelo retenido son que el parámetro de cohesión puede usarse directamente en el análisis.

h) Losa niveladora

Los alineamientos horizontales y verticales de los muros de contención de suelo reforzado son establecidos por la construcción de una losa de nivelación de concreto simple (sin acero de refuerzo) en la base de la fachada del muro, dicha losa tiene como longitudes mínimas 15 cm. (6 pulg.) de espesor y 60 cm. (24 pulg.) de ancho. La mejor opción para una losa niveladora es un concreto no reforzado, pero en ciertas situaciones un agregado compactado puede servir como alternativa. Para las alturas del muro arriba de los 6m la losa niveladora debe ser de concreto. Para los muros bajo 6m y mayor que 3m, con un material de fundación bueno, la losa niveladora puede ser de agregado o concreto. Para los muros bajo 3m la losa niveladora puede ser de agregado. Si las condiciones del suelo de fundación son cuestionables, entonces la losa de nivelación siempre debe ser de concreto.

Proceso constructivo:

El proceso de construcción del muro de contención con geomallas, se describe de la siguiente manera:

- Excavar hasta llegar al terreno de cimentación competente.
- Vacear una losa de nivelación de 60 cm. de ancho y 4" de espeor para asentar los bloques de concreto.

- Acomodar los bloques de concreto (1 fila) y asegurar en la parte superior las geomallas según diseño con ayuda de los conectores de HDP golpeando con martillos de goma.
- Se puede acomodar mas niveles de bloques asegurando las mallas y doblándolas hacia la parte exterior del muro.
- Rellenar la capa de material de filtro al borde del muro y posteriormente agregar el material de relleno (trabaja a trabazón con la geomalla).
- Continuar similar con las demás capas hasta llegar a la altura deseada.
- Los bloques de concreto no necesitan recubrimiento posterior a su colocación (caravista).

A continuación se adjunta algunas fotos del proceso constructivo seguido por el grupo "Muro de Suelo con Geomallas", integrante también de este Curso Taller de Titulación.



Foto 5.1. Detalle del acomodo de los bloques de concreto.



Foto 5.2. Colocación de las geomallas, se observa la capa del dren (piedra chancada)



Foto 5.3. Detalle de la forma circular del muro acomodando las bloquetas de concreto.



Foto 5.4. Detalle del dobléz de la geomalla, acomodando más de 1 capa.



Foto 5_5 Muro de Suelo reforzado con Geomallas - By Pass en la Vía Expresa del
Callao - Lima - Perú

5.3 Cuadro Comparativo

En los siguientes cuadros se muestran algunas ventajas y desventajas de las alternativas de construcción de muros de Contención, tomando como alternativas: el método tradicional con Concreto (Concreto Ciclópeo, Concreto Simple y Concreto Armado), usando el sistema suelo - geomallas y finalmente la alternativa planteada en este informe "Muros de Contención de Suelo Reforzados con Geotextiles".

Tipo de Muro	Ventajas	Desventajas
Muro de Concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede alcanzar alturas de construcción de hasta 10m en los casos de muros de concreto armado. • Se usan los métodos tradicionales de construcción, para lo cual los maestros de obras tiene experiencia. • Los muros de concreto pueden adquirir diversas formas de acuerdo al encofrado necesiéndose personal calificado. • Resisten esfuerzos de tracción al emplear el sistema concreto - acero, con armaduras de fierro. • Se le pueden dar diversos acabados a la fachada del muro necesiéndose personal especializado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requieren de una buena base de cimentación. • Antieconómicos en alturas muy grandes (mayores de 10m) ya que requieren de encofrados especiales. • Requieren de cantidades importantes de agregados seleccionados, además de tiempos de curado de 28 días. • Los muros de concreto ciclópeo no soportan esfuerzos de flexión importantes. • La generación de residuos es importantes: madera, agregados, etc dependiendo de los volúmenes trabajados.

Tabla 5.1. (a) Cuadro comparativo de ventajas y desventajas constructivas de las alternativas de Muro de Contención - Muros de Concreto

Tipo de Muro	Ventajas	Desventajas
Muro con Geomalla	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede alcanzar grandes alturas de construcción, el relleno se realiza con maquinas o manual. • Se puede usar el material de la zona si los ensayos indican que cumple las características apropiadas (arenas y mat. gruesos.). • Para la construcción no se requiere de personal especializado. • Son económicos en comparación con el método tradicional. • Se le pueden dar diversas formas a la fachada del muro: curvas, rectas, etc. • Se pueden reemplazar bloques de concreto si se dañan durante y acabada la construcción. • Alcanzan grandes periodos de vida útil siguiendo los cuidados en la construcción. • No generan cantidades considerables de residuos por lo que no afectan el medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • La dimensión de la base es aproximadamente el 80% de la altura por lo que habría que considerar los espacios disponibles. • Se debe proteger adecuadamente la geomalla contra la intemperie y el vandalismo. • Supervisar continuamente la colocación y tratamiento de la geomalla y relleno.

Tabla 5.1. (b) Cuadro comparativo de ventajas y desventajas constructivas de las alternativas de Muro de Contención - Muros con Geomalla

Tipo de Muro	Ventajas	Desventajas
Muro con Geotextil	<ul style="list-style-type: none"> · Se puede alcanzar grandes alturas de construcción, construyéndose rampas para el personal o las maquinarias. · Se puede usar el material de la zona si los ensayos indican que cumple las características apropiadas. · Para la construcción no se requiere de personal especializado. · Son económicos en comparación con el método tradicional. · Alcanzan grandes periodos de vida siguiendo un adecuado proceso constructivo y control de materiales. · No generan cantidades considerables de residuos por lo que no afectan el medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> · La dimensión de la base es aproximadamente el 80% de la altura por lo que habría que considerar los espacios disponibles. · Se debe proteger adecuadamente el geotextil contra la intemperie y el vandalismo. · Supervisar continuamente la colocación y tratamiento del geotextil y relleno.

Tabla 5.1. (c) Cuadro comparativo de ventajas y desventajas constructivas de las alternativas de Muro de Contención - Muros con Geotextil

CONCLUSIONES

1. Los Muros de Contención de Suelo Reforzado con Geotextiles, son alternativas económicas en comparación a métodos tradicionales de muros de contención de concreto ya que abarata los costos en la compra de cemento, agregados, encofrados, equipos de mezclado y vibración y mano de obra calificada.
2. No se debe pensar que al ser un trabajo que no requiere mano de obra calificada, no debe tener dirección técnica permanente. Al ser una estructura compuesta de suelo - geotextil, se debe chequear continuamente la correcta compactación del suelo y la colocación del geotextil de acuerdo a los planos respectivos e indicaciones del fabricante.
3. Durante la construcción del Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geotextiles, el principal insumo usado es el material de relleno por lo que debe tenerse especial cuidado y prevención en el ejercicio de la vida práctica, el estudio de las canteras de donde obtener un material adecuado que garantice la funcionabilidad de este tipo de estructura. En el caso del proyecto solo se realizó un primer módulo en función de las posibilidades económicas del grupo.
4. Este tipo de estructuras se pueden realizar de manera manual y/o usando maquinaria pesada dependiendo de los volúmenes de material a movilizar, el plazo de obra y la disponibilidad de terreno para el desplazamiento; siendo los rendimientos los mismos que cualquier otro tipo de obra.
5. Es importante el asesoramiento continuo de los proveedores al momento de escoger esta alternativa de contención, para obtener resultados satisfactorios hasta obtener cierto grado de experiencia que nos permita llevarla a cabo. Este proyecto fue el primer trabajo con este tipo de materiales de la mayoría de integrantes del curso por lo cual se presentaron algunas deficiencias en su ejecución.

RECOMENDACIONES

1. Al ser la construcción de los Muros de Contención de Suelo Reforzado con Geotextiles un proceso repetitivo, se recomienda inculcar los procedimientos constructivos a los trabajadores, a fin de optimizar los rendimientos ya que son labores sencillas y cotidianas en las partidas que conforman este proyecto.
2. Se recomienda realizar los ensayos de compactación respectivos en cada capa de relleno compactado, a fin de comprobar que se alcance la **Máxima** Densidad Seca obtenida en los estudios geotécnicos.
3. Evitar que el geotextil sufra daños durante la instalación como rasgaduras, agujeros, etc. reparándolo si ocurriera, al ser este elemento el que en conjunto con el suelo forman el sistema suelo - geotextil diseñado para resistir los esfuerzos de tensión originados.
4. El uso de encofrados removibles para la conformación del muro reduce los costos de manera sustancial pero al tomar altura la construcción es recomendable apuntalar los encofrados a fin de garantizar un correcto acabado y verticabilidad del muro.
5. Se recomienda ayudarse con pisonos manuales para compactar las esquinas y bordes del muro, en vista que el uso de planchas compactadoras no permite la correcta compactación por el encofrado del muro pudiéndose presentar desprendimientos al retirar el encofrado y daños en el geotextil.
6. Al realizar los trabajos tomar en cuenta todas las medidas de seguridad necesarias, como el uso de Epp's, materiales y herramientas en buen estado a fin de evitar accidentes lamentables como una mejora en el proceso constructivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACI - Capitulo de Estudiantes de la UNI, "Supervisión de Obras de Concreto", Primera Edición, ACI, 2000.
2. Bowles J.E., Foundation análisis and design, Fifth Edition, 1996
3. Coduto, Donald P., "FOUNDATION DESIGN. Principles and practices" Second and Practices Prentice - Hall, 2001
4. Department of the Army and the Air Force, Technical Manual: Engineering use of Geotextiles, 1995
5. Harmsen, Teodoro E - Mayorca, J. Paola, "Diseño de Estructuras de Concreto Armado", Segunda Edición, Fondo Editorial PUCP, 2000.
6. PAVCO SA, Manual de Diseño PAVCO SA - Séptima edición, Norte Gráfico, 2006

ANEXOS

A.1. PANEL FOTOGRAFICO

A.2. HOJA TECNICA DEL GEOTEXTIL

A.3. PLANOS

A.1. PANEL FOTOGRAFICO

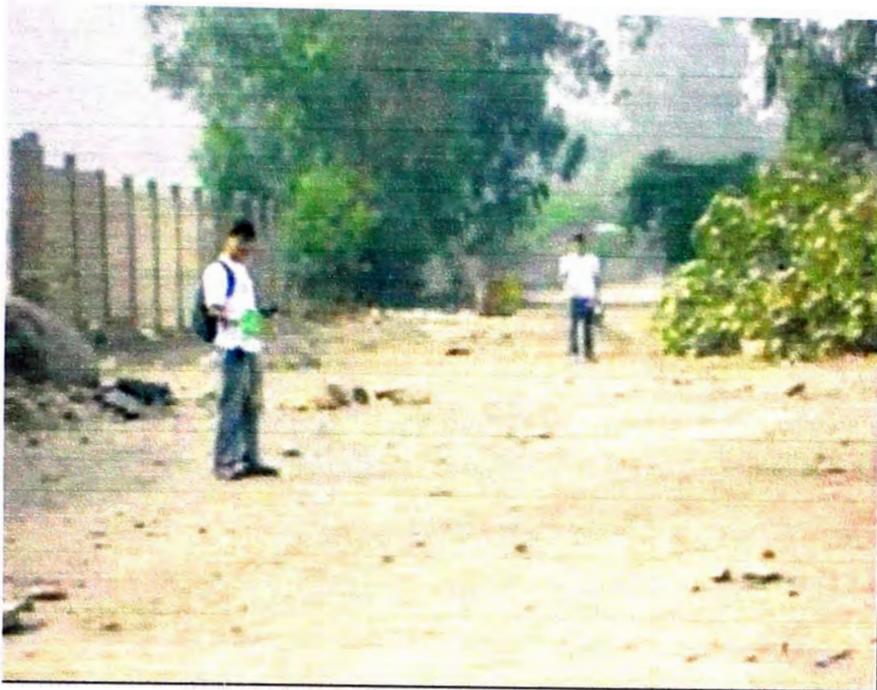


Foto A.1. (1) Realizando el levantamiento preliminar de la zona de trabajo



Foto A.1. (2) Excavación cercana al área de trabajo donde se observa la calidad del material de fundación.



Foto A 1. (3) Excavación de calicatas cercanas al área de trabajo por miembros de otro proyecto.



Foto A.1. (4) Limpieza del terreno para realizar los trazos y replanteos preliminares.



Foto A.1. (5) Relleno y compactación de base de nivelación con material de préstamo para alcanzar el 90% de la MDS.



Foto A.1. (6) Habilitación, transporte y corte de geotextil tejido según diseño.



Foto A.1. (7) Formaletas de fierro removibles para realización de encofrado de muro.



Foto A.1. (8) Detalle del encofrado, solo se realiza por capas de 50 cm. e ira subiendo conforme aumente la altura del muro (encofrado removible).



Foto A. 1. (9) Colocación del geotextil tejido de acuerdo a las características del diseño presentado.



Foto A.1. (10) Primera etapa de colocación del geotextil, se realizara el traslape de 30 cm. en los bordes.



Foto A.1. (11) Relleno, extendido y compactación de 1ra capa de 25 cm. del 1er nivel del muro, se realizara en 2 etapas por el espesor del nivel.

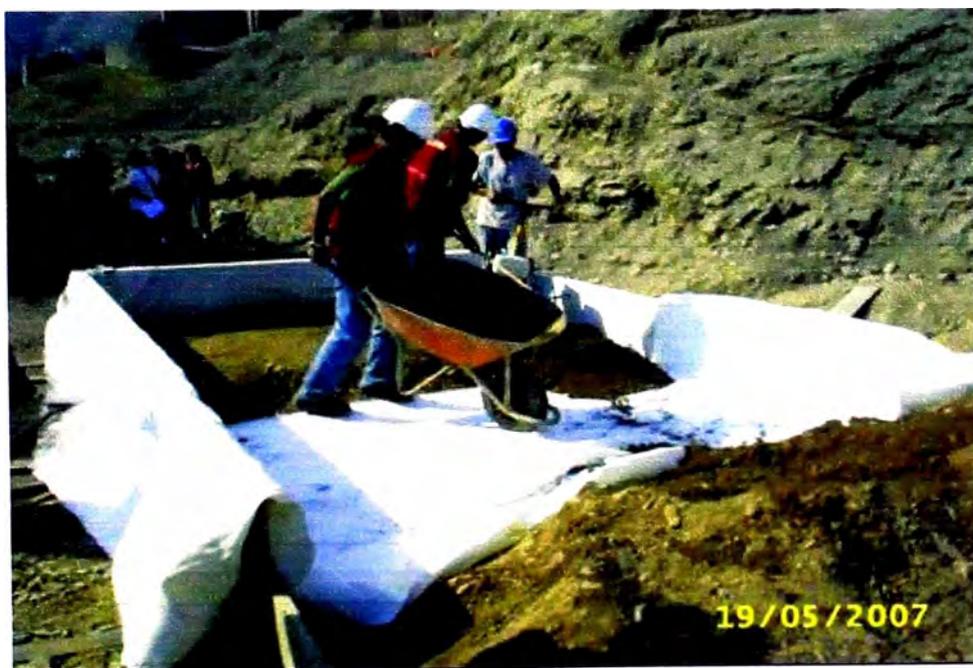


Foto A.1. (12) Acarreo y traslado del material de relleno de manera manual.



Foto A 1. (13) Detalle de la primera compactada de material, las esquinas y los bordes se compactan de manera manual con ayuda de pisones.

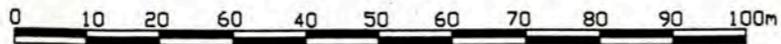
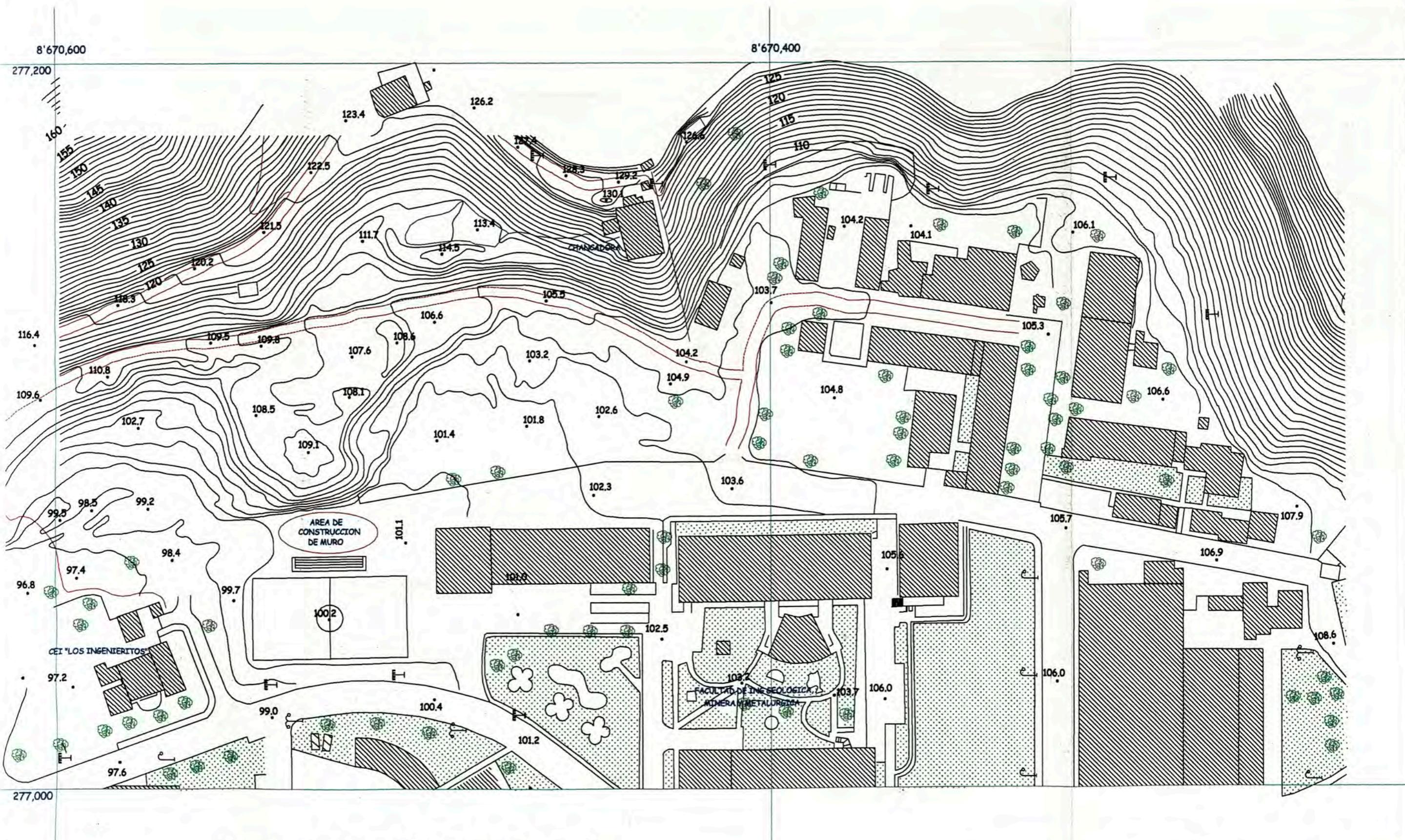


Foto A.1. (14) Vista del muro reforzado, se observa la falta de una mejor compactación en las esquinas.

A.2. HOJA TECNICA DEL GEOTEXTIL

Geotextiles				Hoja Técnica valores VMPR			
FORTEX							
	DESCRIPCION	NORMA	UNIDAD	BX30	BX40	BX60	BX90
PROPIEDADES MECANICAS	Resistencia - (deformacion) a la tension metodo Grab (MD)1	ASTM D 4632	N-{%	1380 · (35.6)	1460- (18.0)	2545 - (14.5)	3380- (14.5)
	Resistencia - {deformacion) a la tension metodo Grab (TD)2			1350- (30.4)	1480 - (16.2)	2595 - (14.0)	3450 - (14.0)
	Resistencia al punzonamiento	ASTM D 4833	N	420	510	765	1025
	Resistencia al rasgado trapezoidal (MD)1	ASTM D 4533	N	450	550	720	1070
	(TD)2			450	540	645	1060
	Resistencia al estallido Mullen Burst	ASTM D 3786	KPa	3920	4343	5660	>9000
	Metodo de la tira ancha						
	Resistencia (elongacion) MD			32.6 -(260)	40.8- (13.1)	79.7 - (11.8)	106.3- (13.0)
	Resistencia (elongacion) TD	ASTM D 4595	KN/m-{%	31.9 - (25.9)	41.3- (12.9)	80.5 - (11.3)	113.6- (12.1)
	Resistencia @ 2% deformacion (MDFTD)			NA(4)	7.8/9.5	12.9/12.0	17.3/17.2
Resistencia @ 5% deformacion (MDFTD)			NA(4)	11.5/13.2	21.9/18.0	29.8/29.9	
PROP. HIDRAULICAS	Tamano de abertura aparente	ASTM D 4751	mm	0,21	0,43	0,43	0,43
	Permeabilidad		cm/s	0,06	0,06	0,23	0,21
	Permitividad	ASTM D 4491	s-1	0,62	0,79	3,16	2,04
	Tasa de flujo		lVmln/m2	1879	2390		2600
PROP. FISICAS	Tipo de polímero			PET	PET	PET	PET
	Resistencia a altas temperaturas (punto de ablandamiento)	ASTM D 276	°C	240	240	240	240
	Resistencia a UV (% retencion a 500 horas)	ASTM D 4355	%	75	75	80	80
PRESENTACION (ROLLO)	ancho x largo		m	3.50 X 120			
	{area}		m2	(420)			
	ancho x largo	medido	m	3.85 X 120	3.80 X 120	3.85 X 120	3.85 X 120
	{area}		m2	(462)	(456)	(462)	(462)
	ancho x largo		m	6.14x80	6.14 X81	6.20 X80	6.20 X80
	{area}		m2	(491)	(491)	(496)	(496)
FUNCION DEL GEOTEXTIL	Proteccion						
	Filtro	INVar16702 AASHTO M 288					
	Separacion	INVar1674-02 AASHTO M 288					
	Estabilizacion	INVar1676-02 AASHTO M 288					
	Refuerzo						

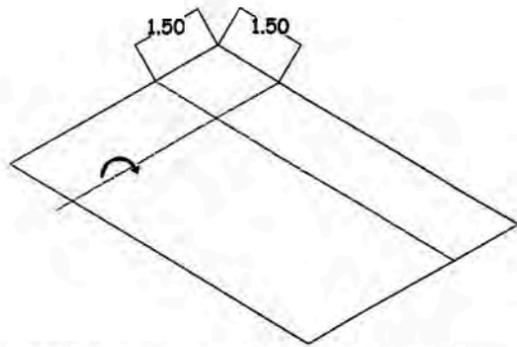
A.3. PLANOS



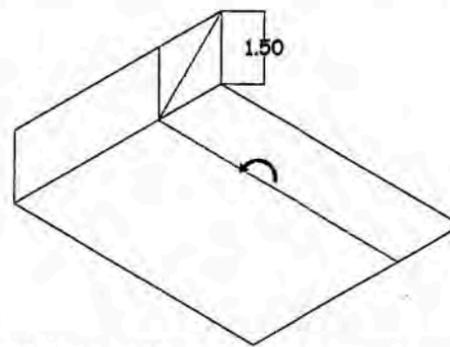
SISTEMA DE REFERENCIA MUNDIAL WGS 84
 CUADRILLADO CADA 200 mts. ZONA 18 UTM
 DATUM VERTICAL NIVEL MEDIO DEL MAR
 DATUM HORIZONTAL WGS 84

CLIENTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		PROYECTO: MUROS DE CONTENCIÓN DE SUELO REFORZADO CON GEOTEXTIL	
FECHA PRESENTACION: 31/05/2007	FIRMA :	TITULO: PLANO DE UBICACION DEL PROYECTO	
FECHA APROBACION:		ESCALA: S/E	PLANO : UBI-01
REVISADO POR: Percy E. BALOIS REYES			

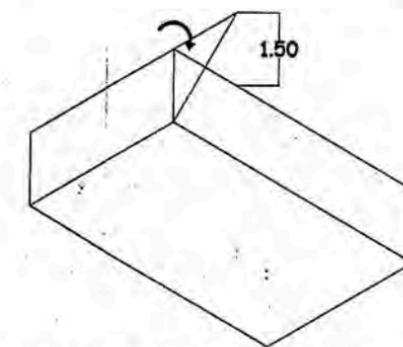
DETALLES DOBLEZ GEOTEXTIL EN ESQUINA



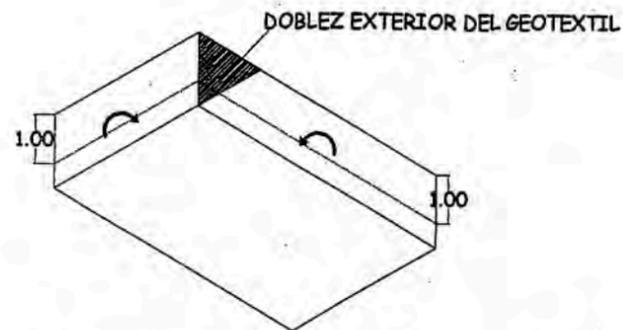
PASO 1 : Se extiende el geotextil , se dobla un lado considerando un dobléz de 1.5m.



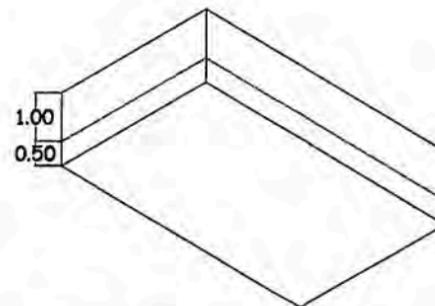
PASO 2 : Se dobla el otro lado, igual considerando 1.5m de dobléz.



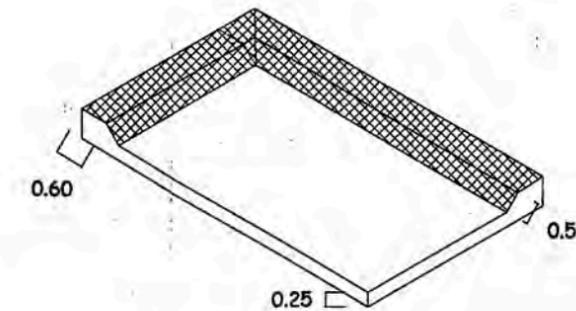
PASO 3 : Se rota el dobléz en esquina



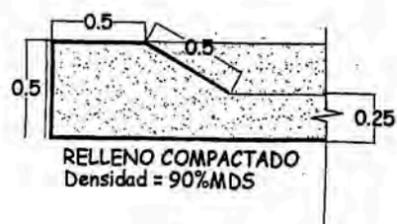
PASO 4 : Se fija el lado en esquina con grapas hacia un lado la fijación es solo provisional , la fijación final será con el material de relleno.



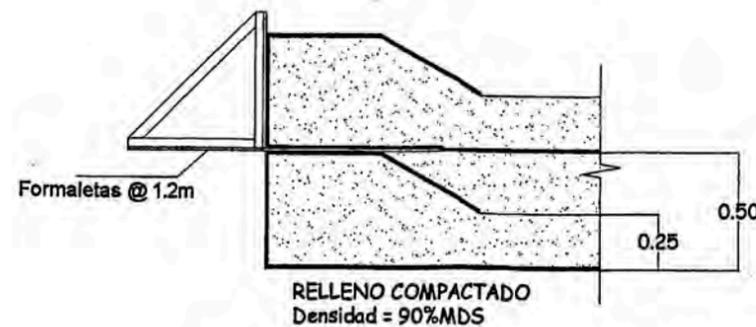
PASO 5 : Se dobla el geotextil , pero esta vez 1m, ya que 0.5m es el espesor de la capa de relleno



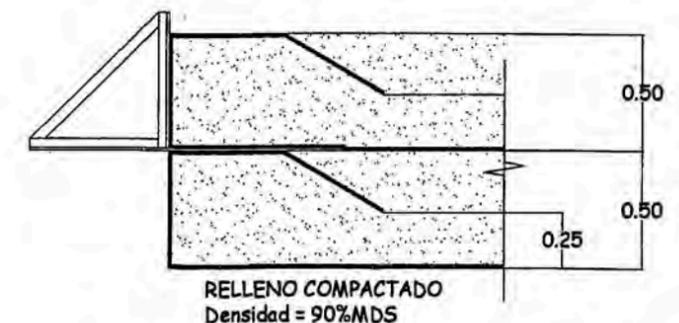
PASO 6 : Se dobla el geotextil en la forma que se muestra previamente se debe de haber colocado y compactado el material de relleno (2 capas @ 0.25m).



PASO 7 : Se termina de compactar para llegar al espesor final



PASO 8 : Se repite el procedimiento de los pasos 1 al 7 para la segunda capa



PASO 9 : Se termina de completar la segunda capa de relleno

CLIENTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		PROYECTO: MUROS DE CONTENCION DE SUELO REFORZADO CON GEOTEXTIL	
FECHA PRESENTACION: 15/04/2007	FIRMA :	TITULO: ENCUENTRO - DOBLEZ GEOTEXTIL	
FECHA APROBACION:		ESCALA: S/E	PLANO : DIS-04
REVISADO POR: Percy E. BALOIS REYES			