

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



**MUROS DE CONTENCIÓN DE SUELO REFORZADO CON
GEOTEXTIL
TECNOLOGÍA DEL MATERIAL**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

KARLAYNE PAMELA DE FÁTIMA POMALÍA ABANTO

Lima- Perú

2007

Dedicatoria

Este Informe de Suficiencia para obtener el Título Profesional, está dedicado en primer lugar, a la persona que es mi gran ejemplo para toda la vida, el que me aconsejó el seguir esta carrera y el que ahora me acompaña desde el cielo. Abuelito!! Al fin lo logré!!!

En segundo lugar, no porque sea menos importante, se lo dedico a la luz de mis ojos, mi pequeñita Arianna Kamila, que con su sonrisa diaria me dió fuerzas para avanzar día a día.

Como no mencionar a los que hicieron en mi la mujer que soy: Mis padres, por su incondicional apoyo en todo este largo trayecto, nos costó pero juntos lo logramos!

Y por último no porque me acordé al final, sino porque llegaste a mi vida en el último tramo, justo cuando más te necesitaba: Mi compañero de cuarto, de casa, de corazón y de la vida entera, Mi esposo.

INDICE

RESUMEN	3
Lista de Figuras	4
Lista de Tablas	7
INTRODUCCIÓN	8
Capítulo 1.- Descripción General	
1.1 Muro de Suelo Reforzado	10
1.2 Usos y Limitaciones	14
1.3 Evolución del Muro de Suelo Reforzado	16
1.4 Ejemplos de Casos en el Perú	18
Capítulo 2.- Geosintéticos: El Geotextil	
2.1 Antecedentes de los Geosintéticos	21
2.2 Definición de Geosintéticos y Geotextil	22
2.3 Clasificación del Geotextil	27
2.4 Fabricación del Geotextil	35
2.5 Funciones y Campos de Aplicación del Geotextil	40
2.6 Propiedades y Normas de Ensayos del Geotextil	48
Capítulo 3.- Consideraciones al Seleccionar un Geotextil	
3.1 Metodologías de Diseño de Muros	59
3.2 Consideraciones Básicas y Parámetros de diseño.	63
3.3 Programas de Diseños	70
Capítulo 4.- Especificaciones y Procedimientos de Instalación	
4.1 Especificaciones Técnicas del Geotextil	71
4.2 Procedimiento de Instalación	72
4.3 Recomendaciones	79
Capítulo 5.- Evaluación de Alternativas	
5.1 Proveedores	80
5.2 Ventajas y Desventajas en la utilización de los Geosintéticos	

de los diferentes proveedores	84
5.3 Resultados del análisis comparativo con la Aplicación en Muros de Suelos Reforzados	88
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	92
Bibliografía	94
Anexo 1: Tablas de Especificaciones Técnicas según las Normas AASHTO – M288 – 96	95
Anexo 2: Especificaciones Técnicas de los Diferentes Proveedores	103
Anexo 3: Diseño y Planos del Proyecto Grupal	113
Anexo 4: Panel Fotográfico del Proyecto Grupal	120

RESUMEN

En la construcción de las diferentes obras civiles se hace la adecuación de terrenos y se ha encontrado muchas veces con suelos que necesitan ser reforzados, ya sea por su estado o por la aplicación que se le dará, esto genera la necesidad de la construcción de Muros de Suelo Reforzado.

Los muros de contención de suelos reforzados han existido y existirán siempre, uno como ingeniero debe buscar ahorro en tiempo y dinero, nuevas tecnologías y facilidades para realizar la construcción y que este cumpla con los fines para los cuales ha sido diseñado. De esto nace la idea de emplear suelo reforzado con geotextiles, alternativa que resulta cómoda en varios aspectos, respecto a las demás, pero que como todo se debe tomar en cuenta sus consecuencias e implicancias que trae consigo.

La utilización de los Geotextiles como Geosintéticos es un desafío para todos aquellos proveedores y para los ingenieros civiles que estamos comprometidos con la mejora de la calidad de vida de nuestra sociedad.

Buscando aportar a la satisfacción de estas necesidades, es que se realiza este Informe de Suficiencia ya que éste dá a conocer la Tecnología del material: Geotextil y su aplicación en Muros de Suelo Reforzado.

En forma paralela se ha desarrollado un Proyecto que consiste en el Diseño y Construcción de Muros de Suelos Reforzados con Geotextiles; en el cual nos hemos apoyado y lo hemos adjuntado como parte de anexos.

Finalmente se llega a la conclusión que el geotextil como elemento de refuerzo para los muros de suelos reforzados es una de las mejores alternativas de solución a nivel de construcción, costos y tiempo de ejecución ya que permite desarrollar y promover una nueva tecnología en el campo de la construcción.

LISTADO DE FIGURAS

- Figura N° 1.1** Principio básico del comportamiento de un suelo reforzado
- Figura N° 1.2** Esquema de Elementos de Refuerzo
- Figura N° 1.3** Muro de Contención
- Figura N° 1.4** Talud de alta pendiente
- Figura N° 1.5** Ampliación de la calzada
- Figura N° 1.6** Superficie de deslizamiento en suelos inestables
- Figura N° 1.7** Ejemplo de Paso a Desnivel
- Figura N° 1.8** Ejemplo de Muro de Contención
- Figura N° 1.9** Ejemplo de Muro de Contención
- Figura N° 1.10** Ejemplo de Muro de Contención
- Figura N° 2.1** Muestra de geotextiles
- Figura N° 2.2** Muestra de geomallas
- Figura N° 2.3** Muestra de georedes o geoceldas
- Figura N° 2.4** Muestra de geomembranas
- Figura N° 2.5** Muestra de colocación de GCL
- Figura N° 2.6** Muestra de geotubos
- Figura N° 2.7** Muestra de geocompuestos
- Figura N° 2.8** Tipos de Fibras utilizados en la construcción de geotextiles
- Figura N° 2.9** Vista microscópicas de algunos tipos de geotextiles tejidos y no tejidos
- Figura N° 2.10** Clasificación del Geotextil
- Figura N° 2.11** Entramado de fibras de un geotextil tejido
- Figura N° 2.12** Fibras discontinuas de un geotextil no tejido
- Figura N° 2.13** Funcionamiento básico de un telar para la fabricación de geotextiles tejidos
- Figura N° 2.14** Diagrama del Proceso de Unión por rotación para fabricar geotextiles no tejidos
- Figura N° 2.15** Fabricación de geotextiles no tejidos punzonados por agujas
- Figura N° 2.16** Función de Separación del Geotextil
- Figura N° 2.17** Función de Refuerzo del Geotextil
- Figura N° 2.18** Función de Filtro del Geotextil

- Figura N° 2.19** Función de Protección que realiza el geotextil para cubrir la geomembrana
- Figura N° 2.20** Pavimento con Geotextil
- Figura N° 2.21** Pavimento con Geotextil
- Figura N° 2.22** Poza de relaves con geotextil y membrana
- Figura N° 2.23** Poza de relaves con geotextil y membrana
- Figura N° 2.24** Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geotextil
- Figura N° 2.25** Equipo con el que se obtiene el espesor del geotextil
- Figura N° 2.26** Diferentes Especímenes de Ensayo de tensión usados para obtener las propiedades de resistencia del geotextil
- Figura N° 2.27** Comportamiento de Campo de costuras de Geotextil
- Figura N° 2.28** Mecanismo del Punzonado
- Figura N° 2.29** Resistencia al Razgado Trapezoidal
- Figura N° 2.30** Equipo para el Ensayo de Permeabilidad
- Figura N° 2.31** Equipo para el Ensayo de Tamaño de Abertura Aparente
- Figura N° 3.1** Relaciones relativas de diferentes valores usados en la especificación de los Geotextiles y la literatura de los fabricantes
- Figura N° 3.2** Esquema de las longitudes en un Muro de Suelo Reforzado
- Figura N° 3.3** Esquema de la longitud de empotramiento
- Figura N° 4.1** Zona de Trabajo del Proyecto Grupal
- Figura N° 4.2** Trazo de la Zona de Trabajo
- Figura N° 4.3** Calicatas de la Zona de Trabajo
- Figura N° 4.4** Buzamiento de la Zona de Trabajo
- Figura N° 4.5** Colocación del Encofrado
- Figura N° 4.6** Colocación de la primera capa de geotextil
- Figura N° 4.7** Colocación del Encofrado y del Geotextil en el proyecto Grupal
- Figura N° 4.8** Vista del traslape
- Figura N° 4.9** Relleno y Compactación de la 1era capa
- Figura N° 4.10** Colocación de un montículo de relleno
- Figura N° 4.11** Colocación de un montículo de relleno
- Figura N° 4.12** Colocación del doblez del geotextil sobre el montículo de relleno
- Figura N° 4.13** Reutilización del encofrado
- Figura N° 4.14** Finalización del Proyecto Grupal
- Figura N° 4.15** Sistema de Drenaje y Sub-drenaje
- Figura N° 5.1** Sistema Terramesh

- Figura N° 5.2** Curva Esfuerzo – Deformación, Geosintéticos de Poliéster
- Figura N° 5.3** Sistema de Muro de Contención con Geomalla
- Figura N° 5.4** Sistema de Muro de Contención con Terramesh
- Figura N° 5.5** Sistema de Muro de Contención con Geotextil

LISTADO DE TABLAS

Tabla N° 1.1	Ventajas y Desventajas de los diferentes tipos de refuerzos
Tabla N° 2.1	Los geosintéticos y sus funciones
Tabla N° 2.2	Polímeros utilizados en la fabricación de los geosintéticos
Tabla N° 3.1	Factores de seguridad para la Estabilidad Externa e Interna
Tabla N° 3.2	Valores recomendados de la longitud de empotramiento
Tabla N° 3.3	Valores recomendados de los Factores de Reducción

INTRODUCCIÓN

Las estructuras de contención en suelo mecánicamente estabilizado con geosintéticos han sido utilizadas a nivel mundial desde inicios de los 80. Durante mucho tiempo, estas estructuras fueron construidas casi exclusivamente en concreto y diseñadas como muros de gravedad o como muros pantalla, las cuales por su alta rigidez no toleran asentamientos diferenciales, requiriendo así de cimentaciones profundas, que, para alturas importantes y suelos de baja capacidad portante, resultan de un elevado costo. De todo esto y más hablaremos en el Capítulo 1 donde realizamos una breve descripción general del concepto, evolución y aplicación de Muros de Contención de Suelo Reforzado.

Estas estructuras de contención son reforzadas con diferentes materiales, en el Capítulo 2 mostraremos la tecnología del material del Geotextil, como aplicación de refuerzo en un muro de contención de suelo reforzado. La colocación de geosintéticos de refuerzo en una masa de suelo, mejora significativamente la resistencia de la masa, al punto de poder construir sistemas de contención con taludes verticales auto soportados.

El área de los geotextiles es un campo excitante y de rápido crecimiento, con nuevos usos desarrollándose a diario. Como tal, hay diferentes aplicaciones posibles y un número aún mayor de geotextiles para escoger.

Debido a la amplia gama de aplicaciones y a la tremenda variedad de los geotextiles disponibles, con propiedades ampliamente diferentes, la selección de un método o filosofía de diseño en particular, es una decisión crítica que se debe tomar antes de iniciar el proceso de diseño y esto lo reflejaremos en el Capítulo 3 donde hablamos de metodologías y consideraciones básicas para el diseño de un muro de suelo reforzado con geotextil, También encontraremos en el Anexo 3, todo los cálculos realizados en excel del ejemplo desarrollado en el Proyecto Grupal, con estos cálculos del diseño pudimos realizar los Planos de construcción que también se adjunta en el Anexo 4.

El diseño de muro de suelo reforzado no sólo es la parte más importante sino también el procedimiento de construcción del muro de contención de suelo reforzado y el procedimiento de instalación del geotextil en él, por ello se ha desarrollado el Capítulo 4, donde hablamos de las Especificaciones que están normadas y son consideradas en la elaboración del diseño (éstas a su vez las podemos encontrar en el Anexo 1) y el procedimiento de construcción del muro.

Finalmente en el Capítulo 5 se ha evaluado las alternativas de tres importante proveedores que suministran materiales geosintéticos para la aplicación en muros de contención de suelos reforzados. Entre ellos están: Pavco – Amanco, Maccaferri, y Andex del Norte que a su vez lo provee Lafayette. Se ha analizado las ventajas y desventajas en tres formas diferentes de reforzar los suelos utilizando diferentes materiales de las tres empresas antes mencionadas, y con esos resultados se trato de obtener la mejor solución para la utilización de cada material de acuerdo a los requerimientos solicitados.

CAPITULO I DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1 Muro de Suelo Reforzado

Los "Muros de contención de Suelo Reforzado" son estructuras constituidas por suelo compactado y elementos de refuerzo resistentes a la tracción, los cuales juntos forman un bloque de suelo homogéneo que trabaja como una estructura global capaz de retener, estabilizar taludes y absorber las tensiones generadas por el macizo y cargas adyacentes.

Los suelos poseen en general elevada resistencia a esfuerzos de compresión, pero baja resistencia a esfuerzos de tracción. Cuando una masa de suelo es cargada verticalmente, la misma sufre deformaciones verticales de acortamiento y deformaciones laterales de elongación. Con todo lo mencionado, si la masa de suelo estuviera reforzada, los movimientos laterales serían limitados por la rigidez del refuerzo. Esta restricción de deformaciones es obtenida gracias a la resistencia a tracción de los refuerzos en sí. La *figura N° 1.1* muestra el principio básico del comportamiento de un suelo reforzado

El concepto moderno de suelo reforzado es una asociación de tierra y elementos lineales capaces de soportar fuerzas de tracción importantes. El refuerzo con tales elementos da al conjunto, gracias a la interacción mecánica, una resistencia a la tracción de la que el suelo carece en sí mismo, con la ventaja adicional de la mayor flexibilidad del sistema que permite soportar mayores asentamientos diferenciales.

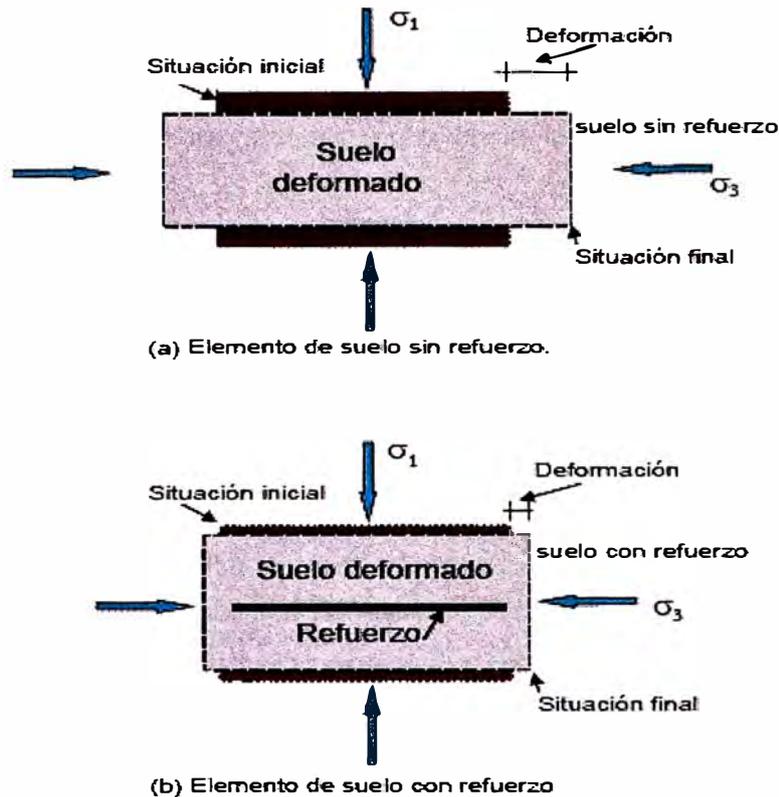


Figura N° 1.1

Principio básico del comportamiento de un suelo reforzado

1.1.1 Tipos de los sistemas de Muros de Suelo Reforzado:

❖ Por la geometría del Refuerzo:

Lineal Unidireccional: tiras, Incluyendo tiras metálicas lisas y rugosas o tiras de geosintéticos recubiertas.

Compuesta unidireccional: Mallas o barras entrelazadas caracterizadas por su espaciamiento mayores que 150 mm.

Plana bidireccional: Láminas continuas de geosintéticos, mallas de alambre soldado y mallas de alambre tejido. La malla es caracterizada por elementos espaciados menos de 150 mm.

❖ Por el material del Refuerzo.

Refuerzo metálico: típicamente de acero dulce. el acero es usualmente galvanizado.

Refuerzo no metálico: Generalmente de polímeros, consistentes en Polipropileno, Polietileno y Poliéster.

El cumplimiento y durabilidad de estos dos tipos varía considerablemente.

❖ Extensibilidad del Refuerzo.

Inextensible: la deformación del refuerzo en la falla es mucho menor que la deformación del suelo.

Extensible: la deformación del refuerzo en la falla es comparable o mayor que la deformación del suelo.

Estas características son importantes momento de seleccionar el tipo de refuerzo en función a la deformabilidad del suelo natural.

1.1.2 Elementos de Refuerzo

Los refuerzos pueden construirse con materiales capaces de desarrollar tracción y que permitan la fricción entre el elemento y el suelo.

Por ejemplo: Desde la antigüedad, se han colocado materiales naturales como pieles de animales, o fibras vegetales sobre los suelos blandos o incrustados dentro de éstos con el objetivo de construir estructuras de suelo reforzado. En las vías de las civilizaciones Romanas se han encontrado vestigios de telas, tiras metálicas 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. En la *figura N° 1.2*, podremos observar los tipos de elementos de refuerzo más utilizados. Y en la *Tabla N° 1.1* se encontrarán las ventajas y desventajas de los diversos tipos de refuerzo.

El geotextil junto con el suelo conforma un material compuesto más resistente y menos deformable que el suelo solo. La combinación de las propiedades de los materiales y la interacción entre ellas puede resultar un material con propiedades de ingeniería suficientes para un buen desempeño en diversos tipos de obras: muros en suelo reforzado, taludes reforzados, terraplenes sobre suelos blandos, sistemas de subdrenaje entre otros.

Recientemente se han introducido en el mercado las geomallas que son mallas poliméricas o metálicas con una forma determinada, en dos direcciones, en el cual se incluye el efecto de fricción y además, el efecto de

agarre dentro del suelo. En ocasiones las geomallas llevan varillas para ayudar a la resistencia de arrancamiento de la malla. Generalmente, las geomallas tienen mayor resistencia al arrancamiento que los geotextiles.

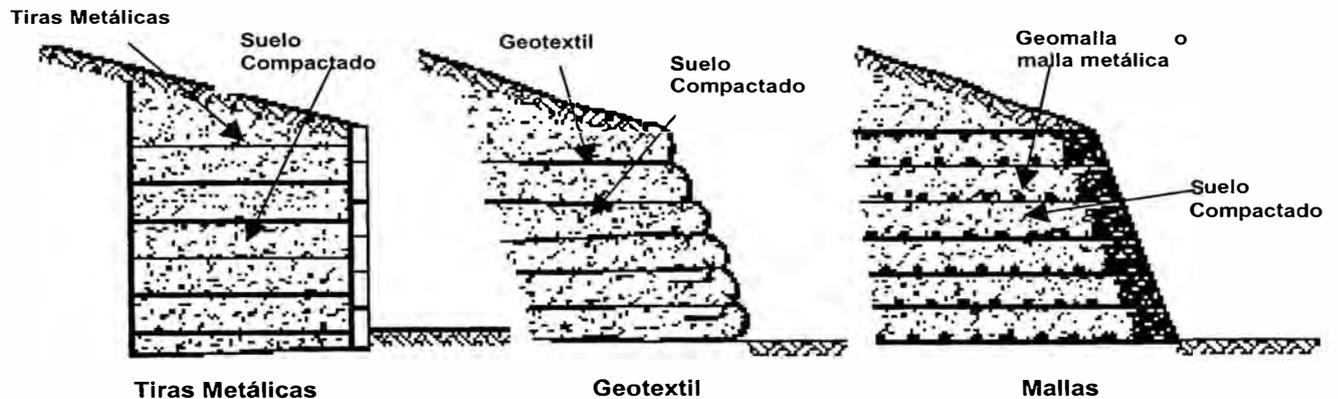


Figura N° 1.2
Esquema de Elementos de Refuerzo

1.1.3 Material de Relleno Reforzado

El material de relleno debe ser un material capaz de desarrollar fricción y no debe contener materiales orgánicos o perecederos como vegetación o residuos indeseados. Comúnmente se utiliza relleno granular pero cuando no se dispone de materiales de grava o arena se utiliza arcilla o suelos residuales, en estos casos se debe tener especial cuidado, teniendo en cuenta, la importante reducción de capacidad al arrancamiento en los suelos arcillosos, cuando son saturados. En ocasiones se utiliza piedra triturada. En este caso debe tenerse cuidado de que el refuerzo sea de un grosor suficiente que impida su rotura, causada por los bordes angulosos del triturado.

El material debe compactarse a una densidad tal que garantice la estabilidad del relleno en cuanto a resistencia y compresibilidad. Comúnmente se exigen densidades superiores al 95% de la densidad máxima Proctor modificado.

El proceso de compactación debe realizarse teniendo cuidado de no romper o deteriorar los elementos de refuerzo. Debe impedirse que los vehículos tales como volquetes pasen por encima del refuerzo, antes de colocar el relleno.

El relleno cerca de la pared debe compactarse utilizando un equipo liviano, bien sea un rodillo pequeño vibratorio, una placa vibratoria de peso no mayor a mil kilos o un vibro tamper. A distancias superiores a 1.5 metros de la pared puede utilizarse equipo pesado.

1.2 Usos y Limitaciones

1.2.1 Usos

- ❖ Pasos a desnivel (Ver Figura N° 1.7)
- ❖ Muros de Contención

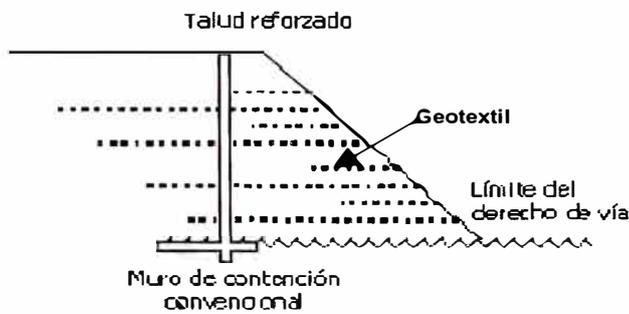


Figura N° 1.3
Muro de Contención

- ❖ Taludes de alta pendiente y de altura importante.

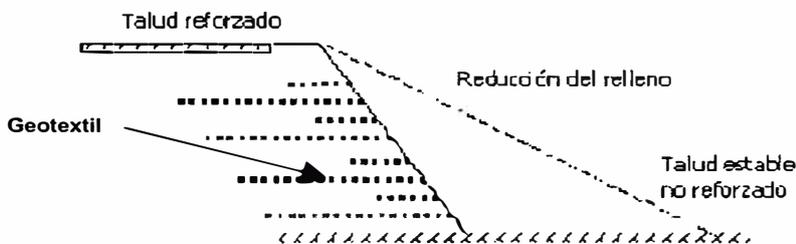


Figura N° 1.4
Talud de alta pendiente

- ❖ Ampliar la calzada al borde de un precipicio.

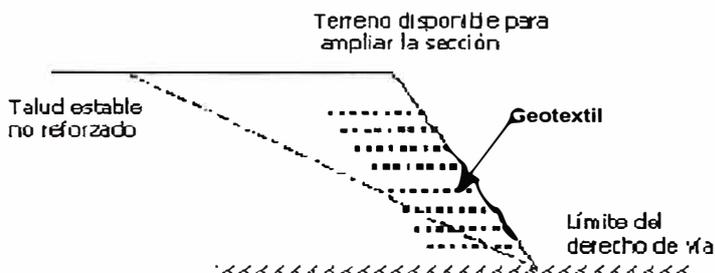


Figura N° 1.5
Ampliación de la calzada

❖ Estructuras grandes en suelos blandos e inestables.

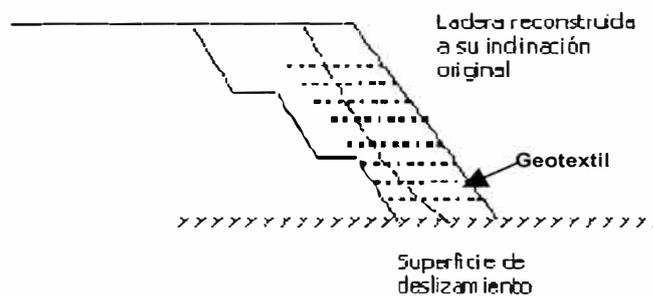


Figura N° 1.6
Superficie de deslizamiento en
suelos inestables

1.2.2 Ventajas

- Son fáciles de construir, por lo que no necesita mano calificada para su procedimiento constructivo.
- Utilizan el suelo como su principal componente. Ofrece gran ventaja económica cuando el material de relleno se encuentra en la zona de trabajo.
- Otorga ahorros en volumen de material y menor área para la construcción.
- Puede adaptarse fácilmente a la topografía. El conjunto del suelo con el geotextil como refuerzo, vuelven al muro flexible y versátil.
- Tolera asentamientos diferenciales y grandes.
- Puede utilizar un encofrado removible, que significa que para cada capa se puede utilizar el mismo, lo cual abarata los costos.
- Puede demolerse o repararse fácilmente.
- Poseen gran durabilidad debido a la larga vida útil del geotextil.

1.2.3 Desventajas y Limitaciones

Para los diferentes usos y aplicaciones del geotextil, tenemos las siguientes ventajas y limitaciones generales:

- Ante la presencia de aguas requiere drenajes
- También requiere drenaje si se empotra contra desmonte y otro tipo de adecuaciones especiales en su base si está próximo al nivel freático o hay posibilidades de inundación.
- No dan buenos acabados en vertical, se recomienda máximo 80°.
- Los geotextiles que se encuentran expuestos, necesitan protección

contra los rayos ultravioletas.

Necesitan tener un control de erosión en sus caras exteriores.

No resultan ser del todo económicos, si los materiales de relleno se encuentran lejos de la zona de trabajo.

Además los geotextiles son muy flexibles y se deforman fácilmente por lo que requieren de un buen estudio de suelos tanto del terreno de fundación como del material de relleno.

Las capas de geotextil se pueden convertir en superficies de debilidad para deslizamientos.

Tipo	Ventajas	Desventajas
Refuerzo con tiras metálicas	Los refuerzos metálicos le dan rigidez al terraplén y los prefabricados de concreto en su cara de fachada los hace presentables y decorativos. Existen empresas especializadas dedicadas a su construcción.	Las zonas de refuerzo requieren protección especial contra la corrosión. Se requieren características especiales en el relleno utilizado con los elementos de refuerzo. Algunos tipos de muro de tierra armada están cubiertos por patentes.
Refuerzo con Geotextil	Son generalmente muy económicos y fáciles de construir.	Son muy flexibles y se deforman fácilmente. Las capas de geotextil se pueden convertir en superficies de debilidad para deslizamientos. El geotextil se descompone con la luz solar.
Refuerzo con malla	La malla le da cierta rigidez al terraplén y las capas no constituyen superficies de debilidad. El efecto de anclaje es mejor.	Dependiendo del material constitutivo la malla puede descomponerse o corroerse.

Tabla N° 1.1

Ventajas y Desventajas de los Diferentes tipos de Refuerzo

1.3 Evolución del Muro de Suelo Reforzado

El concepto de suelo reforzado no es nuevo; los principios básicos se pueden observar en la naturaleza: los nidos de ciertas aves (hechos a base de barro y paja) o la acción de las raíces de los árboles en el suelo, grafican ello de manera evidente. Los fundamentos de esta técnica están descritos incluso en la Biblia “cubriendo los refuerzos de arcilla o ladrillos con cañas o pajas para la construcción de moradas”.

Las construcciones usando la técnica de refuerzo de suelos, según se advierte, han existido 4 ó 5 siglos antes de la era cristiana y, básicamente, usando materiales naturales como refuerzo en combinación con el suelo.

Desde hace más de 3000 años se registran antecedentes de la aplicación del

concepto de suelo reforzado, que consiste en colocar algún elemento en el suelo para mejorar sus características mecánicas. Para la construcción de las paredes de las torres gigantes, los Babilonios usaron ramas de palmera entrelazadas; mientras que para la construcción de la Gran Muralla China (2000 años atrás) la arcilla y la arena eran reforzadas en algunas secciones mediante la utilización de ramas. También en la Armada Británica, en los años 1800, se introdujo como forma de refuerzo de suelos. A escala mundial podría definirse el período entre los fines de los '50 y la superación de la crisis petrolera a fines de los 70 como la "época pionera" en el desarrollo de los geosintéticos. Durante ese período se fueron consolidando las distintas tecnologías de fabricación y se inició la producción industrial de diversos geosintéticos. A través de esas dos décadas tanto en EEUU como en Europa se fue pasando de las "obras piloto" al empleo de estos productos en infinidad de obras, paralelamente con el inicio de la investigación sobre sus alcances y posibilidades.

En el ámbito de la construcción la aceptación de los materiales sintéticos fue muy lenta, quedando el desarrollo de los geosintéticos principalmente en manos de las industrias textiles y los grandes conglomerados petroquímicos. A partir de la década del '80 asistimos al "período de consolidación" de los geosintéticos. Esta etapa se caracteriza por el uso masivo y creciente de estos productos, la diversificación de sus aplicaciones, la aparición de nuevos desarrollos. En Argentina los geotextiles y las geomembranas sintéticas aparecieron a fines de los '70, y si bien su empleo recién se ha difundido en los últimos años, actualmente su uso se ha consolidado para distintas aplicaciones.

Los muros de gravedad han existido siempre y para construirlos se han tomado en cuenta importantes variables, como la conveniencia de su utilización, las condiciones originales del terreno, la ubicación del mismo, costo esfuerzo y tiempo. Se han utilizado materiales tradicionales como el concreto armado; pero la evolución social necesita aprovechar mejor del tiempo con la celeridad de la construcción y dadas las circunstancias económicas contemporáneas, hay necesidad de aprovechar mejor los recursos mediante la optimización de su uso y la búsqueda de nuevas

tecnologías.

El ahorro de estos dos elementos: tiempo y dinero, ha llevado a la búsqueda de nuevos materiales de construcción que satisfagan las mencionadas expectativas. Precisamente, para alcanzar estos objetivos, se considera conveniente la utilización de geosintéticos como muros de gravedad (aparte de otros existentes y que también cumplen con nuestros elementos), aptos para cumplir la función que de ellos se espera para alcanzar la prolongada duración, para ser realizados en el menor tiempo posible y con una inversión monetaria más reducida.

Los materiales geosintéticos han despertado gran interés en la construcción actual porque además de las ventajas de orden económico y de tiempo, ofrecen maleabilidad, variedad de usos y aplicaciones, calidad y resistencia a la degradación biológica y química.

1.4 Ejemplos de Casos en el Perú

1.4.1 Paso a Desnivel Av. Quilca Vía Expresa del Callao



Figura N° 1.7
Ejemplo de Paso a desnivel

Cliente	<i>Vía expresa del Callao</i>
Lugar	<i>Callao – Lima</i>
Materiales	<i>Muros mesa: Bloques de concreto, conectores y geomallas.</i>
Año	<i>2005</i>

1.4.2 II Etapa de recrecimiento de Presa Andaychagua

CIA. MINERA VOLCAN S.A.A

En este proyecto se aplicó la técnica de muros de suelo reforzado con geotextiles tejidos en reemplazo de la construcción de diques de concreto con lo cual se obtuvo una reducción significativa del costo del proyecto.

1.4.3 Suelo Reforzado para contención de chancadora

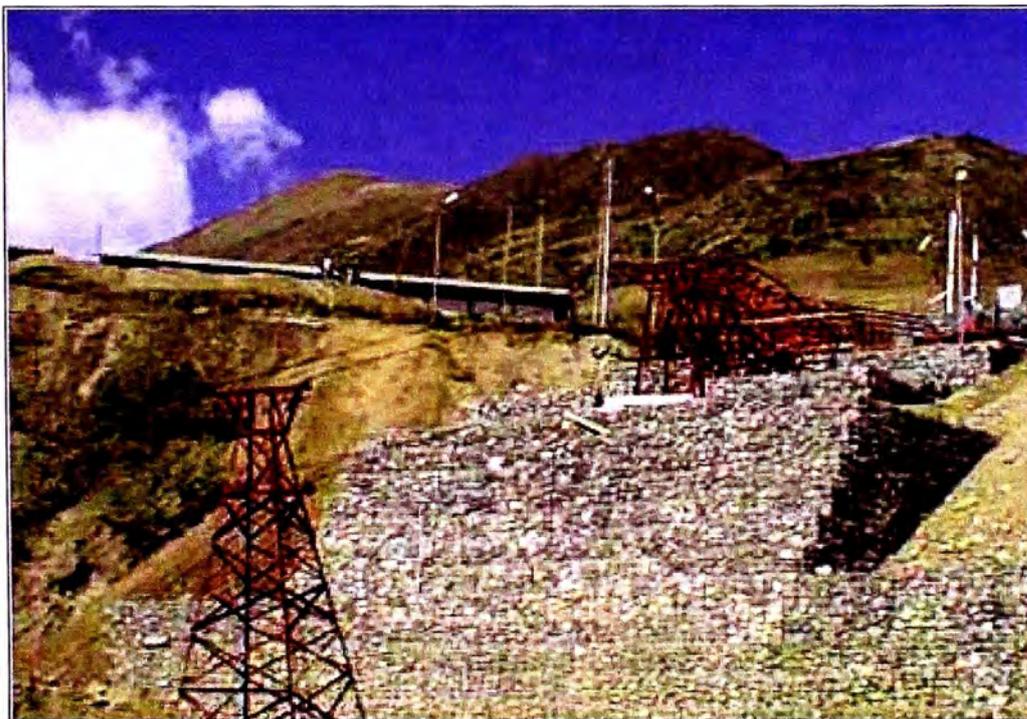


Figura N° 1.8

Ejemplo de Muros de Contención

Cliente	<i>Minera Poderosa</i>
Lugar	<i>La Libertad</i>
Materiales	<i>Gaviones caja, elementos Terramesh, geotextil</i>
Año	<i>1996</i>

1.4.4 Muros de Punta Hermosa

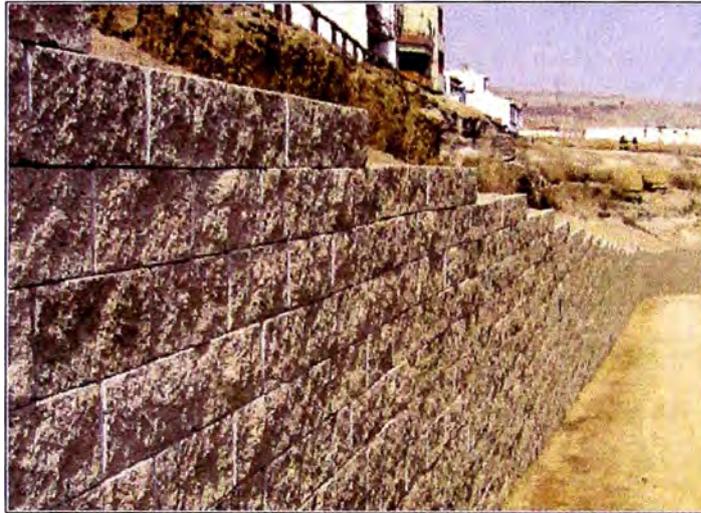


Figura N° 1.9
Ejemplo de Muros de Contención

Cliente	<i>Muros de Punta Hermosa</i>
Lugar	<i>Lima</i>
Año	<i>2005</i>

1.4.5 Muros de Contención



Figura N° 1.10
Ejemplo de Muros de Contención

Cliente	<i>Minera Barrick Misquichilca</i>
Lugar	<i>Ancash</i>
Materiales	<i>Gaviones caja</i>
Año	<i>2000</i>

CAPITULO II

GEOSINTÉTICOS: EL GEOTEXTIL

2.1 Antecedentes de los Geosintéticos

En el pasado se utilizaban diversos materiales para separación y refuerzo del suelo, incluyendo céspedes, chorros de agua, broncos de madera, tablas, malla metálica, algodón y yute. Pero, debido a que se deterioraban en un tiempo relativamente corto, necesitaban mantenimiento con frecuencia o tenían un alto costo por lo que, era deseable el uso de materiales más eficientes, más durables. Como opción, ahora se utilizan telas sintéticas, cuadrículas, redes y otras estructuras.

A comienzos del siglo pasado, en 1926 se ve el inicio de un proceso más sistemático de utilización de elementos para el mejoramiento de las condiciones del terreno. En Carolina del Sur, fue donde se utilizó por vez primera para la ejecución de una carretera una capa gruesa de algodón cubierta por asfalto caliente con una capa delgada de arena sobre una base de tierra. Este experimento no se dio a conocer sino diez años después; demostrando su efectividad al observar que después de hecho ensayos de campo se había disminuido considerablemente el agrietamiento y las fallas en la carretera. A pesar de este aparente éxito, existió un factor que no pudo ser controlado, la descomposición de la tela. Es así como se da inicio a los GEOSINTÉTICOS, " GEO " por su aplicación directa a suelos y rocas y " SINTÉTICOS ", por ser fabricado exclusivamente de productos no naturales.

Los grupos más influenciados en la utilización de los geosintéticos son los ingenieros y geotécnicos. Aunque son innumerables las razones que determinan la preferencia por la utilización de estos materiales; podríamos citar su rápida instalación, el que reemplazan diseños difíciles y además, que representan ventajas económicas importantes (aproximadamente un 30% comparado con los métodos convencionales).

Éstos son tejidos hechos de plásticos, principalmente polímeros, pero a

veces hule, fibras de vidrio u otros materiales, que se incorporan en suelos para mejorar ciertas características geotécnicas. Las funciones que desempeñan los materiales geosintéticos se pueden agrupar en cinco categorías principales: separación de materiales, refuerzo de suelos, filtración, drenaje dentro de masas de suelos y barrera para movimiento de humedad. El identificar la función que va a desempeñar el geosintético es uno de los pasos iniciales en un proceso de diseño. No todas las funciones son proporcionadas por cada tipo de geosintético. En la *Tabla N° 2.1*, observamos las diferentes propiedades de los principales geosintéticos.

	Geotextiles	Geocompuestos	Geomembranas	Geomallas
Separación	▲			
Filtración	▲	▲		
Refuerzo	▲			▲
Drenaje	▲ (1)	▲		
Protección	▲			
Barrera	▲		▲	

(1)- En ciertas aplicaciones de rellenos sanitarios

Tabla N° 2.1
 Los geosintéticos y sus funciones

La utilización de los geosintéticos en la Ingeniería Civil se ha visto incrementada de una forma sostenida en los últimos años. Por esta razón, estos materiales están tomando cada vez un protagonismo más importante en la construcción. Esta importancia no sólo se debe al aumento que este rubro representa en el presupuesto total de las obras, sino también a la importancia de las responsabilidades técnicas para las cuales son diseñados.

2.2 Definición de Geosintéticos y Geotextil

2.2.1 Geosintéticos

Según ASTM D 4439: "GEOSINTÉTICO: es un producto plano fabricado a partir de materiales poliméricos, para ser usado con suelo, roca, tierra, o cualquier otro material geotécnico, como parte integral de un proyecto, estructura, o sistema realizado por el hombre.

La utilización de geosintéticos generalmente esta relacionada con las siguientes ventajas que se obtienen de su aplicación:

- a) Simplificar constructivamente una obra
- b) Reducir sus plazos de ejecución verificable
- c) Evitar diseños tradicionales más complejos
- d) Disminuir costos
- e) Emplear mano de obra no calificada, quiere decir que el procedimiento constructivo no requiere de personal calificado específicamente para esta tarea, sino del mismo personal de construcción para los diversos trabajos. Esto es ventajoso porque aminora los costos.
- f) Emplear materiales homogéneos de calidad
- g) Cumplir con exigencias legales
- h) Restringir el uso de materiales naturales

La gran variedad de aplicaciones en los que se suele emplear geosintéticos esta en constante expansión.

2.2.2 Clases de Geosintéticos

❖ Geotextiles

Los geotextiles forman uno de los dos grupos más grandes de geosintéticos, son tejidos flexibles, porosos, hechos de fibras sintéticas en máquinas tejedoras estándar o por deslustramiento o labor de punto (telas no tejidas). Ofrecen las ventajas para fines geotécnicos de resistencia a la biodegradación y porosidad, permitiendo flujo por el tejido y dentro del mismo.

Figura N° 2.1
Muestra de Geotextiles



❖ Geomallas o Geogrids

Las geomallas forman el grupo más pequeño de los geosintéticos, pero en la actualidad tienen un crecimiento bastante acelerado. Son plásticos que forman una configuración bastante abierta. Frecuentemente las geomallas son estrechadas en una o en dos direcciones para mejorar sus propiedades físicas.

Las geomallas tienen gran variedad de usos como pueden ser:

- Para refuerzo de base de carretera.
- Muros de tierra reforzada.
- Protección para tuberías enterradas.
- Cercas de seguridad
- Muros de gaviones.

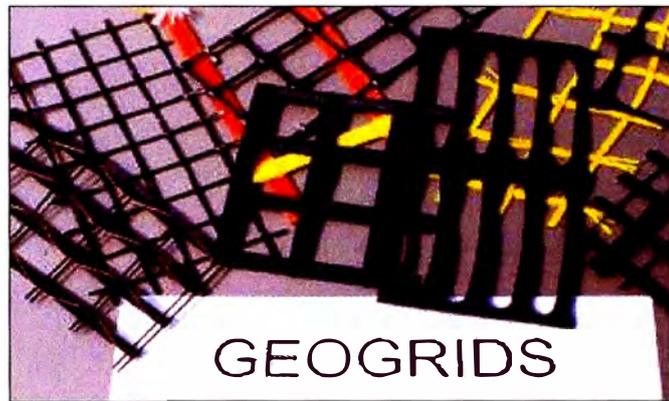


Figura N° 2.2
Muestra de Geomallas

❖ Georedes

Las georedes, llamadas algunas veces geoespaciadores, se forman por una extrusión continua de juegos paralelos de costillas poliméricas en ángulos agudos entre sí. Cuando las costillas se abren, forman aberturas generalmente grandes, dentro de una configuración reticular.

Su función de diseño está íntegramente dentro del área de drenaje, donde ellas han sido usadas para conducir fluidos de todos los tipos.

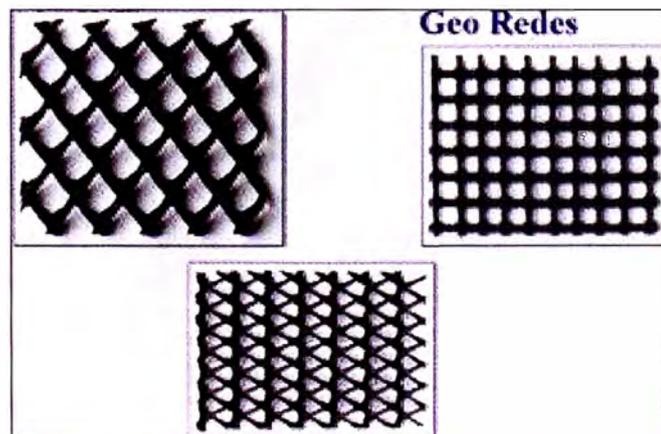
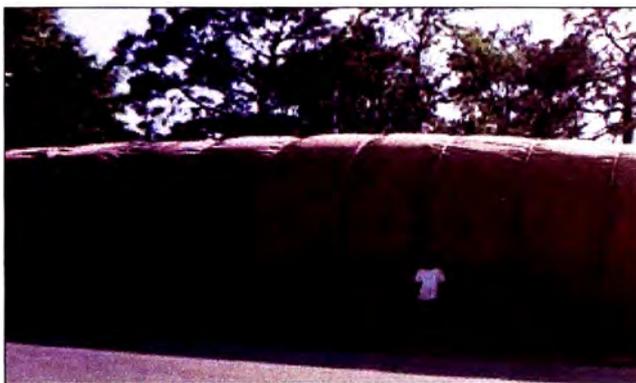


Figura N° 2.3
Muestra de Georedes o geoceldas

❖ Geotubos

El tubo plástico corrugado, es tal vez el material geosintético más antiguo, todavía en uso en estos días. Este huérfano en el Currículo de la Ingeniería Civil, fue incluido porque las tuberías plásticas siguen siendo utilizadas en todos los aspectos de la ingeniería geotécnica, del transporte y ambiental, con poco diseño y mucho ensayo, debido probablemente a una pérdida general de entrenamiento formalizado. La naturaleza crítica de los tubos de recolección acoplados, con cargas compresivas elevadas, hacen del geotubo un miembro benéfico de la familia de los geosintéticos.



*Figura N° 2.6
Muestra de Geotubos*

❖ Geocompuestos

Los geocompuestos son una combinación de otros tipos de materiales geosintéticos, formulados para cumplir funciones específicas.

El diseño de filtros de materiales geosintéticos, o refuerzo de tierra, o un recubrimiento de membrana impermeable para relleno sanitaria requiere de una idea clara de las características geotécnicas a alcanzarse con la aplicación de materiales geosintéticos, y de un pleno conocimiento de las propiedades de los materiales geosintéticos así como de los materiales disponibles en la actualidad y de sus propiedades.



*Figura N° 2.7
Muestra de Geocompuestos*

❖ Geo-otros

Los geosintéticos han mostrado tal innovación, que muchos sistemas desafían la categorización. Para definirlo de una mejor manera, los geo-otros describen ítems tales como masas de suelo enhebradas, anclajes poliméricos y celdas de suelo encapsuladas.

Como con el geocompuesto, su función principal depende del producto y puede ser cualquiera de las cinco funciones principales de los geosintéticos.

2.2.3 Geotextil

Se conoce como geotextil a la tela porosa y permeable, tejida o no tejida, formada de filamentos sintéticos continuos, que están compuestos por polímeros de valores altos en resistencia y excelente durabilidad.

Forman el grupo más grande de los productos geosintéticos.

Su alcance en cuanto al crecimiento durante los últimos años ha sido impresionante.

Están fabricados con polímeros sintéticos como el polietileno, el poliéster, el polipropileno y el nylon. En su fabricación no se utilizan fibras naturales ya que estas son biodegradables. Las fibras pueden ser tejidas a máquina, adheridas (de forma tal que no se hace necesario tejerlas) o simplemente anudadas y entrelazadas.

El geotextil es una manta flexible, de poco peso y espesor, constituida por fibras poliméricas extruídas o estiradas, filamentosas o aplanadas, fabricadas por procesos de origen textil, con trama regular (tejidos) o entrecruzada sin ordenación preferente (no tejido).

2.3 Clasificación del Geotextil

2.3.1 Composición del Geotextil:

En la elaboración de los geotextiles se destacan dos factores muy importantes como lo son el tipo de material utilizado y la fibra empleada.

❖ Tipo de material utilizado: los polímeros.

La palabra polímero viene del griego polys, que significan “muchas” y meros que significa “partes”. Así, un material polimérico consiste de muchas partes unidas para hacer un todo. Cada parte, o unidad, se llama un monómero. Un monómero es un compuesto molecular usado para producir el polímero. Debe tenerse presente que los monómeros y las unidades moleculares repetidas son diferentes. Esto es debido al proceso de polimerización.

El peso molecular del polímero es el grado de polimerización (es decir, el número de veces que ocurre una unidad de repetición) multiplicado por el peso molecular de la unidad de repetición.

Los geotextiles pueden estar compuestos por uno o más polímeros en diferentes proporciones de acuerdo a la función que estos desarrollen. A continuación se citará los polímeros más utilizados para la elaboración de geotextiles y se indicará en cada uno el porcentaje en que son utilizados. Ordenados de Más utilizados a menos utilizados tenemos:

- Polipropileno 92%
- Poliéster 5%
- Polietileno 2%
- Poliamida (nylon) 1%

La *Tabla N° 2.2* lista las unidades moleculares repetidoras y los tipos de geosintéticos hechos de estos polímeros específicos.

La resistencia de la fibra, como la estructura química, está ligada con el tipo de polímeros utilizado. Ésta es la particularidad que le confiere al geotextil la durabilidad, por ser altamente inerte a la degradación biológica y química, y resistente a los hongos y moho.

El geotextil que utilizamos para la realización del proyecto Grupal es de Poliéster de Alta Tenacidad, su contextura es de color blanco lo cual llama la atención, pero esto se debe básicamente a que para el polímero Poliéster no se necesita la realización del ensayo negro de humo, por lo cual no le confiere el color negro característico de los geotextiles, asimismo, al ser un geotextil de alta tenacidad, es un geotextil resistente a la tensión, cuya

enfriamiento por aire o agua transformando el producto del molde en un elemento sólido pero elongable, simultáneamente el material sufre un estirado el cual reduce sus dimensiones en cuanto a ancho o espesor y ocasiona un ordenamiento de las moléculas. De esta forma se incrementa la resistencia de los filamentos en sentido longitudinal, su elongación a la ruptura disminuye y su módulo se incrementa. Modificando estas variables se pueden alcanzar una gran variedad de posibilidades de la característica Esfuerzo vs. Deformación. (Esos monofilamentos cuando están en forma de fibras se pueden trenzar juntos para formar una hebra multifilamento). A continuación en la *Figura N° 2.8* encontramos los diferentes tipos de Fibras.

Las fibras pueden producirse cortadas o en filamento continuo, ambos tipos de fibra salen como un mazo de hebras del molde, en el caso de las cortadas en un paso posterior se cortan en longitudes entre 25 a 100mm para luego ser procesadas en equipos de mezclado, cardado y punzonado, en el caso del filamento continuo simplemente se extienden y se alimentan inmediatamente al siguiente proceso que es el punzonado.

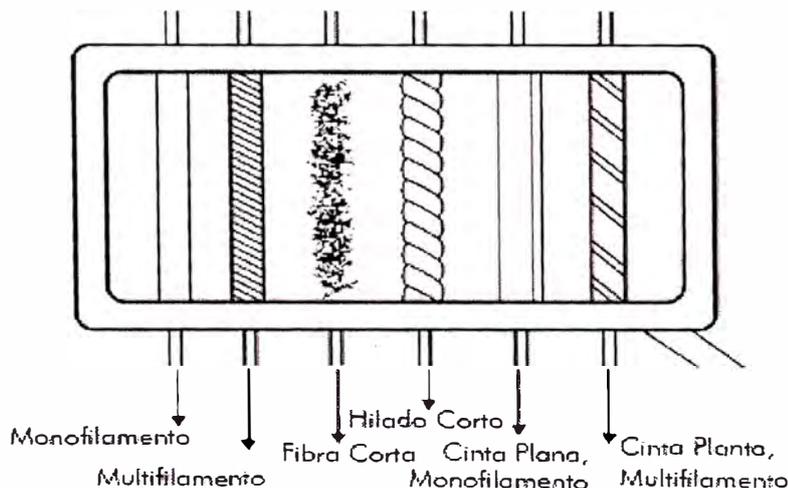


Figura N° 2.8

Tipos de fibras utilizadas en la construcción de geotextiles

También con esas fibras se pueden producir unos hilos entrelazados o entrelazar filamentos continuos obteniendo otras propiedades que luego serán tejidos.

moléculas se encuentran cercas unas a otras y esto hace a su vez que sean resistentes a los rayos ultravioletas, por lo tanto tampoco se necesitaría por esta parte una realización del ensayo negro de humo.

Polímero	Unidad Repetida	Tipos de Geosintéticos
Poliétileno (PE)	$\left[\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_n$	Geotextiles, Geomembranas, Geomallas, Geotubos, Georedes, Geocompuestos
Polipropileno (PP)	$\left[\begin{array}{cc} \text{H} & \text{CH}_3 \\ & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_n$	Geotextiles, Geomembranas, Geomallas, Geocompuestos
Cloruro de Polivinilo (PVC)	$\left[\begin{array}{cc} \text{H} & \text{Cl} \\ & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_n$	Geomembranas, Geocompuestos, Geotubos
Poliéster (PET)	$\left[\text{O} - \text{R} - \text{O} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{R}' - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} \right]_n$	Geotextiles, Geomallas
Polamida PA (nylon 6/6)	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{N} - \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{O} \quad \quad \quad \text{O} \\ \parallel \quad \quad \quad \parallel \\ \text{C} - (\text{CH}_2)_4 - \text{C} \\ \\ \text{O} \end{array} \right]_n$	Geotextiles, Geocompuestos, Geomallas
Poliestireno (PS)	$\left[\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{C} \\ & // \\ \text{H} & \text{C} \\ & // \\ \text{H} & \text{C} \\ & // \\ & \text{C} \\ & \\ \text{H} & \end{array} \right]_n$	Geocompuestos, Geo-espuma

Tabla Nº 2.2
Polímeros utilizados en la fabricación de los geosintéticos

❖ Tipos de Filamentos

El polímero seleccionado se transforma en un fundido por calor y presión, luego se obliga a pasar a través de un molde. Del molde salen fibras o una cinta plana en estado semilíquido e inmediatamente se produce un

cintas “ranuradas” en el molde, las cuales se fabrican de una lámina continua de polímero que se corta en cintas mediante cuchillas y luego se enrollan en carretes que seguirán los procesos de urdido y tejeduría.

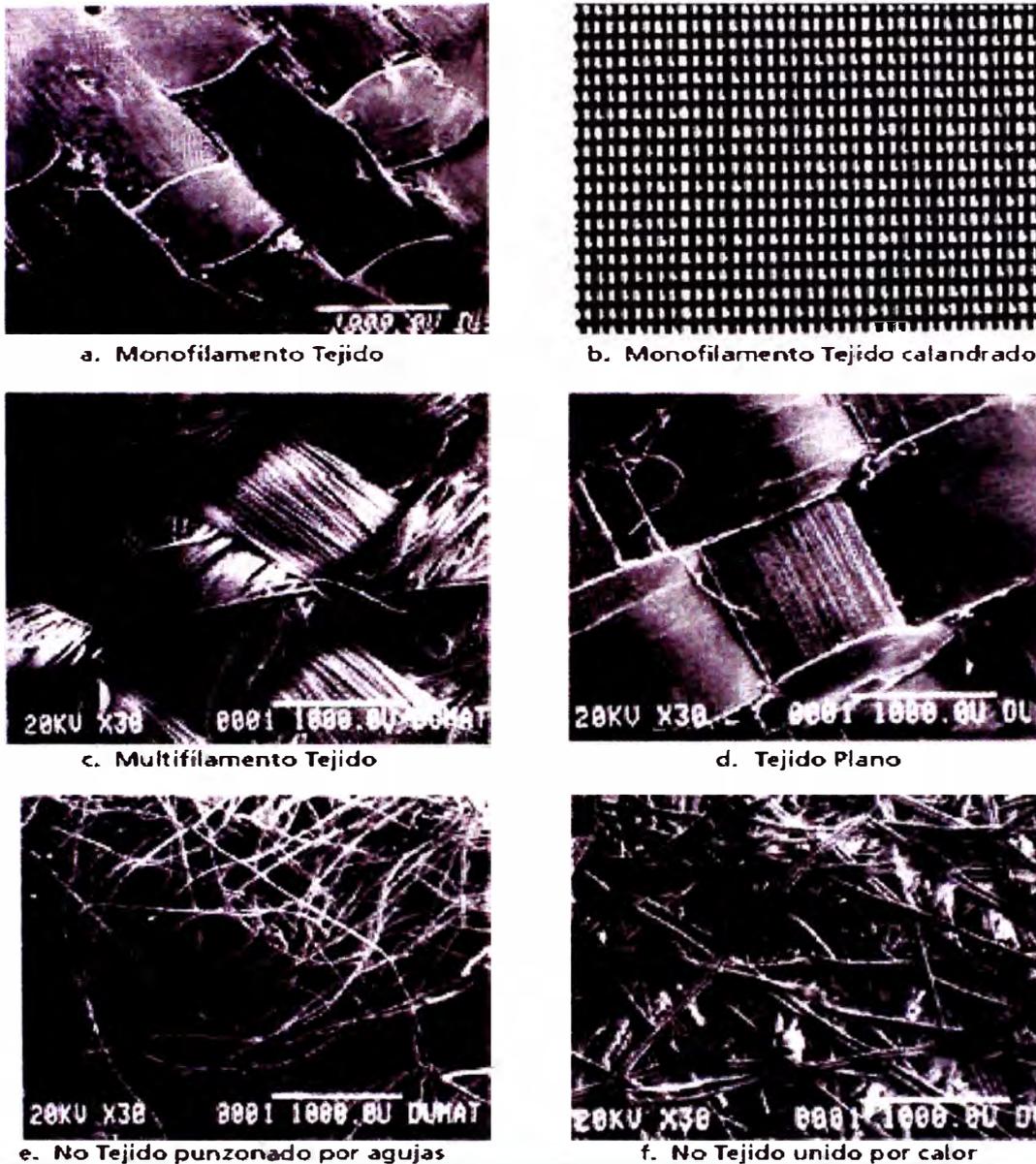


Figura N° 2.9

Vista microscópica de algunos tipos de geotextiles Tejidos y No Tejidos

En resumen, los principales filamentos usados en la construcción de geotextiles son monofilamentos cortados (fibra cortada), multifilamento (filamento continuo), hilos de fibras (fibra cortada), hilos de filamento continuo entrelazados, hilos de multifilamentos entrelazados y cinta plana ranurada. (Ver Figura N° 2.9).

❖ Tipos de Fibras

a. Fibras naturales: Pueden ser de origen animal (lana, seda, pelos...) vegetal (algodón, yute, coco, lino...) que se utilizan para la fabricación de geotextiles biodegradables.

b. Fibras artificiales: Son las derivadas de la celulosa. Son el rayón, la viscosa y el acetato.

c. Fibras sintéticas: Cuando al 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.

2.3.2 Clasificación del Geotextil



Figura Nº 2.10
Clasificación del Geotextil

❖ Geotextiles Tejidos

Son aquellos formados por cintas entrecruzadas en una máquina de tejer. Están caracterizados por su alargamiento inferior y aberturas uniformes compuestas por dos grupos de filamentos paralelos, sistemáticamente entrelazados para así formar una estructura plana, que puede estar formada

entrelazados para así formar una estructura plana, que puede estar formada por monofilamentos, multifilamentos, tiras de polipropileno y combinaciones. La forma de entrelazarlos depende del telar utilizado. Generalmente los dos grupos de filamentos son perpendiculares entre sí, pero pueden ser oblicuos. Las tiras de tejido de menos de 5 mm de ancho proveen una baja permeabilidad al agua y medianamente alta susceptibilidad al punzonado.

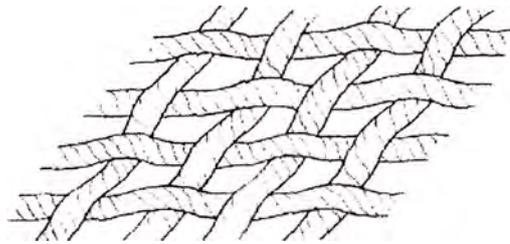


Figura N° 2.11
Entramado de fibras de un geotextil tejido

Pueden ser Tejidos de calada o tricotados.

Los Tejidos de calada son los formados por cintas de urdimbre (sentido longitudinal) y de trama (sentido transversal).

Su resistencia a la tracción es de tipo biaxial (en los dos sentidos de su fabricación) y puede ser muy elevada (según las características de las cintas empleadas). Su estructura es plana.

Los tricotados están fabricados con hilo entrecruzado en máquinas de tejido de punto. Su resistencia a la tracción puede ser multiaxial o biaxial. Su estructura es tridimensional.

Entre estos tenemos:

- a. Tejido por monofilamentos: La importancia de este tejido se debe a la regularidad del diámetro de sus aperturas, ayudando a determinar el tipo de filtraje a realizar. También son utilizadas como refuerzo debido su resistencia a la torsión. Posee alta resistencia al deterioro ocasionado por la acción del tiempo.
- b. Tejido por multifilamentos: Consiste en el intercambio de hilos individuales, permitiendo así una alta capacidad de resistencia a la tensión y a la rotura. Sus propiedades hidráulicas son aceptables y tiene una alta retención de partículas de suelo fino. Son frecuentemente de poliéster y poliamidas.

c. Tiras de polipropileno Son para aplicaciones específicas ya que poseen un grado de permeabilidad mucho más bajo que las provenientes de filamentos. Combinación de materia prima o fibras Su implementación viene dada por los requerimientos o necesidades específicas dentro del campo de la ingeniería.

❖ 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.

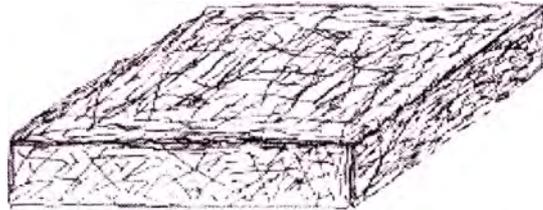


Figura N° 2.12
Fibras discontinuas de un geotextil no tejido

Los geotextiles No Tejidos se clasifican a su vez en:

- Geotextiles No Tejidos ligados mecánicamente o punzonados por agujas
- Geotextiles No Tejidos ligados térmicamente o termosoldados
- Geotextiles No Tejidos ligados químicamente o resinados

Son estructuras laberínticas, con una distribución de aberturas no uniformes, pueden estar constituidos hasta por tres tipos de fibras: multifilamentos, estopas sintéticas e hilos de hebras, formando una estructura planar.

La unión de estas fibras puede ser básicamente de tres tipos:

- a. Método Físico: consiste en la unión de la fibra sin adición de elementos extraños a la configuración de la misma, existiendo dos procesos para ello un térmico y otro mecánico.
 - En el proceso térmico se utiliza fibras tipo estopa sintética, con una composición, ya sea de homofilamentos o heterofilamentos. Estos son fundidos para formar tejidos firmes y fuertes, de alto resistencia y de bajo peso (70 a 400 gr/m²) y de poco espesor (0.5 a 1 mm). La temperatura de fusión esta ligada al tipo de filamento utilizado.

- En el proceso mecánico se usan agujas largas y afiladas, que realizan el entrelazado y reorientación de las fibras. Los elementos utilizados para la producción de estos son los del tipo estopa sintética. Para el logro de las resistencias límites, se hace necesario la utilización de un volumen elevado de fibras, obteniendo como: consecuencia grandes espesores (0.5 a 5mm) y gran peso (500 a 5500 gr/m²). Los tejidos realizados por este método tienen una alta resistencia a las perforaciones y al razgamiento, lo que les permite aceptar grandes fuerzas de tracción y punzonados.

- b. Método Químico: se utiliza un medio cementante como goma, caucho, látex, derivados de celulosa y resina acrílica, que es rociado dentro de los tejidos fibrosos y posteriormente presionado con el propósito de enlazar las fibras, manteniéndolas unidas y así le proporciona al tejido una alta resistencia. Luego debe ser aplicado aire a presión para el restablecimiento y apertura de los poros, con la finalidad de darle la permeabilidad característica de los geotextiles. El uso de este tipo de geotextil es limitado ya que como filtro no es recomendable.

- c. Método Combinado: es un adelanto de la industria textil, que elabora una gran variedad de tejido especializado, con una gran gama de texturas, funcionalidad y bajo peso. Actualmente la fabricación de los geotextiles, se basa en la utilización de una o varias fibras sintéticas unidas o separadas, polipropileno, poliéster, acrílicos etc., siempre utilizando fibras sintéticas, debido a su bajo costo de obtención, su alta resistencia y comportamiento.

2.4 Fabricación del Geotextil

2.4.1 Geotextil Tejido

Para los geotextiles Tejidos se trabajan cintas o hilos en un telar, la clase particular del tejido se determina por la secuencia en la cual los filamentos de la urdimbre y de la trama son entrecruzados (tejidos) en el telar (Ver *Figura N° 2.13*).

Un tejido se compone de dos cintas, la urdimbre que va en sentido longitudinal (la dirección en que se fabrica el tejido, la “larga”) y la trama que va en sentido transversal (la dirección “corta”), la urdimbre ingresa al telar por su parte posterior a través de unos elementos separadores y organizadores llamados laminillas y cruzan los lisos, los peines e ingresan a la mesa del telar en donde se entretajan con las tramas, las cuales son aportadas desde un lado del telar, las urdimbres se cruzan en dos grupos unas suben y otras bajan dejando un espacio por donde pasa la trama (el “relleno”) transportada por un elemento llamado proyectil, luego las urdimbres vuelven y se cruzan “aprisionando” la trama y se repite el ciclo formado el tejido.

El orillo (borde de la tela donde la trama regresa un pequeño tramo) garantiza que el tejido conserve su estructura planeada.

Dentro de los geotextiles Tejidos se pueden especificar diferentes modalidades:

1. Geotextil Tejido Plano: Fabricado mediante el tejido de cintas por un procedimiento textil de una película cortada polimérica extruida. Es el tejido más simple y común, conocido también como “uno arriba y uno abajo”.
2. Geotextil Tejido Canasta: Este tejido usa dos o más urdimbres y/o tramas de relleno como si fuera una sola cinta. Por ejemplo, un tejido canasta pueden ser dos por dos urdimbres y tramas o dos tramas y un urdimbre, actuando como unidades individuales.
3. Geotextil Tejido Cruzado: Una línea diagonal o cruzada se mueve a través de la tela moviendo intersecciones de hilos un pico más alto en sucesivos hilos de urdimbre. También pueden formarse otros modelos relacionados, por ejemplo, cruzados profundos y cruzados quebrados.
4. Geotextil Tejido Raso: Si el estambre de la urdimbre (o trama) se lleva sobre muchos estambres de trama (o urdimbre), resultará una superficie de tela lisa. Esto se llama un tejido satinado y es usualmente liso y brillante. Generalmente no se usa para telas de geotextiles.

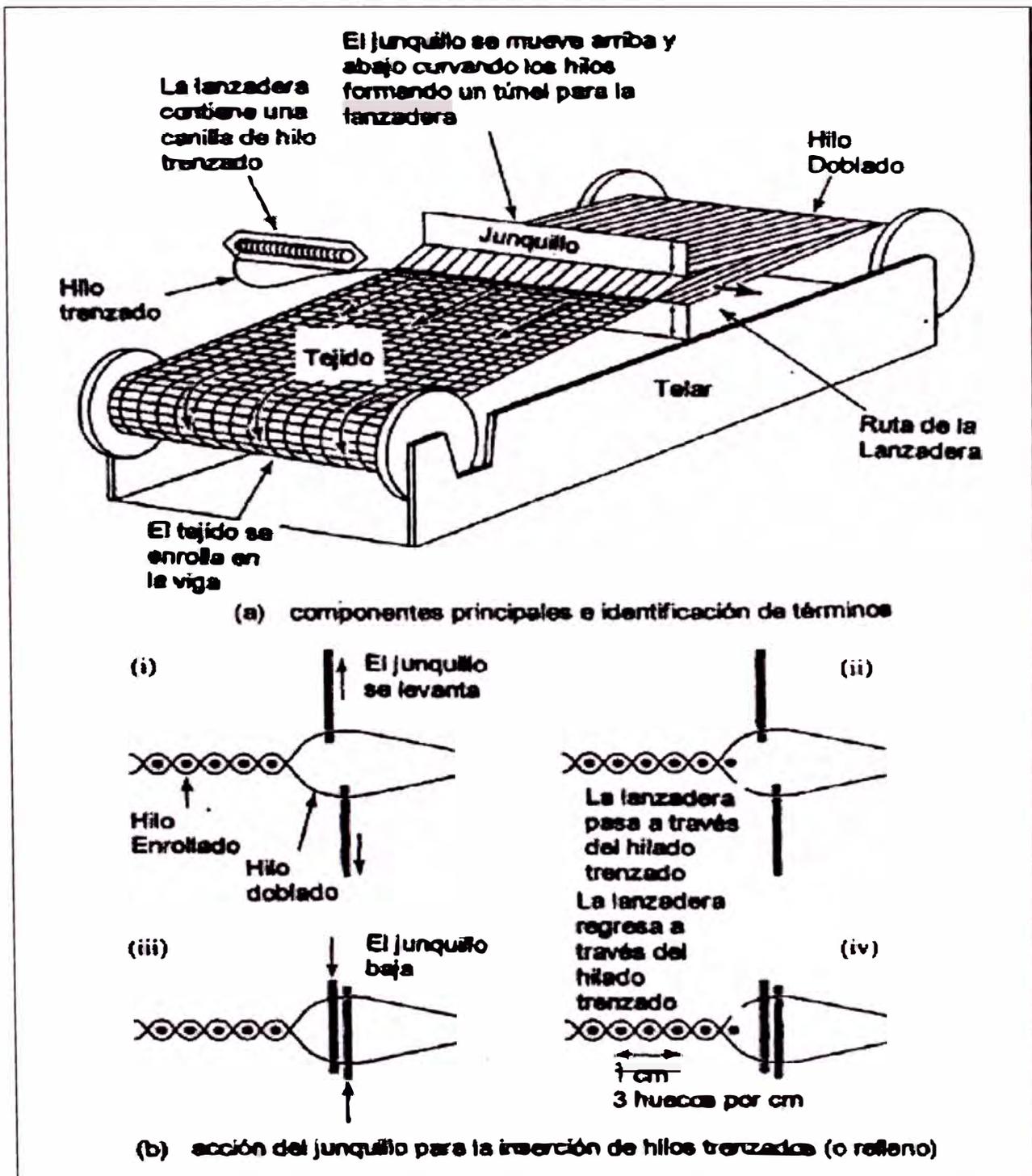


Figura N° 2.13

Funcionamiento básico de un telar para la fabricación de geotextiles tejidos

2.4.2 Geotextil No Tejido

La fabricación de telas no tejidas es muy diferente de las telas tejidas. Cada sistema de fabricación No Tejido generalmente incluye cuatro pasos básicos:

preparación de la fibra, formación del velo, consolidación del velo y tratamiento posterior (Ver *Figura N° 2.14*).

Los geotextiles No Tejidos pueden ser de fibra cortada ó filamento continuo, los de fibra cortada se obtienen a partir de fibras de longitud comprendida entre 50 y 150 mm y los de filamento continuo se obtienen por extruido directo de un polímero y formación de la napa o velo.

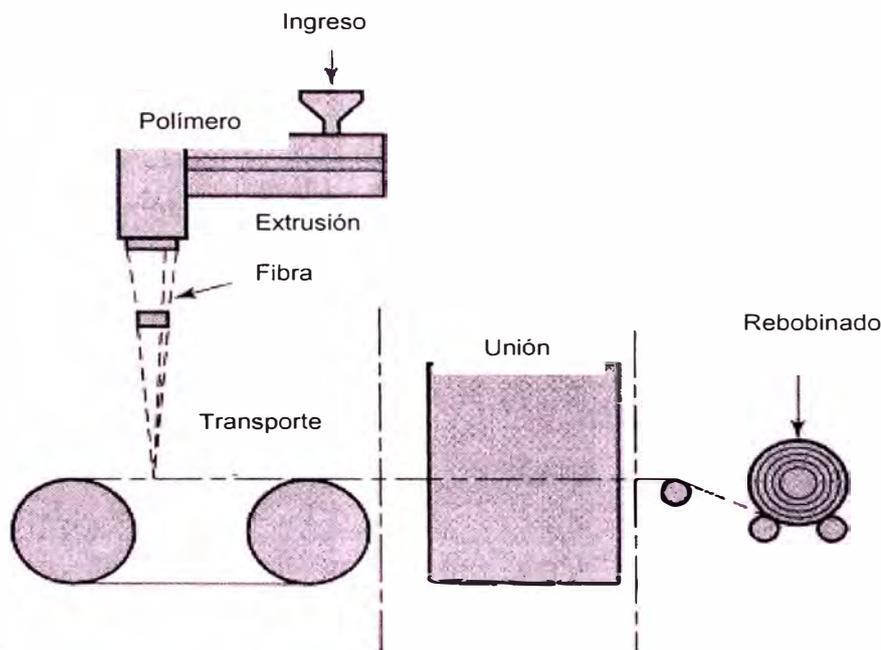


Figura N° 2.14

Diagrama del Proceso de Unión por rotación para fabricar geotextiles no tejidos

Note que la unión puede hacerse por agujado, calentamiento o resinas

Cada sistema de fabricación no tejido generalmente incluye cuatro pasos básicos: preparación de la fibra, formación del tejido, unión del tejido, y tratamiento posterior.

Existen básicamente tres clases de procesos de fabricación, es decisión de cada fabricante el método que más le convenga y le de óptimos resultados:

- ❖ Geotextiles No Tejidos ligados mecánicamente o punzonados por agujas:

Se forman a partir de un entrelazado de fibras o filamentos mezclados aleatoriamente, conformando lo que se denomina como velo o napa, el cual

dichas agujas se mueven en sentido alternativo, subiendo y bajando a altas velocidades penetrando en la napa y entrelazando las fibras, esto se obtiene por que el perfil de las agujas no es regular, si no que están provistas de unas espigas o salientes en dirección a su sentido de penetración, lo cual hace penetrar a las fibras sin llevárselas en su movimiento de retroceso. La frecuencia de golpes o penetraciones de las agujas va consolidando el geotextil No Tejido (Ver Figura N° 2.15).

Los geotextiles fabricados por este proceso tienen buenas características mecánicas manteniendo en parte el espesor de la napa el cual les confiere mayor estructura tridimensional, gran elongación (pueden estirarse desde un 40% hasta un 120% o más, antes de entrar en carga de rotura) lo que le proporciona muy buena adaptabilidad a las desuniformidades de los terrenos, unas excelentes propiedades para protección, (suele denominarse efecto colchón) y muy buenas funciones de filtración y separación.

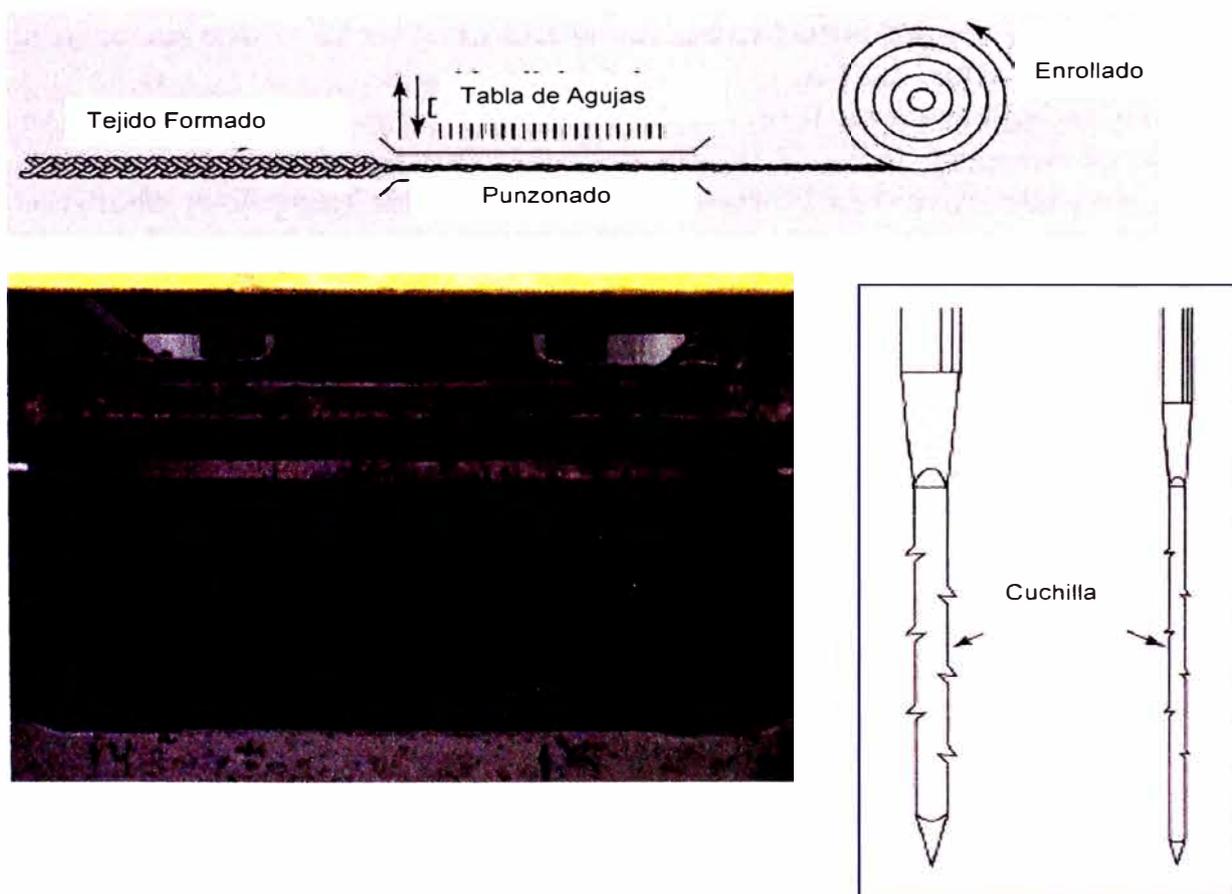


Figura N° 2.15
 Fabricación de Geotextiles No Tejidos Punzonados por agujas

Fabricación de Geotextiles No Tejidos Punzonados por agujas

❖ **Geotextiles No Tejidos ligados térmicamente o termosoldados:**

También llamados unión por calentamiento o fijación por calor, se forman a partir de una napa o velo en la que la unión de fibras y consolidación del geotextil se logra por fusión de las fibras y soldadura en los puntos de intersección mediante un calandrado a temperatura elevada.

Su espesor y su elongación son sensiblemente inferiores a la de los agujados, por lo cual su transmisividad y permeabilidad son menores, tienen buenas propiedades mecánicas (mayor resistencia) y poca flexibilidad (es algo rígido).

❖ **Geotextiles No Tejidos ligados químicamente o resinados:**

La unión entre sus filamentos se consigue incorporando ligantes químicos o resinas. Este sistema no se utiliza para la fabricación de geotextiles de protección y separación, puesto que en su composición (de los de protección) deben de evitarse elementos químicos distintos a los polímeros que pudiesen alterar sus propiedades y provoquen incompatibilidades químicas con otros materiales con los que pudiese estar en contacto.

Su empleo esta muy poco extendido debido a su elevado costo.

2.5 Funciones y Campos de Aplicación del Geotextil

2.5.1 Funciones

El uso de los geotextiles Tejidos y No Tejidos en los diferentes campos de aplicación pueden definirse mediante las funciones que va a desempeñar. En la mayoría de las aplicaciones el geotextil puede cumplir simultáneamente varias funciones, aunque siempre existirá una principal que determine la elección del tipo de geotextil que se debe utilizar para la aplicación que se necesita.

❖ **Función de separación**

Esta función, desempeñada por los geotextiles consiste en la separación de dos capas de suelo de diferentes propiedades geomecánicas (granulometría, densidad, capacidad, etc.) evitando permanentemente la mezcla de material.

Cuando se coloca agregados de piedra en suelos de granulometría fina hay dos mecanismos simultáneos que tienden a ocurrir con el paso del tiempo. Uno es que el suelo fino intenta entrar dentro de los vacíos del agregado de piedra, arruinando por consiguiente su capacidad de drenaje; el otro es que el agregado de piedra intenta entrar dentro del suelo fino, arruinando consecuentemente la resistencia del agregado de piedra. Cuando esto ocurre tenemos una situación que ha sido nombrada agregado de sacrificio, lo cual ocurre muy a menudo sin el uso de un apropiado geotextil de separación, en la *Figura N° 2.16* se muestran esquemáticamente ambos mecanismos.

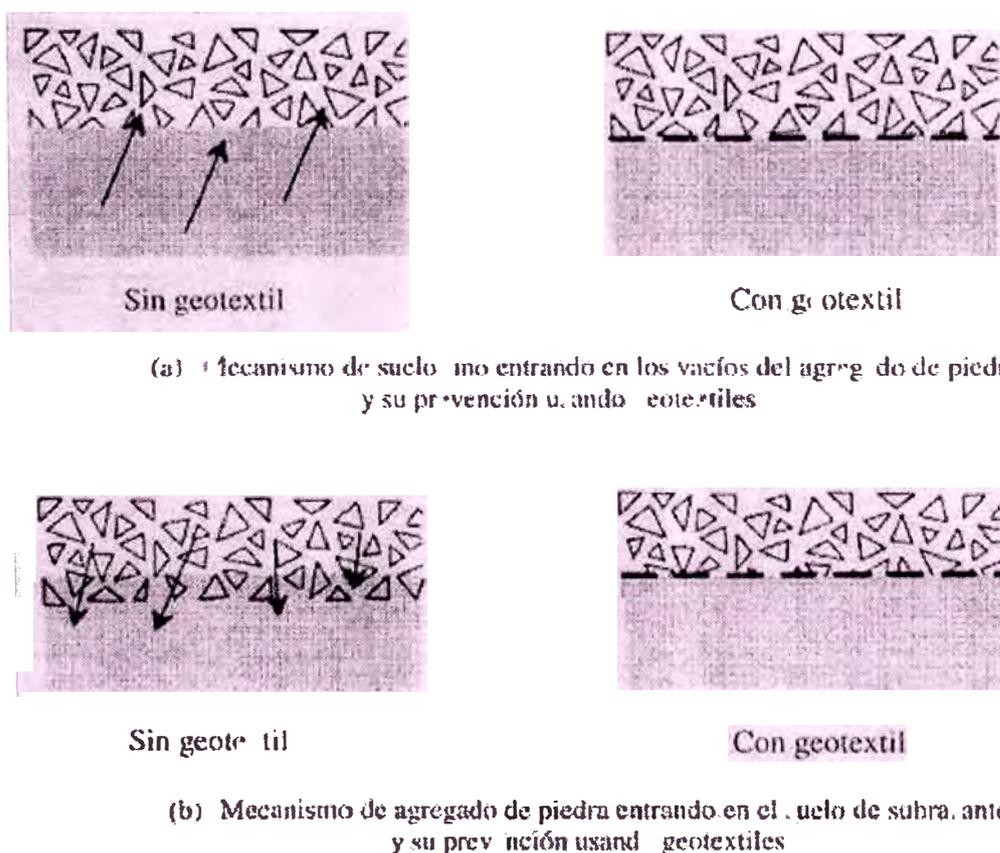


Figura N° 2.16

Función Separación del Geotextil

❖ Función refuerzo

En esta función se aprovecha el comportamiento a tracción del geotextil para trabajar como complemento de las propiedades mecánicas del suelo, con el fin de controlar los esfuerzos transmitidos tanto en la fase de construcción

como en la de servicio de las estructuras.

El geotextil actúa como un elemento estructural y de confinamiento de los granos del suelo, permitiendo difundir y repartir las tensiones locales. Estas acciones aumentan la capacidad portante y la estabilidad de la construcción.

El mejoramiento de la resistencia se puede evaluar de diferentes maneras. Uno de ellas es el ensayo Triaxial que se muestra en la *Figura N° 2.17*

Curvas 1: Representa valores de resistencia mínima al corte de arena.

Curvas 2: Tiene geotextiles en la parte superior e inferior del suelo y no muestran un mejor comportamiento de la resistencia al corte.

Curvas 3: El geotextil esta ubicado en el centro de la muestra.

Curvas 4: El geotextil esta ubicado en los tercios de la muestra.

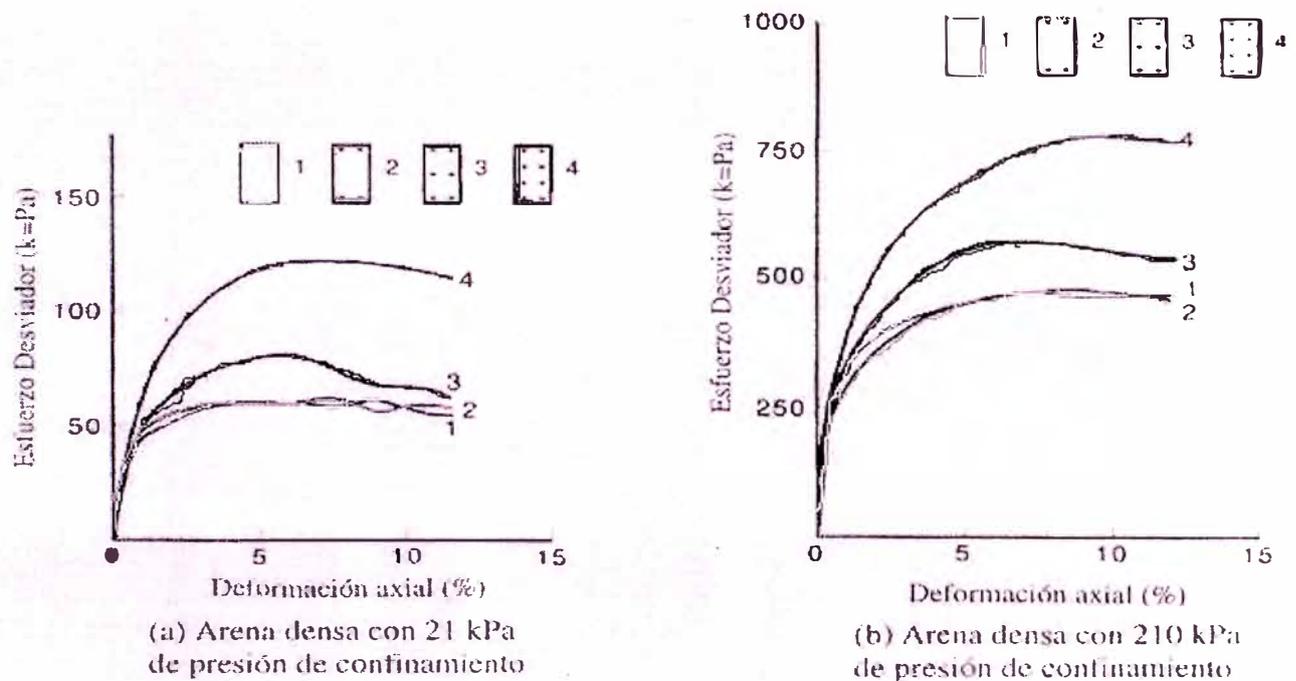


Figura N° 2.17

Función de Refuerzo del Geotextil

❖ Función de drenaje

Consiste en la captación y conducción de fluidos y gases en el plano del geotextil. La efectividad del drenaje de un suelo dependerá de la capacidad de drenaje del geotextil empleado y del gradiente de presiones a lo largo del camino de evacuación del fluido. Para realizar el drenaje satisfactoriamente el espesor debe ser suficiente al aumentar la tensión normal al plano de

conducción. Adicionalmente el geotextil debe impedir el lavado ó transporte de partículas finas, las cuales al depositarse en él, reducen su permeabilidad horizontal. Además debe garantizar el transporte de agua en su plano sin ocasionar grandes pérdidas de presión.

❖ **Función filtro**

Esta función impide el paso a través del geotextil de determinadas partículas el terreno (según sea el tamaño de dichas partículas y el del poro del geotextil) sin impedir el paso de fluidos o gases. En la práctica se utiliza el geotextil como filtro en muchos sistemas de drenaje. (Ver Figura N° 2.18)

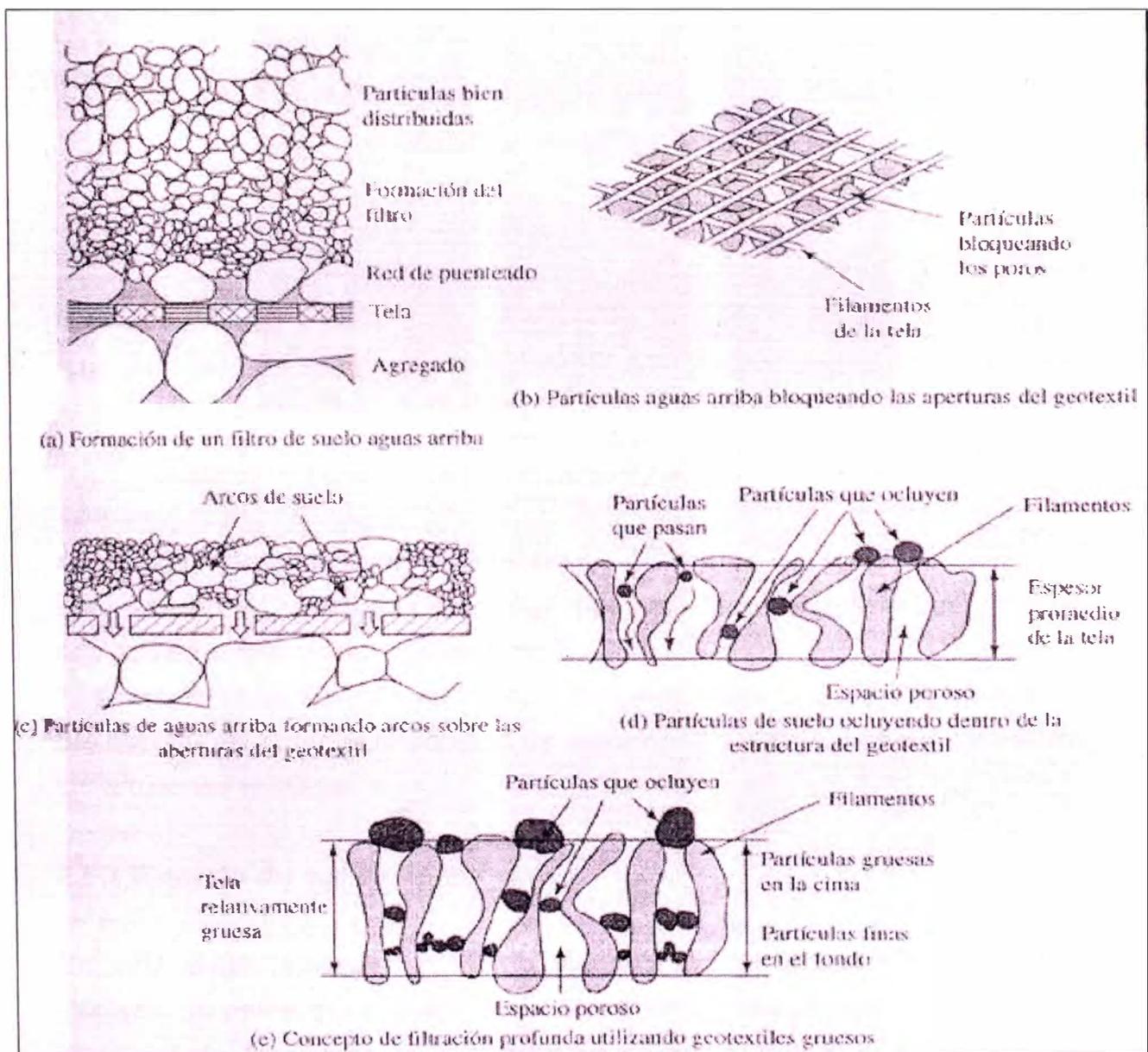


Figura N° 2.18

❖ Función protección

Previene o limita un posible deterioro en un sistema geotécnico. De igual forma, protege a la Geomembrana del rozamiento con el soporte que se produce durante las sucesivas dilataciones y contracciones que experimenta por efecto de las variaciones térmicas. La lámina impermeabilizante se adapta a las irregularidades del terreno. Las irregularidades pronunciadas implican una tensión en la lámina la cual a su vez causa una pérdida de espesor en la misma dando origen a puntos débiles en los que se podrían producir posibles perforaciones o roturas causadas por objetos punzantes del terreno. La interposición del geotextil evitará la pérdida de estanqueidad que se produciría por todas estas causas.



Figura N° 2.19

Función de Protección que realiza el geotextil para cubrir la Geomembrana

❖ Función de impermeabilización

Esta función se consigue desarrollar mediante la impregnación del geotextil con asfalto u otro material impermeabilizante sintético.

El geotextil debe tener la resistencia y rigidez necesaria para la colocación del mismo, así como la capacidad de deformación suficiente para compensar las tensiones térmicas.

2.5.2 Ejemplo de Aplicaciones

En esta parte realizaremos como ejemplo de aplicaciones los diferentes trabajos grupales que se llevaron a cabo en el campus de la Universidad Nacional de Ingeniería, y mencionaremos otras aplicaciones importantes para cada Función de los Geotextiles:

❖ Función de separación

Grupo N°03 – Pavimento a Nivel de Afirmado con Geotextil.

El objetivo principal es construir un tramo de pavimento experimental considerando la incorporación de un geotextil tejido tipo TR 4000, el cual actuara como refuerzo y estabilización, de tal manera de aumentar la capacidad de soporte del terreno de fundación, aumentar su vida útil y reducir el espesor de la capa del pavimento, en comparación con el de un pavimento tradicional.



El geotextil tejido se deberá extender sin arrugas o dobleces en la dirección de avance de la construcción, directamente sobre la subrasante conformada o preparada.

*Figura N° 2.20
Pavimento con geotextil*

Posteriormente el material se esparcirá sobre el geotextil, empleando un método que no dé lugar a daños. No se permitirá el tránsito de maquinaria sobre el geotextil hasta que se extienda la primera capa de material de relleno compactada.

*Figura N° 2.21
Pavimento con geotextil*



Para que un Geotextil cumpla correctamente la función de separación (Normas AASHTO M-288-96), entre un suelo de subrasante y capa de material granular debe cumplirse lo siguiente:

$$3\% < \text{CBR subrasante} < 10 \%$$

Otras aplicaciones importantes:

- En áreas de estacionamiento
- Entre diversas zonas de presas en tierra
- Entre capas antiguas y nuevas de asfalto

❖ Función refuerzo

Grupo N°03 – Pavimento a Nivel de Afirmado con Geotextil.

Para que un Geotextil cumpla correctamente la función de refuerzo (Normas AASHTO M-288-96), entre un suelo de subrasante y capa de material granular debe cumplirse lo siguiente:

$$\text{CBR subrasante} < 1 \%$$

Grupo N°07 – Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geotextil

Este fue el tema de mi proyecto grupal, donde tal como el nombre lo dice, el refuerzo: Geotextil cumple estrictamente la función de refuerzo para un muro de contención

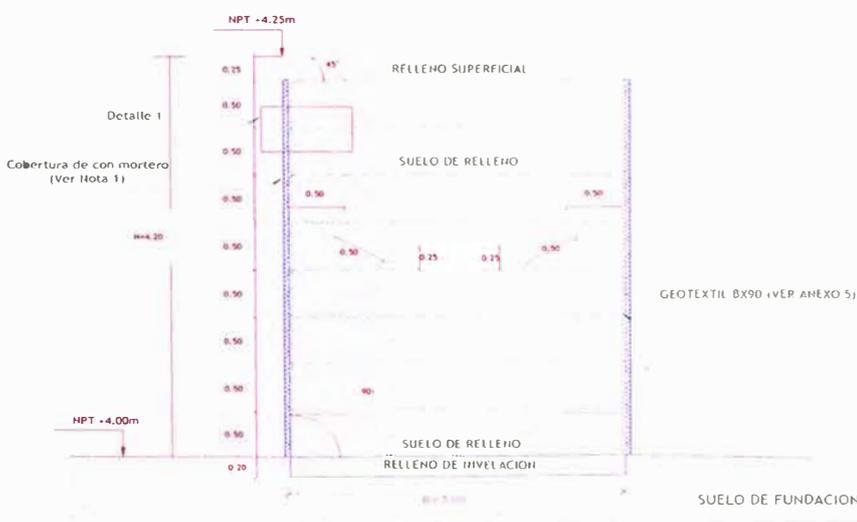


Figura N° 2.22

Muro de contención de suelo reforzado con geotextil

Se coloca el relleno y el geotextil por capas de modo que el relleno quede encapsulado dentro del geotextil, y de esta manera formen pequeñas capas de suelo reforzado.

Otras aplicaciones importantes:

- Para reforzar presas de tierra y roca
- Para estabilización temporal de taludes
- Para ayudar en la capacidad portante de cimentaciones superficiales

❖ Función de drenaje

Otras aplicaciones importantes:

- Como un dren chimenea en una presa de tierra
- Como un dren detrás de un muro de retención

❖ Función filtro

Otras aplicaciones importantes:

- En lugar de filtro de suelo granular
- Debajo de rellenos sanitarios para los lixiviados
- Entre el suelo de relleno y vacíos en muros de retención
- Entre el suelo de relleno y muros de gaviones

❖ Función protección

Grupo N°02 – Poza de Relaves con geotextil y geomembrana

Se muestra el tendido del geotextil en la poza de relaves el cual se realiza a lo ancho para que la medida de la soldadura sea la menor posible. El geotextil se coloca para proteger la geomembrana de posibles punzonamientos.



Figura N° 2.23

Poza de relaves con geotextil y geomembrana

Se observa el tendido de la geomembrana HDPE en la poza de relaves, el cual de forma similar al geotextil se hace a lo ancho, para evitar la menor longitud de soldadura.



Figura N° 2.24

Poza de relaves con geotextil y
geomembrana

2.6 Propiedades y Normas de Ensayos del Geotextil

2.6.1 Propiedades Físicas

❖ Masa por Unidad de Área

Norma: ASTM D 5261-92

Este método de ensayo es utilizado para determinar si un geotextil cumple con la masa por unidad de área establecida por las especificaciones técnicas de un proyecto. Este método también puede ser utilizado para establecer la conformidad de un material dentro de las actividades de control de calidad durante el proceso industrial de producción.

En esta norma se dan las instrucciones para determinar la masa por unidad de área mediante la medida del peso de los especímenes de ensayo de dimensiones conocidas, obtenidos de lugares variados sobre el ancho total de la muestra de laboratorio. Los valores obtenidos se promedian para obtener la masa promedio por unidad de área de la muestra de laboratorio, la que a su vez se usará para determinar el valor mínimo promedio por rollo del lote, como resultado de la evaluación comparativa con los otros valores correspondientes de las muestras del lote.

❖ Espesor Nominal

Norma: ASTM D 5199-91

Es más una propiedad descriptiva que una propiedad de diseño, el Espesor

se mide como la distancia entre las superficies superior e inferior de la tela y es medido a una presión especificada. Por ejemplo para el cálculo de algunos parámetros de geotextiles se requiere calcular el valor del espesor, como en el caso de los coeficientes de permeabilidad, esfuerzo a tensión (índice). El espesor no es un indicador del desempeño en campo y por lo tanto no se recomienda para especificación.

El espesor de geotextiles puede variar considerablemente dependiendo de la presión aplicada al espécimen durante su medida. Los cambios observados en la disminución del espesor ocurren cuando se aplican incrementos en la presión.



Figura N° 2.25

Equipo con el que se obtiene el espesor del geotextil

Este método de ensayo no ofrece los valores de espesor para geotextiles bajo esfuerzos normales variables. Este método de ensayo determina espesor nominal que no es necesariamente el espesor mínimo.

2.6.2 Propiedades Mecánicas

❖ Resistencia a la Tensión

Quizás una de las propiedades simples más importantes de los geotextiles es su resistencia a la tensión. Invariablemente todas las aplicaciones de los geotextiles se relacionan con esta propiedad tanto como función principal (como en las aplicaciones de refuerzo) o como función secundaria (como separación, filtración, drenaje o contenimiento).

El ensayo básico consiste en colocar el geotextil dentro de un conjunto de

El ensayo básico consiste en colocar el geotextil dentro de un conjunto de ganchos, para después de colocar este arreglo en una máquina de ensayo mecánico y tensar al geotextil hasta que ocurra la falla. La falla de la tela es generalmente fácil de identificar y a menudo incluso es audible. Durante el proceso de extensión, se acostumbra a medir la carga y la deformación, de tal forma que se pueda generar la curva esfuerzo versus deformación. (El esfuerzo es usualmente dado como una carga por unidad de ancho).

De la curva esfuerzo versus deformación (la deformación se calcula como la deformación, dividida entre la longitud original del espécimen), se obtiene cuatro valores:

El esfuerzo de tensión máximo (resistencia del geotextil)

Deformación en la falla (elongación máxima)

Tenacidad (es el trabajo hecho por unidad de volumen antes de la falla, usualmente tomado como área bajo la curva esfuerzo – deformación).

Módulo de elasticidad (la pendiente de la porción inicial de la curva esfuerzo – deformación)

Hay algunas características del ensayo de tensión que requieren una discusión posterior, toda vez que ellas tienen implicancias en los procedimientos de diseño subsecuentes, siendo los principales el módulo y el tamaño del espécimen.

Respecto del módulo, hay algunas alternativas disponibles para medir la pendiente inicial de la curva.

Respecto del tamaño del espécimen de ensayo se han escrito mucho. Los estándares ASTM D1682, D751, D4632 Y D4595, permiten un número de variaciones.

En la *Figura N° 2.26* tenemos diferentes especímenes para ensayos de tensión, entre ellas el espécimen para el método de Grab, gráfica (a), la cual nos da valores representativos en el control de calidad; el espécimen para el método de Tira Ancha, gráfica (c), el cual produce resultados más acordes con el comportamiento del geotextil en el campo.

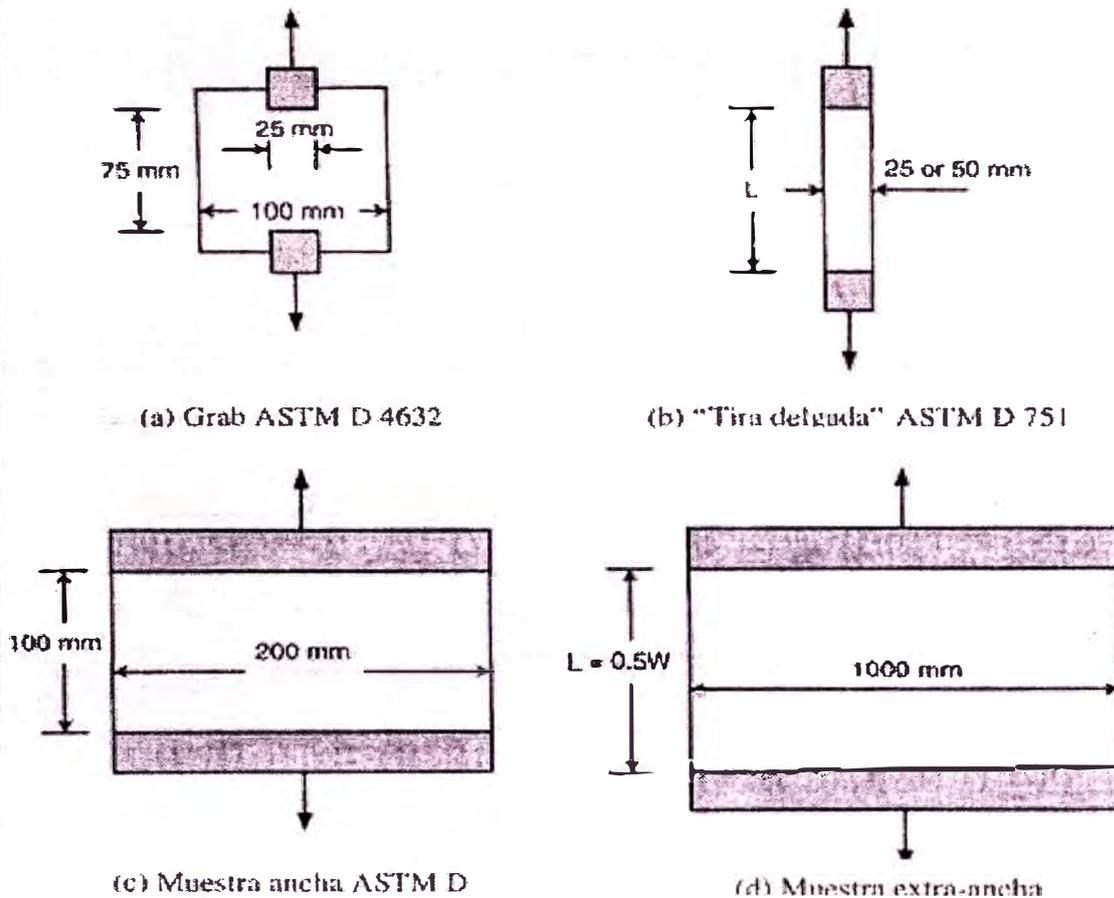


Figura N° 2.26

Diferentes especímenes de ensayos de tensión usados para obtener las propiedades de resistencia del geotextil

❖ Resistencia a la Costura

Norma: ASTM D4884

A menudo deben unirse los extremos o lados de los rollos de geotextiles, con el objeto de transferir esfuerzos de tensión. De lejos el método más común es por cosido. El tipo de costura debe evaluarse en el laboratorio para determinar su capacidad de transferencia de carga, del geotextil de un rollo al de otro.

Cuando la resistencia del geotextil se hace mas ancha, la resistencia de la costura se hace progresivamente menos eficiente (Ver *Figura N° 2.27*)

Note que las costuras de baja calidad son extremadamente bajas en su capacidad de transferencia de carga. Las costuras de geotextiles de alta resistencia, simplemente requieren mejores métodos de unión o ligamento que el cosido.

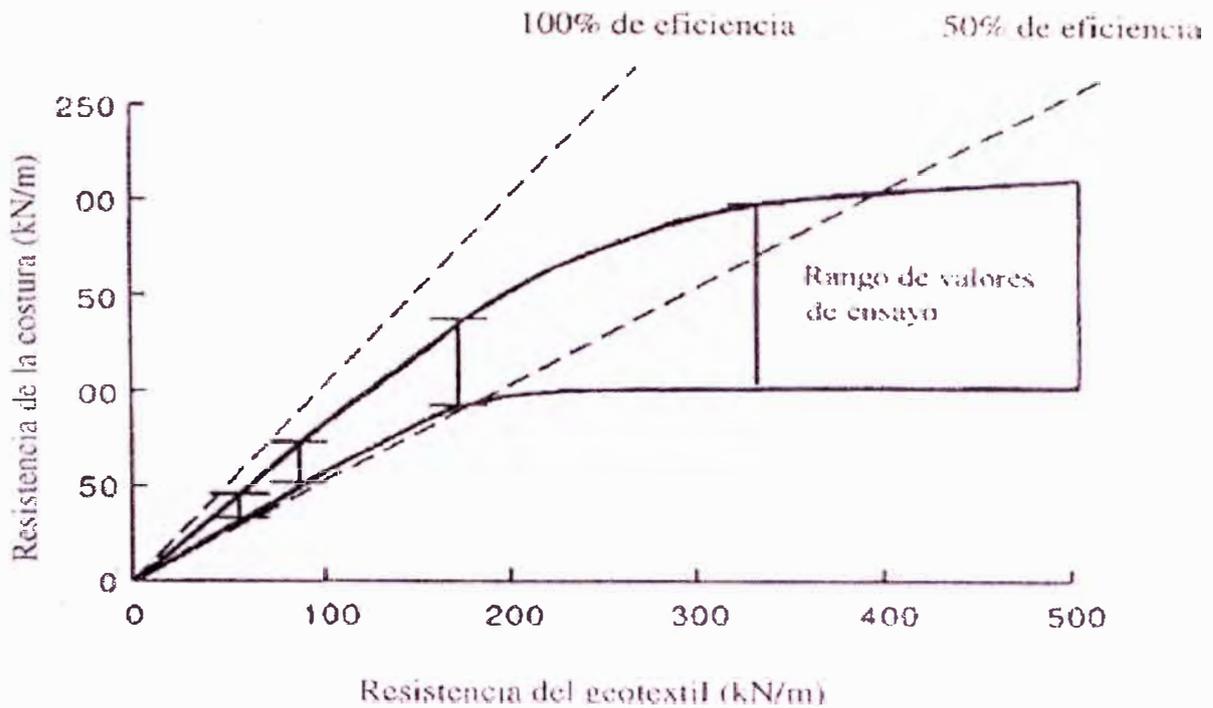


Figura N° 2.27
 Comportamiento de campo de costuras de geotextiles

❖ Resistencia al Punzonamiento

Norma: IV E – 902, ASTM D D4833, ICONTEC 3299 (C16.168/91)

Esta norma establece el método para determinar el índice de resistencia al punzonamiento de geotextiles y consiste en colocar un espécimen sin tensión, entre las placas circulares del dispositivo anular de sujeción de la máquina de ensayo. Se aplica una fuerza en la parte central, mediante una barra de acero sólido, conectada al indicador de carga, hasta que se rompa el espécimen. La máxima fuerza registrada corresponde a la resistencia al punzonamiento.

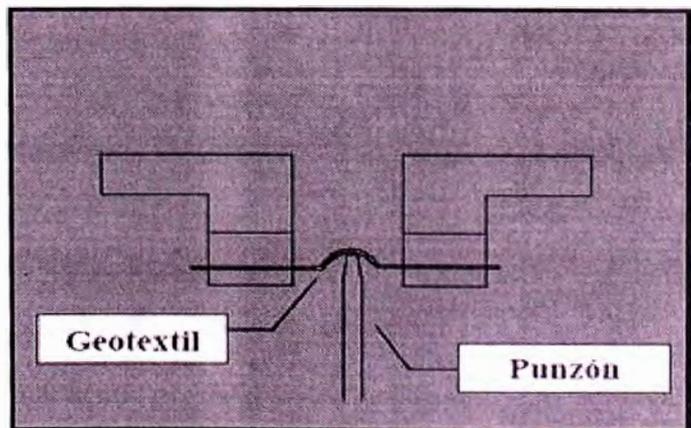


Figura N° 2.28
 Mecanismo del Punzonado

❖ Resistencia al Rasgado Trapezoidal

Norma: ASTM D 4533, ICONTEC 2003 (C16.113/84)

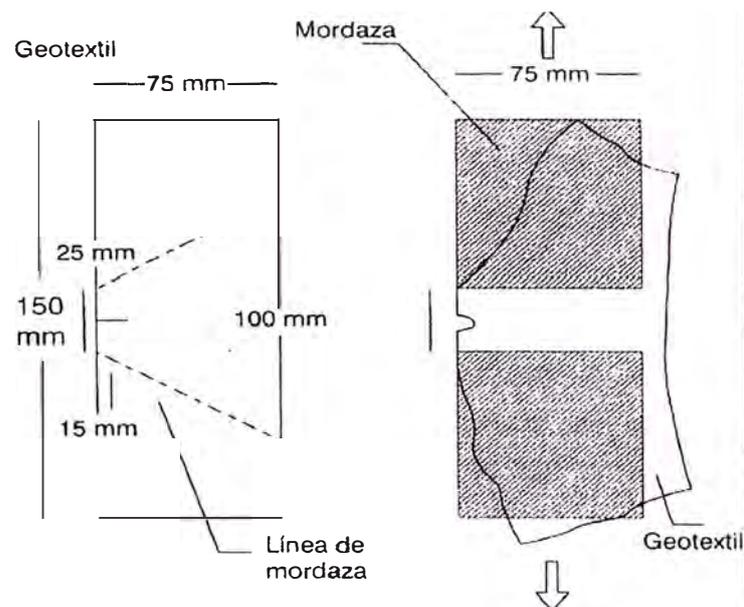
Este método de ensayo es un índice que permite determinar la fuerza requerida para continuar o propagar un rasgado en geotextiles tejidos, no tejidos, tejidos de punto y telas estratificadas, por el método trapezoidal.

Esta norma describe el procedimiento para la determinación de la resistencia al rasgado trapezoidal de geotextiles.

Este método corresponde a una propiedad índice y no ofrece la información suficiente para considerarse un criterio de diseño en todas las aplicaciones de geotextiles.

La resistencia al rasgado trapezoidal de geotextiles tejidos es determinada básicamente por las propiedades de las cintas o elementos que los constituyen, los cuales están sujetos por las mordazas. En geotextiles no tejidos, debido a que las fibras están dispuestas de una forma más o menos aleatoria y son capaces de reorientarse en dirección a la carga aplicada, la máxima resistencia al rasgado trapezoidal de la nueva reorientación se logra cuando se desarrolla una tensión mayor que la requerida para romper una o más fibras simultáneamente.

Figura N° 2.29
Resistencia al Rasgado
Trapezoidal



❖ Resistencia al Estallido

Normas: ASTM D 3786-87, ICONTEC 2 678 (C31.051/87)

Esta norma tiene por objeto determinar la resistencia de los geotextiles tejidos y no tejidos al estallido, empleando el método de ensayo de diafragma hidráulico (Mullen Burst). Esta norma determina una propiedad índice y consiste en prensar un espécimen de geotextil sobre un diafragma

expandible. El diafragma es expandido por presión de fluido hasta el punto de rotura del espécimen. La diferencia entre la presión total requerida para romper el espécimen y la presión requerida para inflar el diafragma se reporta como la resistencia al estallido.

Nota: Para los geotextiles tejidos se recomienda usar el ensayo de CBR Modificado GRI GS1-86 para determinar la resistencia al estallido.

2.6.3 Propiedades Hidráulicas

❖ Permeabilidad – Permitividad

Normas: ASTM D4491 o ISO/DIS 11058.

Este método de ensayo proporciona procedimientos para determinar la conductividad hidráulica (permeabilidad al agua) de los geotextiles en términos de permitividad bajo condiciones de ensayo estandarizadas, sin someter el espécimen a carga normal.

Esta norma incluye dos procedimientos:

1. Ensayo de cabeza constante: Se mantiene una cabeza de 50 mm de agua sobre el espécimen de geotextil durante el ensayo. Se determina el caudal por método volumétrico. El ensayo de cabeza constante es usado cuando el caudal de agua que pasa a través del geotextil es tan grande que se dificulta tomar lecturas en el cambio de la cabeza con respecto al tiempo.
2. Ensayo de cabeza variable: Se establece una columna de agua que pasa a través del espécimen de geotextil y se toman las lecturas de los cambios de cabeza con respecto al tiempo. El caudal de agua a través del geotextil debe ser lo suficientemente lento para obtener medidas exactas.

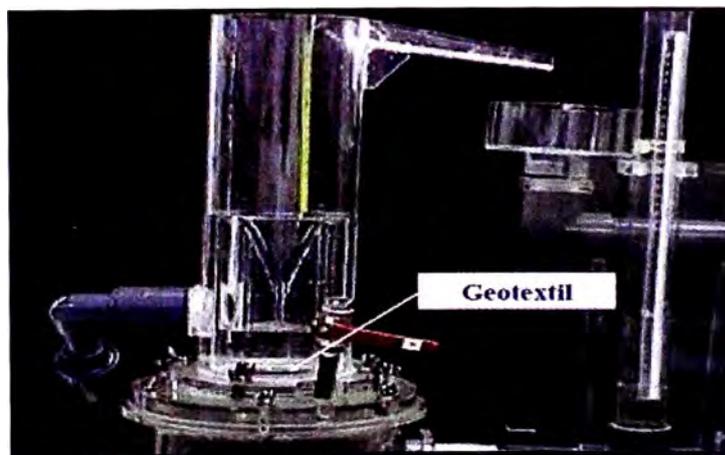


Figura N° 2.30

Equipo para el Ensayo de Permeabilidad

Se ha demostrado que los datos obtenidos utilizando cualquiera de los dos ensayos arrojan resultados concordantes.

La selección del método de ensayo se deja a criterio del responsable del ensayo.

❖ Tamaño de la Abertura Aparente

Norma: ASTM D4751 – 95, ICONTEC

Este método de ensayo consiste en colocar un espécimen de geotextil en un marco de tamiz y sobre él se colocan unas partículas de cristal graduadas. El conjunto se agita enérgicamente para inducir el paso de las partículas a través del geotextil (Ver *Figura N° 2.31*). El procedimiento se repite para el mismo espécimen con varios tamaños de partículas de cristal hasta determinar el Tamaño de Abertura Aparente (TAA). Esta propiedad también se conoce como AOS (Apparent Opening Size).

Al usar un geotextil como un medio para retener partículas de suelo, se necesita una compatibilidad entre el geotextil y el suelo adyacente. Este método de ensayo es usado para indicar el TAA en un geotextil, donde se refleja la dimensión de la abertura más grande disponible para que un suelo pueda atravesarlo.



Figura N° 2.31

Equipo para el Ensayo de Tamaño de Abertura Aparente

2.6.4 Propiedades del Medio Ambiente

❖ Deterioro de los Geotextiles a la Luz Ultravioleta

Norma: ASTM D 4355-92

Este método cubre la evaluación de la disminución de la resistencia a la tensión de geotextiles expuestos a luz ultravioleta y al agua.

El aparato para la exposición a la luz y al agua, emplea como fuente de luz un arco de xenón.

Los geotextiles son elaborados con diferentes procesos y formulaciones de polímeros, haciendo que posean diferentes sensibilidades a la radiación ultravioleta. Esta radiación proveniente del Sol, cambia según el tiempo de exposición, el ángulo de inclinación sobre el horizonte; condiciones topográficas, atmosféricas y la geografía del lugar. El ensayo que usa el arco de Xenón no puede simular todas estas variables, por lo que se debe relacionar directamente este ensayo a la luz artificial, con resultados de ensayos de exposición directa al sol para cada geotextil específico, al igual que para cada lugar.

Este procedimiento evalúa geotextiles bajo condiciones normalizadas de humedad y temperatura para tres diferentes periodos de tiempo junto con probetas sin exposición a la luz ultravioleta. Este método de ensayo permite al usuario desarrollar curvas de degradación de los geotextiles que se estén ensayando.

La curva de deterioro obtenida de este ensayo permite al usuario determinar la forma de como se deteriora un geotextil cuando está expuesto simultáneamente a la luz ultravioleta y al agua.

2.6.5 Control de Calidad de los Geotextiles

Para el control de Calidad, son considerados muchos factores cuando se ensayan geotextiles:

Preparación de la Muestra

Calibración de los aparatos de laboratorio

Métodos de ensayos apropiados.

Frecuencia de los ensayos

El proveedor del material geosintético: Geotextil No Tejido, de alto módulo de tenacidad: Fortex BX90 ha sido la Empresa “Andex del Norte”, cuyo proveedor asimismo es la Empresa: Lafayette.

❖ Control de Calidad del Producto:

Por lo tanto investigando a la Empresa Lafayette observamos que ésta sigue el protocolo ASTM y el INVIAS para geosintéticos.

ASTM D-4354 – Práctica estándar para ensayos de muestreo en geosintéticos.

I.N.V. E – 908 Método de muestreo de geosintéticos para ensayo.

Lafayette certifica la calidad del material suministrado a un cliente, de acuerdo con las siguientes normas:

ASTM D 4759 –Práctica estándar para establecer la conformidad de las especificaciones de un geosintético.

I.N.V. E –909 Práctica para establecer la conformidad de especificaciones de geosintéticos.

ICONTEC –Certificado de conformidad.

Los ensayos realizados para el control de calidad en esta Empresa son los siguientes:

Resistencia a la tensión ASTM D-4632(Método Grab)

Resistencia a la tensión (Método de la tira ancha) ASTM D-4595 para geotextiles

Resistencia al punzonamiento ASTM D-4833

Resistencia al rasgado ASTM D-4533trapezoidal

Resistencia al estallido ASTM D-3786(Mullen Burst)

Tamaño de abertura aparente ASTM D-4632

Permeabilidad por Permitividad ASTM D-4491

Resistencia a UV (% retención a 500 hr) ASTM D-4355

❖ Control de Calidad de Desempeño:

Se trata de ensayos a escala en los que se modelan las condiciones reales de desempeño de los materiales geosintéticos. Como resultado de ellos se establecen aspectos fundamentales para el diseño de estructuras en suelo

reforzado tales como:

- Factores de reducción (daños por instalación, creep, durabilidad)
- Coeficientes de interacción suelo-geosintético

Estos aspectos son requeridos para efectuar diseños confiables siguiendo metodologías establecidas por diferentes entes reconocidos (Institutos de Investigación, Universidades) y otros como la FHWA (Federal Highway Administration) y la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

a. Estabilidad estructural del Geosintético

GRI GS 10 – Creep y Comportamiento a la rotura por Creep.

Periodo de Tiempo (años)	F.S. Creep
75	1.62
114	1.64

b. Durabilidad

GRI GG 8 – Peso Molecular promedio.

GRI GG 7 y ASTM D 2455 – Nivel de grupos carboxilos finales.

Peso Molecular promedio (gr/mol)	Grupo Carboxilo
27967	15.2

- c. Resistencia al arrancamiento o pull out (Coeficiente de interacción suelo-geosintético).
- d. Resistencia – Conexión con Bloques de Concreto.

2.6.6 Certificaciones de Calidad

Asimismo de las Investigaciones encontramos: Que la Empresa Lafayette certifica la calidad del material suministrado a un cliente, de acuerdo a las siguientes normas:

ASTM (American society for testing and materials) D 4759 –Práctica estándar para establecer la conformidad de las especificaciones de un geosintético

I.N.V. (Instituto Nacional de Vías) E –909 Práctica para establecer la conformidad de especificaciones de geosintéticos

ICONTEC (Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación) – Certificado de conformidad.

CAPITULO III

CONSIDERACIONES AL SELECCIONAR UN GEOTEXTIL

3.1 Metodologías de Diseño de Muros

3.1.1 Diseño por Experiencia

Basado exclusivamente en la experiencia, requiere un gran número de datos experimentales representativos previos.

Este método no es recomendable y su uso es muy delicado ya que es poco preciso, y desconoce el desarrollo tecnológico de los geosintéticos.

3.1.2 Diseño por Especificaciones

En la actualidad cada fabricante obtiene el valor de las propiedades de su producto, utilizando las normativas que rigen el país donde este ubicado; esto obviamente puede generar un gran número de criterios que hacen imposible el realizar comparación entre productos de uno u otro país. Por lo anterior, dos organismos la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el comité TASK FORCE # 25, el cual lo conforman la AASHTO; la American Building Contractors (ABC) y la American Road Builders and Transportation Association (ARBTA) están tratando de unificar todas las propiedades de estos materiales.

Estos grupos han realizado esencialmente el mismo conjunto o recomendaciones para las propiedades mínimas de los geotextiles en las siguientes áreas:

- Separación (Para subrasante de suelo firme)
- Separación y Estabilización (Para subrasante de suelos blandos)
- Filtración (Geotextiles para drenaje)
- Control de Erosión (Debajo de rocas)
- Control de sedimentos (Cerramiento temporal de sedimentos)
- Control de la reflexión de grietas (Estructura de pavimentos)

Cuando se utiliza el método de diseño por especificación a menudo se listan los requerimientos mínimos de las propiedades del geotextil, mientras que comúnmente el fabricante lista los valores promedios por lote ó el valor mínimo promedio de las propiedades de los rollos. Comparando este valor de especificación con los valores listados por los organismos antes citados, no se está haciendo una comparación bajo el mismo criterio; esto porque el valor promedio es el resultado de los ensayos hechos por el fabricante de una propiedad en particular a su histórico de producción. Lo anterior puede ser una recopilación de miles de ensayos realizados a lo largo de varios meses ó años de producción para un tipo de geotextil. De esta forma el valor promedio del lote es considerablemente más alto que el valor mínimo como se ve en la *Figura N° 3.1* en donde el valor intermedio entre estos dos extremos es el valor mínimo promedio del rollo ó MARV.

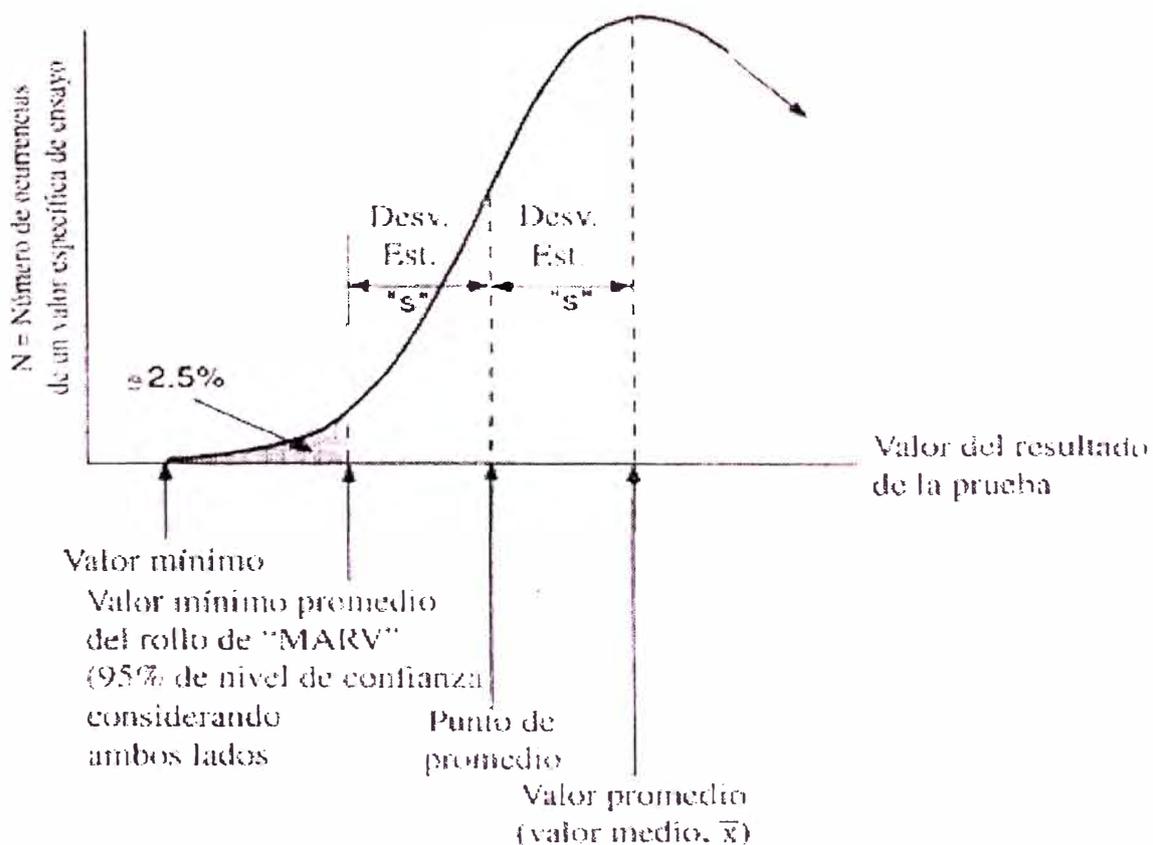


Figura 3.1 Relaciones relativas de diferentes valores usados en la especificación de los Geotextiles y la literatura de los fabricantes

El valor mínimo promedio del rollo es el promedio de un respectivo número de ensayos hechos con un número de rollos seleccionados del lote en

cuestión, lo cual es un área limitada para evaluar una situación en particular. Este valor es probablemente dos desviaciones estándar menores que el promedio del lote. De esta forma se ve que el MARV es el mínimo de una serie de valores promedio límites de un rollo. Estos valores son mostrados sistemáticamente en la *Figura N° 3.1*. En la gráfica se puede ver que estadísticamente más o menos el 16% de estos valores serán menores que $X-S$; 2.5% será menor que $X-2S$, y 0.15% será menor que $X-3S$

Donde:

X = Valor medio

S = Desviación estándar

En resumen, el método de diseño de especificación debe ser comparado bajo un mismo criterio. En este intento, si se lista los valores mínimos promedio de los rollos, entonces la lista de fabricante de valores promedio deben ser reducidos con dos variaciones estándar (aproximadamente 5 a 20%) este promedio de valores de lote son tomados.

Solamente el valor promedio mínimo de los rollos (MARV) tomados por el fabricante pueden ser comparados con la especificación de valores MARV uno a uno.

3.1.3 Diseño por Función

Consiste en evaluar la función principal para la cual se especifica el geosintético (separación, refuerzo, drenaje, filtración ó protección) y basándose en ello, calcular los valores numéricos de la propiedad requerida. De esta forma se realiza una elección del geosintético atendiendo aspectos cualitativos y cuantitativos. En algunos casos se requieren cumplir varias funciones alternativamente, por lo tanto, la selección del geosintético a emplear será más segura si este puede desarrollar las funciones simultáneamente.

Para que los geosintéticos puedan proporcionar un grado de seguridad suficiente en el desarrollo de sus funciones, su fabricación a partir de las materias primas debe ser estrictamente controlada mediante la evaluación de sus propiedades durante el proceso de fabricación.

No obstante, la forma en que el geosintético desarrollará sus funciones no

depende únicamente del proceso de fabricación, sino que dependerá en gran parte de la correcta instalación en obra. De esto se deduce la necesidad de realizar una supervisión cuidadosa en la instalación del geosintético si se desea conseguir un completo desarrollo de sus funciones.

El factor de seguridad será el resultado de dividir el valor del ensayo típico de la propiedad relevante para la función principal (valor admisible), entre el valor requerido para dicha propiedad obtenido según algún método ó norma de diseño representativo de la realidad.

Según lo anterior:

$$FS = \frac{\text{Valor Admisible}}{\text{Valor Requerido}}$$

Si el factor de seguridad así obtenido es suficientemente mayor que la unidad, el geosintético seleccionado es el adecuado.

En resumen se pueden establecer los siguientes pasos a seguir en el desarrollo del diseño por función:

- a. Evaluar la aplicación del geosintético considerando los materiales que van a estar en contacto con él.
- b. Dependiendo de las condiciones en la obra, escoger un factor de seguridad adecuado.
- c. Especificar la función primaria del geosintético.
- d. Calcular numéricamente el valor de la propiedad requerida del geosintético basándose en su función primaria.
- e. Obtener el valor de la propiedad permisible por ensayo.
- f. Calcular el factor de seguridad como cociente del valor de la propiedad permisible entre el valor de la propiedad requerida.
- g. Comparar el factor de seguridad obtenido con el deseado.
- h. Si el factor de seguridad no es aceptable, reiniciar el proceso con un geosintético de características superiores.
- i. Si el factor de seguridad es aceptable, comprobar si otras funciones del geosintético pueden ser críticas ó relevantes y escoger el más completo.

3.1.4 Diseño por Costo y Disponibilidad

El diseño con geotextiles basados en el costo y disponibilidad es simplista. Se toman los fondos ó recursos disponibles, se dividen por el área que necesita recubrirse y se calcula un máximo geotextil admisible según su precio unitario. El geotextil con las mejores propiedades es seleccionado dentro de un precio límite.

Este método (utilizado en los años setenta) es obviamente débil técnicamente y no debe seguirse por su alto riesgo en la operación de las obras y su desconocimiento a las normativas y requerimientos de cada Geotextil.

3.2 Consideraciones Básicas y Parámetros de Diseño

Algunos de los factores que deben tenerse en cuenta para seleccionar el tipo de Muro de contención de suelo reforzado son:

Altura del muro propuesto y topografía resultante.

Relación de compatibilidad entre las características mecánicas del suelo y el refuerzo.

Parámetros geotécnicos del terreno natural, de fundación y el agua freática.

Disponibilidad de materiales para la construcción del muro.

Evaluación económica.

Tiempo disponible para la construcción.

Impacto ambiental y apariencia.

Para el caso del Proyecto Grupal realizado tomamos en cuenta las siguientes consideraciones, parámetros y metodología de Diseño.

3.2.1 Consideraciones Básicas:

Las principales consideraciones básicas para el Diseño, son:

- a. La zona de suelo reforzado está formada por el suelo de relleno reforzado por capas horizontales de geotextil. La zona de refuerzo puede

- estar inclinada un ángulo b y/o tener una sobrecarga uniforme q .
- b. El relleno puede ser el propio suelo local reforzado. Puede estar inclinado con un ángulo b y tener una sobrecarga q . Para algunas aplicaciones se deberá de incluir un drenaje dentro del relleno.
 - c. El suelo de cimentación es el que se encuentra inmediatamente debajo del muro o de la base de la zona de suelo reforzado.
 - d. Para los incisos a, b, c, se pueden usar una gran variedad de suelos, sin embargo, se prefieren los suelos friccionantes. Los suelos con altos porcentajes de finos, de baja plasticidad, CL, ML, SC, SM pueden usarse, considerándole siempre un drenaje adecuado.
 - e. El refuerzo del suelo se realiza por medio de capas horizontales de geotextiles de alto módulo y de alta resistencia para crear un compuesto: “suelo-reforzado” (a semejanza del concreto reforzado) que actúa como una estructura monolítica de gravedad. El refuerzo soporta principalmente tensiones, lo que le permite al suelo permanecer vertical.
 - f. La cara del muro es un elemento estructural sólido, conectado directamente al geosintético de refuerzo, colocado en la parte frontal de la zona reforzada, para contener el suelo de manera permanente.

3.2.2 Parámetros 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 en la *Tabla N° 3.1* se presentan los factores de seguridad recomendados por la FHWA en la publicación FHWANHI-00-043 para muros en suelo mecánicamente estabilizados con geosintéticos y taludes en suelo

reforzado:

Estabilidad externa:

Al deslizamiento	F.S. > 1.5 para muros, F.S. > 1.3 para taludes reforzados
Excentricidad e en la base	L/6 en suelo, L/4 en roca (L profundidad del muro)
Capacidad portante	F.S. > 2.5
Estabilidad por asentamientos	F.S. > 1.3
Estabilidad bajo sismos	F.S. > 75% de los F.S. estáticos en todos los modos de falla

Estabilidad interna:

Resistencia al pull-out	F.S. > 1.5
Estabilidad interna para muros	F.S. > 1.3

Tabla N° 3.1
 Factores de Seguridad para la Estabilidad Externa e Interna

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 lo que indica la *Tabla N° 3.2*.

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 N° 3.2
 Valores recomendados de la Longitud de Empotramiento

Las longitudes de empotramiento pueden ser mayores, dependiendo de las características de hinchamiento o contracción del suelo, valores de socavación o actividad sísmica.

3.2.3 Metodología de Diseño.

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.

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.
- La separación entre capas.
- 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 $\geq 0.85 * \text{altura máxima}$. Esta dimensión deberá ser revisada durante el análisis de estabilidad externa.
- Desarrollar los diagramas de presión lateral de tierras para la sección reforzada.
- Calcular los máximos esfuerzos horizontales en cada capa de refuerzo.

Determinar la resistencia a la tensión admisible del geotextil.

$$T_{adm} = T_{ult} / FS$$

$$FS = (FR_{ID} * FR_{FL} * FR_{DQB})$$

Donde:

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

FS = Valores recomendados de 1.3 a 1.5 para condiciones estáticas.

FR_{ID} = Factor de Reducción por daños durante la instalación.

FR_{FL} = Factor de Reducción por carga continua sobre el geotextil (fluencia).

FR_{DQB} = Factor de Reducción por degradación química/biológica.

Los valores recomendados para los factores de reducción se encuentran en la siguiente *Tabla. N° 3.3*:

Area	Daños por instalación	Fluencia	Degradación Química/Biológica
	FR _{ID}	FR _{FL}	FR _{QAB}
Separación	1.1 a 2.5	1.5 a 2.5	1.0 a 1.5
Caminos no pavimentados	1.1 a 2.0	1.5 a 2.5	1.0 a 1.5
Muros de contención	1.1 a 2.0	2.0 a 4.0	1.0 a 1.5
Terraplenes sobre suelos blandos	1.1 a 2.0	2.0 a 3.5	1.0 a 1.5
Fundaciones	1.1 a 2.0	2.0 a 4.0	1.0 a 1.5
Estabilización de taludes	1.1 a 1.5	2.0 a 3.0	1.0 a 1.5
Ferrocarriles	1.5 a 3.0	1.0 a 1.5	1.5 a 2.0

Tabla N° 3.3

Valores recomendados de los Factores de Reducción

Determinación del espesor de capa:

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

T_{adm} = Tensión admisible del Geotextil.

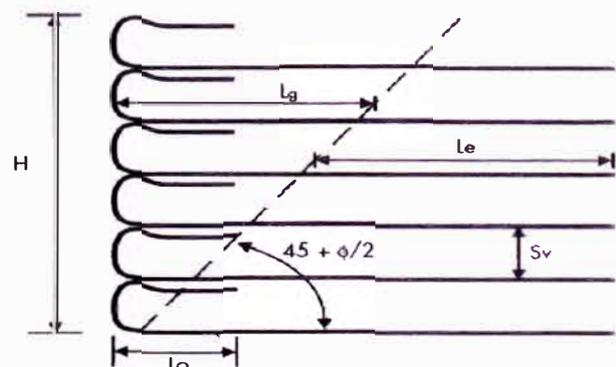
σ_h = Empuje horizontal total a la profundidad considerada.

FS = Factor de seguridad global.

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.

Longitud geométrica hasta la zona de falla, L_g



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

Figura N° 3.2

Esquema de las longitudes en un Muro de Suelo Reforzado

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 se desarrollan las fuerzas resistentes.

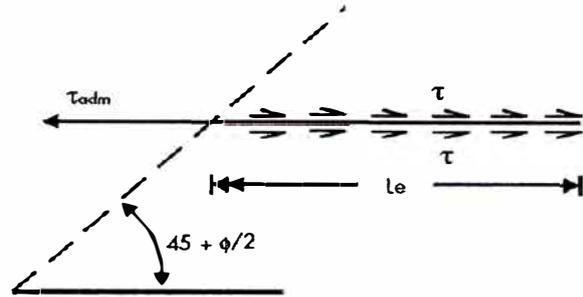


Figura N° 3.3

Esquema de la longitud de empotramiento

$$L_e = \sigma_h \cdot S_v \cdot FS / 2 (c + \sigma \cdot \tan \delta)$$

δ = ángulo de fricción entre el suelo y el geotextil

L_o = Longitud del dobléz superior. Asumirla igual a 1.0m

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

Análisis de Estabilidad Externa

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 estructuras de contención convencionales (Ver *Tabla N° 3.1*).

$$FS_D = \frac{\sum \text{Fuerzas Horizontales Resistentes}}{\sum \text{Fuerzas Horizontales Actuantes}}$$

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. (Ver *Tabla N° 3.1*).

$$FS_v = \frac{\sum \text{Momentos Resistentes}}{\sum \text{Momentos Actuantes}}$$

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.

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 de terreno de cimentación a través de la expresión propuesta para un elemento de cimentación tipo zapata corrida (Terzaghi & Peck, 1967)

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

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.

3.3 Programas de Diseño

Entre los programas de Diseño encontramos los siguientes:

- Geosoft: De Pavco para muros de contención de suelo reforzado con Geomalla
- Macstars de Maccaferri para muros de contención de suelo reforzado con el sistema de Terramesh
- Mesa Pro 2 - de TDM

En el presente proyecto se efectuaron los cálculos en hojas de excel, los cuales se muestran en el Anexo 3.

CAPITULO IV

ESPECIFICACIONES Y PROCEDIMIENTOS DE INSTALACION

4.1 Especificaciones Técnicas del Geotextil

Las Especificaciones Técnicas tienen como finalidad recomendar una serie de valores mínimos (o máximos), unificando los diferentes criterios existentes, además de normalizar el suministro y colocación de Geotextiles para las diferentes aplicaciones que involucren su uso.

Las especificaciones técnicas más utilizadas para el desarrollo de nuestro proyecto grupal, y en si para este tema en especial son las Normas AASHTO.

Lo cual no implica que existan otras normas importantes para las diferentes aplicaciones que comprende el Geosintético en los diferentes campos de la Ingeniería Civil.

Entre las entidades generadoras de Normas a nivel mundial, tenemos:

- International Organization for Standards (ISO)
- American Society for Testing and Materials (ASTM)
- Geosynthetic Research Institute (GRI)
- German Standards Committee for Geotextiles (DIN)
- Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherche sur les Matériaux et les Construction (RILEM)
- L'Association Française de Normalisation (AFNOR)
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

Según AASHTO – M 288-96, tenemos:

Clase 1: Para condiciones de supervivencia severa o ruda, donde hay un gran potencial de daño del geotextil.

Clase 2: Para condiciones de supervivencias típicas; ésta es una clasificación por defecto a ser usada en ausencia de información específica del sitio.

Clase 3: Para condiciones de supervivencia menos exigentes.

TABLA 7. PREVENCIÓN DEL AGRIETAMIENTO REFLEJO - REQUERIMIENTOS
AASHTO M288-96 DE LAS PROPIEDADES DE LAS TELAS DE PAVIMENTACION

	Método de Ensayo	Unidades	Requerimientos
Resistencia Grab	ASTM D4632	N	450
Masa por unidad de área	ASTM D3776	gm/m ²	140
Elongación última	ASTM D4632	%	≥ 50
Retención de asfalto*	Texas DOT Item 3099	l/m ²	* [†]
Punto de fusión	ASTM D276	° C	150

* Asfalto requerido para saturar solo el tejido de pavimentación. La retención de asfalto debe proporcionarse con el certificado de fabricación. Los valores no indican la tasa de aplicación asfalto requerida para construcción. Para una discusión sobre la tasa de aplicación del asfalto, referirse al Apéndice de AASHTO M288-96: Guía de Construcción/Instalación.

[†] La propiedad de retención de asfalto del producto debe cumplir el MARV proporcionado en la certificación del fabricante.

DISEÑO MURO DE SUELO REFORZADO CON GEOTEXTIL

1.00 GEOMETRÍA DEL MURO

Datos del Proyecto

Altura del muro	H	4.00 m
Longitud	L	20.00 m
Inclinación de la cara	B	90 °

2.00 PARAMETROS GEOTÉCNICOS

MATERIAL DE RELLENO

(Ver anexo N° Ensayos de suelos de Relleno)

Cohesión	C	0.00 T/m ²
Ángulo de fricción interna	Φ	32.5 °
Límite Líquido	LL	25
Límite Plástico	LP	15
Pasa Tamiz N° 200	%finos	13.09 %
Contenido humedad natural	ω _n	0.3 %
Máxima densidad seca	φ _{dmax}	2.25 T/m ³
Densidad de control (95% MDS)	φ _t	2.14 T/m ³
Contenido humedad óptimo	ω _{opt}	5.9 %

SUELO DE FUNDACIÓN

(Ver Anexo de Ensayo de Suelo de Fundación)

Cohesión	C	31.00 T/m ²
Ángulo de fricción interna	Φ	36 °
Límite Líquido	LL	
Límite Plástico	LP	
Pasa Tamiz N° 200	%finos	
Densidad (Peso específico)	ρt	2.59 T/m ³

(Se calcula el promedio de las tres muestras Ver Anexo de Ensayos de Suelo de Fundación)

Nota: No se determina limite líquido ni limite plástico, ya que el suelo de fundación es roca

3.00 EVALUACIÓN DE CARGAS

Carga uniforme	0.55 T/m ²
----------------	-----------------------

(No se esta considerando carga vehicular, solo una s/c por el material que va encima del muro y que actúa en distintos puntos de el)

4.00 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD INTERNA

Estimación de la base	$B = 0.7 \times H =$	2.80 m
-----------------------	----------------------	--------

(Se estima el 70% de la altura del muro)

DATOS DEL MATERIAL DE REFUERZO

Geotextil FORTEX BX90		
Resistencia a la tracción (método de la tira ancha) ASTM D4595	Tult	106.30 KN/m

FACTORES DE REDUCCIÓN

Por Creep	FR creep	1.62
-----------	----------	------

Es un factor de reducción por esfuerzo constante, como el material es sensible al flujo plástico (polimero). Tiempo de vida util de 75 años. Se toma como referencia la Hoja Técnica de Geotextiles FORTEX (ver anexo)

Por Daños durante la instalación	FR id	1.10
----------------------------------	-------	------

Es un factor de reducción por daños causados en el geotextil al momento de instalar considerando el uso de equipos y maquinaria no pesada durante la construcción. Se toma como referencia la Guía de instalación y diseño del fabricante. (ver anexo)

Por durabilidad química y biológica	FR qb	1.05
-------------------------------------	-------	------

Es un factor que considera los daños por degradación química y biológica, en este proyecto el geotextil no va estar expuesto a degradación química ni biológica, por eso consideramos como factor 1.05

Ver Especificaciones Técnicas según AASTHO M-288-96 en el Anexo 1.

Los fabricantes pueden reportar sus Especificaciones Técnicas usando 2 tipos de valores:

1. Valores Promedios (también llamados Típicos): representan la Media Aritmética de los ensayos. Nivel de confiabilidad muy baja (50%), no recomendable, usado como valor referencial para Control de Calidad de Fabrica.
2. Valores Mínimos Promedio por Rollo: Representan a la Media Aritmética afectada en 2 veces la Desviación Estándar de Fabricación. Nivel de Confiabilidad muy alto (97.5%), recomendado por TODAS las instituciones ligadas a la investigación y diseño con Geosintéticos. Usado para efectos comparativos con Especificaciones de un determinado proyecto, para aprobar o no un material propuesto.

4.2 Procedimiento de Instalación

A continuación se presenta el procedimiento constructivo que se desarrollo en nuestro Proyecto Grupal.

4.2.1 Trabajos Preliminares:

- Reconocimiento del Lugar

Figura 4.1

Zona de Trabajo del Proyecto Grupal



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

Figura 4.2

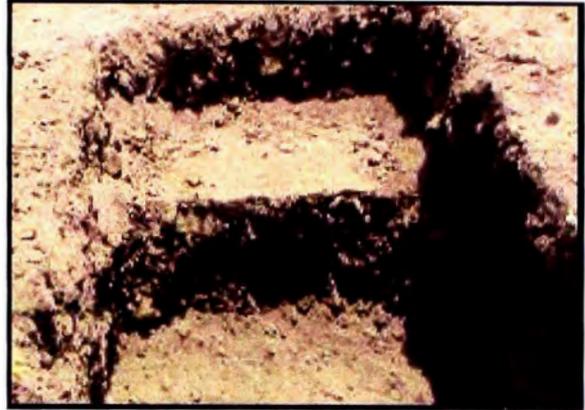
Trazo de la Zona de Trabajo



- Asimismo realizar las calicatas en las zonas de trabajos para la realización del Estudio de Suelos del Terreno de Fundación, observar que encontramos en el terreno de fundación a 20 cm, material rocoso.

Figura 4.3

Calicatas de la Zona de Trabajo



- Se observa también que tenemos detrás de la zona de trabajo una huaca arqueológica, la cual estamos impedidos de tocar, Se toma la orientación de la roca de la huaca.

Figura 4.4

Buzamiento de la Zona de Trabajo



- Nivelar la superficie de cimentación, usando para ello un colchón del material de relleno de 8" de espesor, debidamente compactado hasta alcanzar el 95% de la MDS requerida según el ensayo de suelos.
- Limpiar la superficie donde se colocara el geotextil, a fin de evitar daños en ella, tales como: cortes, pliegues, contaminación, etc.

4.2.2 Preparando el Geotextil a Utilizar:

- El geotextil utilizado en este caso es Geotextil No Tejido Frotas BX90, provisto por la Empresa Andex del Norte, cuyo proveedor asimismo es: Lafayette.
- Se debe movilizar el material desde su almacén a la zona de trabajo.
- Luego, se deberá cortar al geotextil según las dimensiones dadas en el diseño y en los planos de construcción. asegurando la longitud necesaria para el traslape y envolvimiento del mismo en las capas de relleno.

4.2.3 Preparando el Relleno de Material Seleccionado:

- Se debe seleccionar el material de relleno de acuerdo a los requerimientos del diseño y para los fines con el cual ha sido creado la estructura. Realizar Estudio de Suelos.
- Transportar y almacenar el material de relleno en una zona adecuada.

4.2.4 Construcción del Muro de Contención.

- El encofrado a utilizar será removible, utilizamos encofrado mixto, pies metálicos y tablonces de madera.

- Colocaremos los pies espaciados a 1.20 m y tablonces de madera de 1" de espesor., ambos serán amarrados con alambre de construcción.

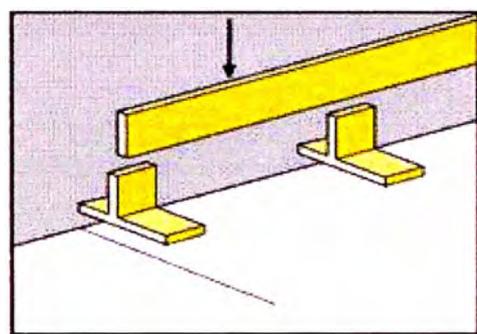


Figura 4.5
Colocación del Encofrado

- Colocar la primera capa de Geotextil.
El geotextil se debe disponer por capas, evitando los pliegues o arrugas sobre el subsuelo o la capa previamente realizada, siguiendo la dirección del esfuerzo principal y garantizando la profundidad de colocación. Se debe fijar para garantizar su tensionamiento.

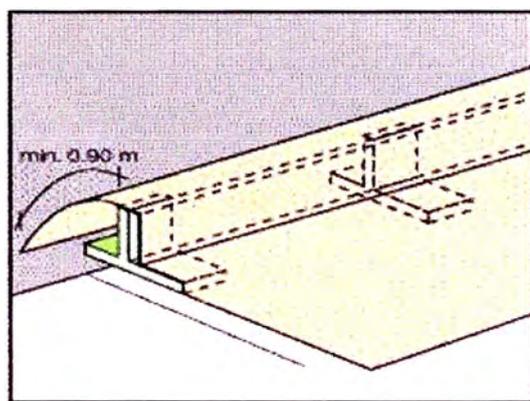


Figura 4.6
Colocación de la primera capa de geotextil

- Se deberá dejar hacia los extremos geotextil una longitud necesaria para el cierre de la siguiente capa, en la forma que se indica en la figura.

Figura 4.7
Colocación del Encofrado y del Geotextil
en el proyecto Grupal



- **Traslapos:** los traslapos se deberán hacer en forma transversal a la dirección del esfuerzo principal en un ancho de 30 cm aproximadamente. En ningún caso se deberá hacer en la dirección del talud o muro. El traslazo se deberá hacer en forma continua a lo largo de toda la superficie de refuerzo.



Figura 4.8
Vista del traslape

- Coloque aproximadamente la mitad del espesor de la capa de material de relleno y compacte.

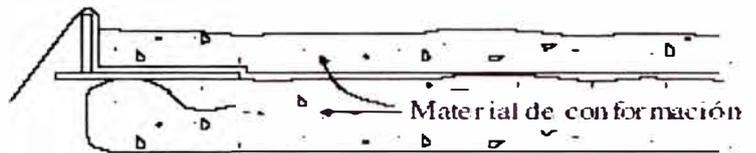
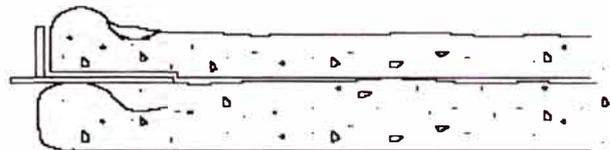


Figura 4.9
Relleno y Compactación de la 1era capa

- Coloque un montículo de material contra el encofrado completar un poco más de la altura total de la capa y compacte.

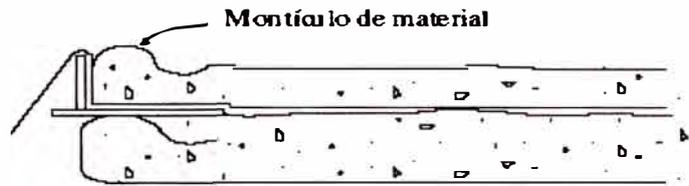
Figura 4.10
Colocación de un montículo de relleno



- Coloque la cola de geosintético sobre la superficie del montículo y asegúrelo colocando un espesor de material de relleno sobre la punta de la cola. En caso de que esta medida no sea suficiente, instale grapas metálicas o ganchos en forma de U clavados en el material térreo.

Figura 4.11

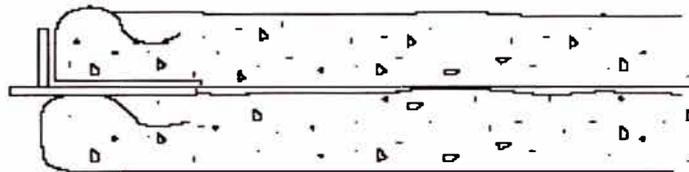
Colocación de un montículo de relleno



- Complete el relleno hasta lograr el espesor de capa especificado.

Figura 4.12

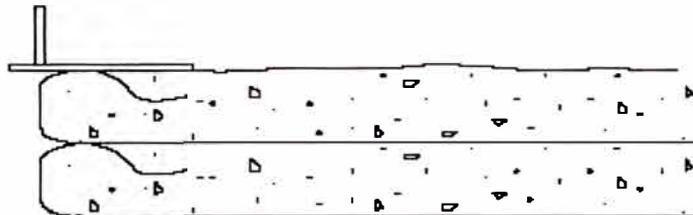
Colocación del doblez del geotextil sobre el montículo de relleno



- El material de relleno deberá colocarse directamente sobre el geotextil, en capas de 25 cm., compactándola adecuadamente según diseño hasta alcanzar el 95% de la Máxima Densidad Seca obtenida en el laboratorio para el ensayo de proctor.
- Retire el encofrado mixto y repita el procedimiento hasta la altura indicada en el diseño.

Figura 4.13

Reutilización del encofrado



- 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.

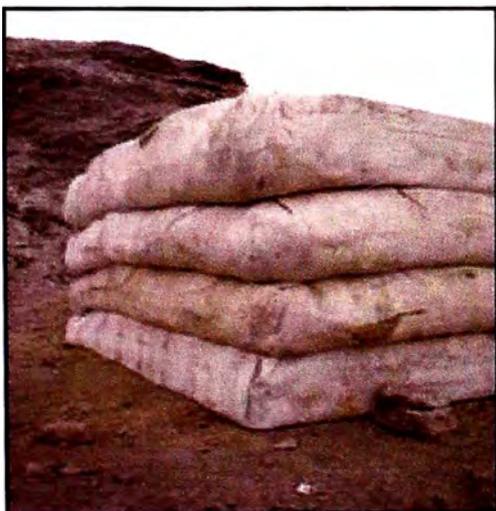


Figura 4.14

Finalización del Proyecto Grupal

- El principio de funcionamiento de este sistema se basa en el hecho que la tira de geosintético actúa como un anclaje que soporta la cara del talud, principio que tiene fundamento en la interacción de éste con el material granular. Por lo tanto, es fundamental garantizar las características del material granular, el tensionamiento del geosintético y la compacidad de cada una de las capas que conforman el muro.

4.2.5 Sistema de Drenaje y Subdrenaje:

El muro o talud debe contar con un sistema de captación y manejo tanto de aguas superficiales como subterráneas, a fin de garantizar la estabilidad del muro y la condición mecánica del relleno compactado. En nuestro caso no utilizamos ningún sistema de drenaje ni subdrenaje porque la zona donde nos encontramos es escasa de lluvias y de aguas subterráneas. Sin embargo no dejaremos de hablar de ellas porque es un tema importante en la construcción de muros de contención de suelos reforzados.

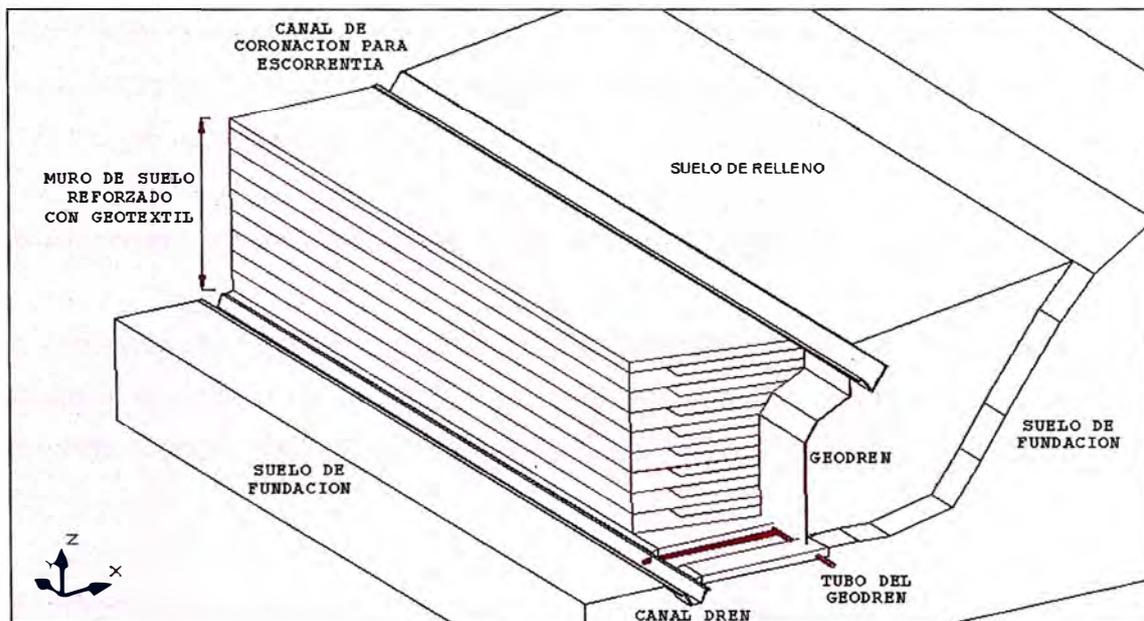


Figura 4.15

Sistema de Drenaje y Sub-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 escurrimiento superficial minimizando así la infiltración. Estas estructuras pueden ser cunetas, zanjas de coronación, disipadoras, entre otros. La

aplicación de este tipo de obras depende de las condiciones particulares de cada sitio.

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:

- a. 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.
- b. Lloraderos: 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 1/2 " o geodrenes planares.

4.2.6 Alternativas de Fachadas – Control de Erosión

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.
- 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.

- **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. Este es el tipo de fachada que se utilizó para nuestro Proyecto Grupal, más rápida y más económica.
- **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.
- **Geotextil:** Si las obras son temporales, 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.

4.3 Recomendaciones

- Almacenar bajo cubierta al geotextil.
- Colocar sobre una superficie plana y lisa.
- No colocar rollos en forma transversal a otros. Cuando se requiera el almacenamiento en exteriores, el material debe quedar levantado de la superficie al menos 50 cm para evitar la humedad y deberá cubrirse con carpas o lonas para evitar la acción de la intemperie. Cada uno de los rollos viene identificado con una etiqueta en la que se relacionan un número y un código de barras que identifican la pieza o rollo y lo relacionan con los registros de producción y de control de calidad. Se recomienda conservar la etiqueta que contiene esta información, la cual va adherida al empaque de cada rollo.
- Se recomienda utilizar material de la mejor calidad disponible. La granulometría del material pétreo y su angularidad son fundamentales, pues a mayor fricción entre partículas, mayor interacción del geosintético con el agregado y por lo tanto mejor desempeño. El material pétreo o suelo se deberá colocar en capas de espesor no mayor a 20 cm y se deberá compactar como mínimo hasta lograr un peso unitario mayor o igual al 95% del máximo obtenido en la prueba de compactación Proctor.

CAPITULO V

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

5.1 Proveedores

5.1.1 Pavco – Amanco – Tenax

Tecnología - Geomalla:

Una estructura a base de polímeros, unidireccional o bi-direccional, conformada por una red regular de costillas conectadas de forma integrada por extrusión, con aberturas de suficiente tamaño para permitir la trabazón del suelo, piedra u otro material geotécnico circundante.

Geomallas TT Mono-orientadas Tenax:

HDPE, alta resistencia química

Alta resistencia a la tensión en sentido longitudinal al 2% y 5% de deformación

Alta resistencia en los nodos

Alta rigidez flexural

Interlock (trabazón)

Resistencia pullout

Geomallas LBO Bi-orientadas Tenax:

Material Inerte, Resistencia Química

Alta Resistencia a la tensión en sentido longitudinal y transversal al 2% y 5% de deformación

Alta Resistencia en los nodos

Interlock (trabazón)

Alta Resistencia flexural

5.1.2 Maccaferri – TDM: Tecnología del Material

En la búsqueda de disminuir el costo de las obras de estabilización y contención de taludes, MACCAFERRI direccionó sus esfuerzos en la búsqueda de nuevas técnicas constructivas que permitan la utilización de soluciones disponibles y así obtener economía con máxima seguridad.

Así nació el Sistema Terramesh®, basándose en el principio de suelo reforzado anteriormente explicado y la tecnología desarrollada a inicios de los años 60 por el Profesor Henri Vidal conocida mundialmente como "terre armée" (tierra armada). Esta idea puede ser encontrada en la misma naturaleza, tan solo observando como el suelo gana resistencia por la presencia de raíces (fibras) en su estructura que trabajan como tensores.

Maccaferri presenta la solución Terramesh® en dos formas distintas.

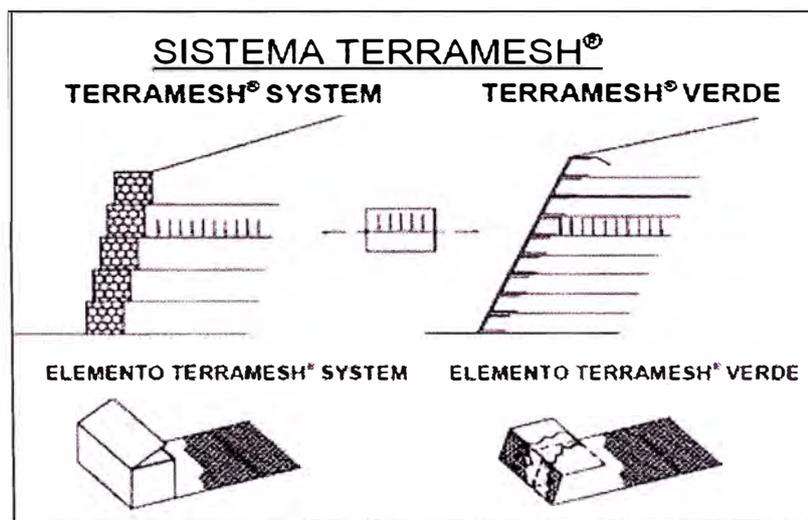


Figura 5.1
 Sistema Terramesh

Terramesh® System: Compuesto por refuerzos en malla hexagonal a doble torsión asociados a un paramento frontal formado por la misma malla y piedras, formando cajas (puede presentar un paramento vertical o escalonado).

Terramesh® Verde: Compuesto por refuerzos en malla hexagonal a doble torsión asociado a un paramento frontal formado por la unión de la misma malla a una geomanta o biomanta tridimensional y reforzado por una malla electro soldada acoplada a triángulos de acero, que definirán la inclinación

del paramento. Este sistema es ideal para la construcción de taludes reforzados.

La utilización de la malla hexagonal de doble torsión garantiza un refuerzo continuo sobre el plano horizontal. De esta manera se obtienen armaduras longitudinales continuas, que logran que la interacción entre el relleno y la malla no solo sea por fricción, sino por corte y trabazón entre las partículas del suelo y la malla. Esto se debe a las grandes dimensiones de la abertura de la malla hexagonal comparada con el diámetro del alambre, que se traducen en un aumento general de resistencia del refuerzo, que no ocurre con materiales que trabajan únicamente a fricción.

5.1.3 Andex del Norte – Lafayette

Características de los Geosintéticos Lafayette.

Los geotextiles de alto módulo Fortex® y geomallas de refuerzo Fortgrid® son geosintéticos producidos con multifilamentos orientados de Poliéster (Tereftalato de Polietileno) de alto peso molecular (mayor a 25.000 g/mol y grupos carboxilos finales menores a 30), los cuales poseen una alta relación resistencia a la tensión – deformación (con tenacidades mayores a 8 gpd, superiores a los de cualquier otro polímero utilizado para la fabricación de geosintéticos.

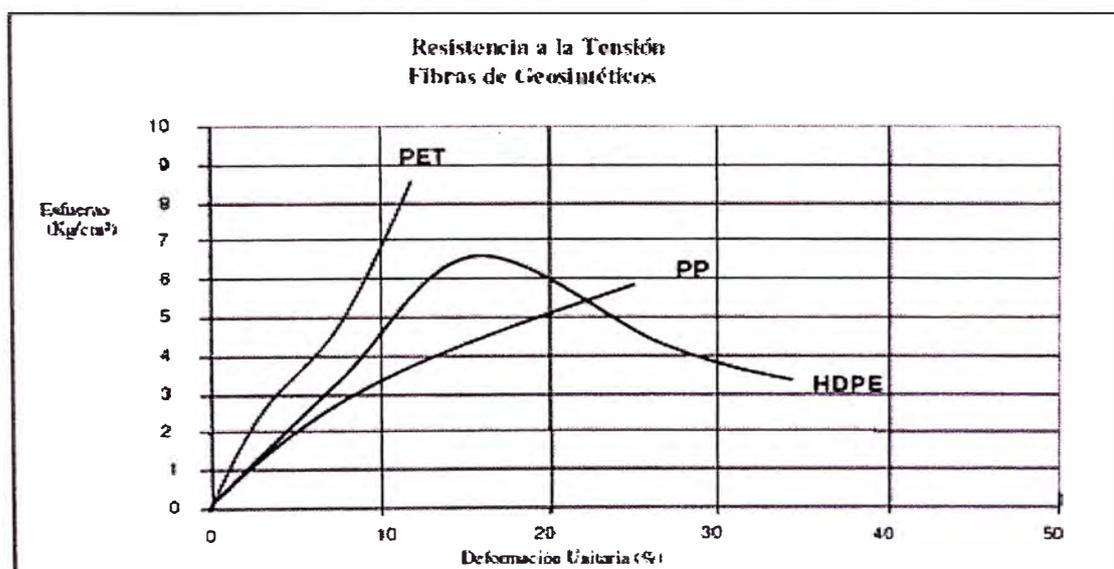


Figura N° 5.2

Curva Esfuerzo – Deformación, Geosintéticos de Poliéster

Estos geosintéticos son fabricados utilizando la técnica de tejido por inserción, en la cual las fibras horizontales y transversales se disponen independientemente, entrelazándolas con un tercer grupo de fibras que se insertan ajustando los nodos. De esta forma, durante su desempeño las fibras principales permanecen rectas, confiriéndoles así la propiedad de dar refuerzo desde muy bajas deformaciones garantizando estabilidad en las propiedades hidráulicas en cualquier condición de confinamiento o tensionamiento.

Por lo anterior, los geotextiles de alto módulo Fortex® y geomallas de refuerzo Fortgrid® brindan un rápido desarrollo de resistencia a la tensión y alta resistencia a la rotura, características que los hacen preferidos para aplicaciones de refuerzo de muros y taludes, estabilización de subrasantes y refuerzo de estructuras de pavimentos y carpetas asfálticas, entre otras.

Control de Calidad e Instalación

Los geotextiles de alto módulo FORTEX® son fabricados a través de un sistema de producción verticalmente integrado. La producción inicia con el proceso de hilatura, donde un grupo de control de calidad, apoyado en pruebas de laboratorio, monitorea permanentemente desde la tenacidad del hilo hasta las propiedades mecánicas finales del geosintético.

Las principales características de los geotextiles FORTEX® son obtenidas a partir de ensayos realizados en nuestros laboratorios siguiendo las exigencias de las Normas Técnicas ASTM. Y algunas características como la resistencia a la tensión y la elongación son corroboradas adicionalmente en un laboratorio GAI-LAP (Laboratorio acreditado por el Instituto de Geosintéticos para la ejecución de ensayos e investigación sobre geosintéticos), garantizando así las características y desempeño de los productos.

Lafayette S.A., cuenta con un grupo de investigación y desarrollo liderado por la Subgerencia de Geosintéticos, con el respaldo de la Gerencia Técnica y Desarrollo y la Subgerencia de Calidad, quienes tienen a su cargo el mejoramiento permanente de los productos que están en el mercado y la creación nuevos productos buscando la excelencia en la satisfacción de los

consumidores de geosintéticos de Alto Módulo.

Cada una de las piezas de geotextil Fortex está identificada y los registros de calidad correspondientes son presentados en un certificado que se envía junto con el material.

Manejo Transporte y Almacenamiento

Cada rollo de geosintético es entregado dentro de un empaque plástico que lo protege durante el transporte y almacenamiento. Una vez en el sitio de la obra, se recomienda:

- Almacenar bajo cubierta

- Colocar sobre una superficie plana y lisa

- No se deben colocar rollos en forma transversal a otros

Cada uno de los rollos viene identificado con un número y un código de barras que relacionan los registros de producción y de control de calidad, por lo cual, se recomienda conservar la etiqueta que contiene esta información, la cual va adherida al empaque de cada rollo.

5.2 Ventajas y Desventajas en la utilización de los geosintéticos de los diferentes proveedores.

5.2.1 Sistema de Geomalla – Pavco / Amanco /Tenax

Ventajas:

- Reducción en el consumo de agua del 32%.

- La emisión de partículas al medio ambiente se redujo en un 92%.

- Reducción del consumo de energía del 21%.

- Programas de reutilización y reciclaje, logrando una reducción del 50% en la generación de residuos.

Deventajas:

- Debe utilizar un sistema de encofrado como muros de bloquetas el cual permita que la geomalla este amarrada y tensa para que pueda resistir los esfuerzos.

- Debe tener un adecuado sistema de drenaje.

- Su proceso constructivo debe estar claro y explicito para que lo lleven a

No acepta mayores deformaciones, es decir no trabaja en suelos blandos.



Figura N° 5.3

Sistema de Muro de Contención con Geomalla

5.2.2 Sistema Terramesh – Maccaferri / TDM

Ventajas:

Economía (reducción Economía (reducción en costos totales 30% en costos totales 30% a 60%) a 60%)

Variedad de acabados

Compensación de masas en el proyecto

Facilidad de correcciones durante el proceso el proceso constructivo

Actividad generadora de empleo

La flexibilidad, que brinda a la estructura la posibilidad de acompañar los asentamientos del terreno de fundación, manteniendo la integridad estructural

La permeabilidad del paramento externo garantiza el drenaje del terreno

La simplicidad constructiva permite que una estructura Terramesh® sea ejecutada manualmente, con instalaciones y equipamientos mínimos (aquellos necesarios para la construcción de un relleno compactado), inclusive en las regiones más inhóspitas. El elemento Terramesh® permite la realización del paramento externo y armadura de refuerzo de forma continua;

forma continua;

La versatilidad, que permite la construcción de estructuras con paramento externo vertical, inclinado y/o en escalones, según las necesidades.

Buscando minimizar el impacto ambiental es posible insertar, durante la construcción de la estructura Terramesh®, gajos de distintas especies vegetales nativas y en el caso de Terramesh® Verde, se puede proceder con la aplicación de hidrosiembra sobre el paramento de la estructura recién construida;

Seguridad estructural en caso de incendio en las proximidades de la estructura (debido a la presencia de malla de acero);

Absorción acústica del paramento externo (18 a 28 decibeles).

No es necesario de encofrados para su construcción

Puede utilizarse como material de relleno cualquier tipo de suelo, siempre y cuando no sea expansible.

Desventajas:

Alta dependencia del factor climático

Limitación para siembra de árboles siembra de árboles (enraizamiento profundo)

Suministro de materiales

Las redes que lo atraviesan deben ser flexibles

Inadecuado almacenamiento materiales

Porcentaje de humedad en el suelo de relleno

Instrucciones poco claras a los operarios (conocimiento de los materiales, sentido de corte e instalación de material geosintético, manejo de traslapos)

Sobrecargas

Protección de la Malla Hexagonal: Es imprescindible que los paneles de malla hexagonal, usados como refuerzo, sean producidos con alambres que presenten revestimiento metálico (Galfan®) y la protección adicional de un segundo revestimiento plástico (PVC o equivalente). Esta recomendación esta basada en el hecho que no existe diferencia significativa entre la capacidad de anclaje de una malla galvanizada y una plastificada, y en esta última la durabilidad y la seguridad del Sistema Terramesh® es mucho mayor ya que asegura una completa protección

Requiere de material granular (Piedra) el cual puede resultar costoso sino se encuentra en la zona de trabajo.

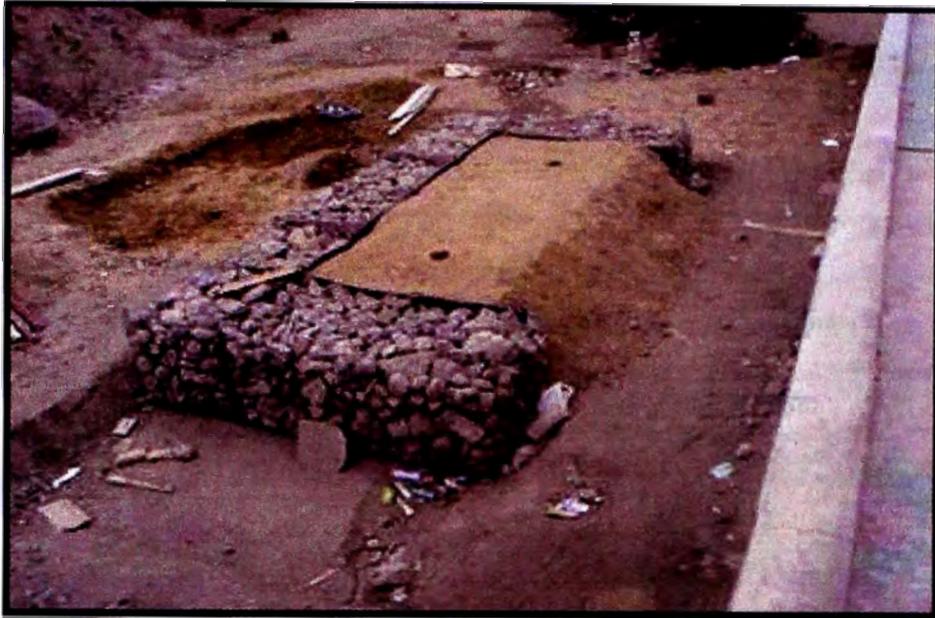


Figura N° 5.4

Sistema de Muro de Contención con Terramesh

5.2.3 Sistema de Geotextil No Tejido – Lafayette / Andex del Norte

Ventajas:

Gran ventaja por su economía derivada de la utilización del suelo local y de su bajo costo.

Menor impacto ambiental, puesto que su utilización en general reduce la necesidad de remoción de suelo de cimentación y minimiza el consumo de material para la construcción del muro, generalmente aprovechando los propios materiales disponibles de la zona.

Fácil proceso constructivo, por lo cual no requiere de mano calificada.

Se puede utilizar material de relleno de la misma zona de trabajo, lo cual abarata los costos.

El geotextil no tejido Bx90 posee la mayor resistencia entre los demás lo cual significa que acepta asentamientos grandes y superiores a comparación de otros.

Utiliza encofrado removible lo cual abarata los costos.

No es necesario que siempre tenga un sistema de drenaje, esto depende de la zona de trabajo.

Puede utilizar diferentes acabados de fachada, dependiendo de la economía y de lo que se quiera.

Desventajas:

Como acabado de protección en los muros de tierra reforzada, al utilizarse un producto asfáltico, deberá hacerse un mantenimiento de este acabado cada dos años como máximo, ó según requerimiento, limpiándose la superficie e imprimando nuevamente.

Requiere de un adecuado estudio de suelos del terreno de fundación y del material de relleno.

Requiere de un adecuado diseño, utilizando todos los parámetros reales para la construcción.



Figura N° 5.5

Sistema de Muro de Contención con Geotextil

5.3 Resultados del análisis comparativo con la aplicación en Muros de Suelos Reforzados

Como se podrá observar se ha comparado exactamente los tres métodos realizados en campo de Muros de Contención de Suelo Reforzado, esto utilizando diferentes geosintéticos provisto por diferentes empresas.

CONCLUSIONES

1. El geotextil es uno de los materiales geosintéticos más completos y mas usados en el campo de la construcción ya que cumple con la mayoría (por no decir todas) las propiedades de los geosintéticos.
2. La función principal del geotextil es la de refuerzo, para la cual tiene diferentes aplicaciones como en el caso estudiado de muros de contención de suelos reforzados.
3. Todos los proveedores de Geotextil, no fabrican geotextiles con las mismas características, cada proveedor tiene sus características y especificaciones propias de acuerdo al uso y aplicación que ellos mismos ofrecen para cada tipo de material.
4. El Geotextil utilizado para el Proyecto es de Poliéster de Alta Tenacidad, poco común con respecto a otros geotextiles tejidos que son fabricados básicamente de polipropileno.
5. La principal característica que el geotextil tejido de poliéster de alta tenacidad tiene es como su nombre lo dice la alta tenacidad que nos da una resistencia a la tensión superior a las demás, por lo tanto su uso en suelos reforzados es de lo más adecuado especialmente cuando se trata de suelos blandos.
6. Asimismo el geotextil de alta tenacidad al tener una resistencia a la tensión superior a las demás, también tiene una resistencia a los rayos ultravioletas superior por lo que no requiere ensayos de negro de humo lo que origina que el geotextil tenga un color diferente (color blanco) a los demás geotextiles comunes (color negro).
7. Para el diseño y construcción es importante realizar un adecuado estudio de suelos tanto para el terreno de fundación como para el material de relleno, esto ayudará a que el sistema resista mayores deformaciones.
8. Según la tecnología que presenta el Geotextil como material de refuerzo, trabaja mejor con suelos arenosos.
9. Hacer un muro reforzado con geotextil es más económico que uno de geomalla. El costo del muro reforzado con geomalla es mayor que el de

geotextil porque se tiene que usar un geotextil no tejido en la cara frontal para contener al material.

10. Construir un muro reforzado con geotextil es económico siempre y cuando se cuente con suelo de relleno en la zona del proyecto, porque utilizar material de préstamo eleva el costo por metro lineal.
11. El geotextil como elemento de refuerzo para Muros de Contención, resulta una alternativa muy atractiva, no sólo económicamente, ni constructivamente, sino en términos generales, ya que nos permite desarrollar y promover una nueva tecnología en el campo de la construcción. La ingeniería no esta basada en usar métodos convencionales siempre, sino en ir innovando y aprendiendo de nuevas tecnologías que se encuentran en el camino, nos cuesta investigar lo nuevo y abrirle las puertas para seguir creciendo, pero si no investigamos e intentamos desarrollarlo, nunca podremos llegar a la mejor solución.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para fines de investigación, analizar primero la zona de trabajo y sus alcances que ella tiene, como por ejemplo los materiales de la zona, si hay agregados, piedra de canto rodado, etc. Luego de analizar bien la zona decidir que tipo de sistema se va a emplear.
2. Se recomienda realizar estudios de ingeniería como son estudios de suelos (ensayo de corte directo, de compactación, de granulometría y de contenido de humedad), geotécnicos (exploración de calicatas), topografía, hidrología y otras variables medio ambientales, los cuales servirán de base en el diseño y en la evaluación económica.
3. Se recomienda utilizar material de la mejor calidad disponible porque la granulometría del material y su angulosidad son fundamentales, pues a mayor fricción entre partículas, mayor interacción del geosintético con el agregado y por lo tanto mejor desempeño.
4. El material de relleno se deberá colocar en capas de espesor no mayor a 20 cm y se deberá compactar como mínimo hasta lograr un peso unitario mayor o igual al 95% del máximo obtenido en la prueba de compactación Proctor.
5. No colocar rollos en forma transversal a otros cuando se requiera el almacenamiento en exteriores, el material debe quedar levantado de la superficie al menos 50 cm para evitar la humedad y deberá cubrirse con carpas o lonas para evitar la acción de la intemperie.
6. Se recomienda pedir siempre al proveedor el certificado de calidad del material geotextil a utilizar, para tenerlo como certificación o en caso de algún daño exterior, realizar el control de calidad en campo y compararlo con el otorgado por el proveedor.
7. Se recomienda tener espaciamientos verticales del geotextil no mayores a 50cm. porque es el traslape máximo permitido para que el material no pierda sus propiedades y características para el cual esta siendo empleado.
8. La malla usada en el control de erosión puede ser utilizada para facilitar el encofrado.

9. Uno de los de los criterios a tener en cuenta cuando se quiere comparar costos son los parámetros de diseños, ya que constituye una variable necesaria en la evaluación económica de las diferentes alternativas de solución.

BIBLIOGRAFÍA

Tesis

- Mendoza Medrano, Juan Carlos - MURO DE CONTENCIÓN DE SUELO REFORZADO, UTILIZANDO MALLAS METÁLICAS Y GEOMALLAS.

Libros

- Braja M. Das - PRINCIPIOS DE INGENIERIA DE CIMENTACIÓN - 5ta Edición. Thomson Editores. México D.F. 2006
- Federal Highway Administration – GEOSYNTHETIC DESIGN AND CONSTRUCTION GUIDELINES - Publication N°FHWA HI 95 038 1998
- Juárez Badillo, E & Rodríguez R. – TEORIA Y APLICACIONES DE LA MECÁNICA DE SUELOS - Tomo 2 – Noriega Editores 2003
- Koerner, Robert M. - DESIGNING WITH GEOSYNTHETICS - 5ta Edición 2005
- Pavco, Amanco – MANUAL DE DISEÑO - 7ma Edición
- TECHNICAL MANUAL: ENGINEERING USE OF GEOTEXTILES
Departaments of the army and the air force 1995

Normas

- MTC – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS (EG – 2000)
- NORMAS ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

ANEXO 1

Tablas de Especificaciones Técnicas según las Normas AASHTO – M288 -96

Table 1—Geotextile Strength Property Requirements

	Test Methods	Units	Geotextile Class ^{a,h}					
			Class 1		Class 2		Class 3	
			Elongation <50% ^c	Elongation ≥50% ^c	Elongation <50% ^c	Elongation ≥50% ^c	Elongation <50% ^c	Elongation ≥50% ^c
Grab strength	ASTM D 4632	N	1400	900	1100	700	800	500
Sewn seam strength ^d	ASTM D 4632	N	1260	810	990	630	720	450
Tear strength	ASTM D 4533	N	500	350	400 ^e	250	300	180
Puncture strength	ASTM D 4833	N	500	350	400	250	300	180
Permittivity	ASTM D 4991	sec ⁻¹	Minimum property values for permittivity, AOS, and UV stability are based on geotextile application. Refer to Table 2 for subsurface drainage, Table 3 for separation, Table 4 for stabilization, and Table 5 for permanent erosion control.					
Apparent opening size	ASTM D 4751	mm						
Ultraviolet stability	ASTM D 4355	%						

- ^a Required geotextile class is designated in Tables 2, 3, 4, or 5 for the indicated application. The severity of installation conditions for the application generally dictates the required geotextile class. Class 1 is specified for more severe or harsh installation conditions where there is a greater potential for geotextile damage, and Classes 2 and 3 are specified for less severe conditions.
- ^b All numeric values represent MARV in the weaker principal direction. (See section 7.1.2)
- ^c As measured in accordance with ASTM D 4632.
- ^d When sewn seams are required. Refer to Appendix for overlap seam requirements.
- ^e The required MARV tear strength for woven monofilament geotextiles is 250 N.

Fuente: Normas AASHTO -M288 - 96

TABLA 2. REQUERIMIENTOS AASHTO M288-96 DE GEOTEXTIL PARA FILTRO SUBSUPERFICIAL (LLAMADO "DRENAJE" EN LA ESPECIFICACIÓN)

Método de Ensayo Unidades		Requerimientos			
		Porcentaje de suelo in-situ pasando 0.075mm			
		<15	15 a 50	>50	
Clase del Geotextil			Clase 2 *		
Permitividad ²	ASTM D4491	s ¹	0.5	0.2	0.1
Tamaño de apertura aparente ³	ASTM D4751	mm	0.43 valor máx. promedio del rollo	0.25 valor máx promedio del rollo	0.22 ⁵ valor máx promedio del rollo
Estabilidad ultravioleta (resistencia retenida)	ASTM D 4355	%	50% después de 500 hr de exposición		

* Selección del geotextil por defecto. El Ingeniero puede especificar un geotextil Clase 3 de la Tabla 2.2a si las condiciones son menos severas.

² Adicionalmente al valor de la permitividad por defecto, el ingeniero puede requerir la permeabilidad del geotextil y/o ensayar el comportamiento en ambientes de suelos problemáticos.

³ Debe efectuarse el diseño de un geotextil para un lugar específico, si se encuentran suelos altamente erosionable tales como limos no cohesivos; suelos de gradación con brecha; suelos laminares alternando arenas y limos; arcillas dispersivas; y/o piso de roca.

⁵ Para suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor de 7, el máximo ARV del geotextil es 0.30 mm.

Fuente: Normas AASHTO -M288 - 96

TABLA 3. REQUERIMIENTOS AASHTO M288-96 DE LA PROPIEDAD DE SEPARACIÓN DE LOS GEOTEXTILES

	Método de Ensayo	Unidades	Requerimientos
Clase del Geotextil			Clase 2 *
Permitividad	ASTM D4491	s ⁻¹	0.02 †
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D4751	mm	0.60 valor máximo promedio del rollo
Estabilidad ultravioleta (resistencia retenida)	ASTM D4355	%	50% después de 500 hr de exposición

* Selección del geotextil por defecto. El Ingeniero puede especificar un geotextil de Clase 3 a partir de la Tabla 2.2a si las condiciones son menos severas.

† Valor por defecto. La Permitividad del geotextil deberá ser mayor que la del suelo ($\psi_g > \psi_s$). El Ingeniero también puede requerir que la permeabilidad del geotextil ser mayor que la del suelo ($k_g > k_s$).

Fuente: Normas AASHTO - M288 - 96

TABLA 4. REQUERIMIENTOS AASHTO M288-96 DE LA PROPIEDAD DE ESTABILIZACION DE LOS GEOTEXTILES

	Método de Ensayo	Unidades	Requerimientos
Clase del Geotextil			Clase 1 *
Permitividad	ASTM D4491	s ⁻¹	0.05 [†]
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D4751	mm	0.45 valor máximo promedio del rollo
Estabilidad ultravioleta (resistencia retenida)	ASTM D4355	%	50% después de 500 hr de exposición

* Selección del geotextil por defecto. El Ingeniero puede especificar un geotextil de Clases 2 ó 3 a partir de la Tabla 2.2a si las condiciones son menos severas.

† Valor por defecto. La permitividad del geotextil deberá ser mayor que la del suelo ($\psi_g > \psi_s$). El Ingeniero también puede requerir que la permeabilidad del geotextil ser mayor que la del suelo ($k_g > k_s$).

Fuente: Normas AASHTO - M288 - 96

TABLA 5. REQUERIMIENTOS AASHTO M288-96 DEL GEOTEXTIL PARA CONTROL PERMANENTE DE LA EROSION

Método de Ensayo Unidades		Requerimientos			
		Porcentaje de suelo in-situ pasando 0.075mm			
		<15	15 a 50	>50	
Clase del Geotextil			Clase 2 *		
Geotextiles monofilamento tejidos					
Todos los otros geotextiles			Clase 1 * †		
Permitividad †	ASTM D4491	s ⁻¹	0.7	0.2	0.1
Tamaño de Abertura Aparente †	ASTM D4751	mm	0.43	0.25	0.22 [‡]
			valor máx. promedio del rollo	valor máx promedio del rollo	valor máx promedio del rollo
Estabilidad ultravioleta (resistencia retenida)	ASTM D 4355	%	50% después de 500 hr de exposición		

* La selección del geotextil por defecto es apropiada para piedras que pesen menos de 100 kg, altura de caída de las piedras menores de 1 m y geotextil protegido por un encamado de 150 mm de espesor. Aplicaciones mas severas requieren un incremento de la sobrevivencia del geotextil basado en una sección de prueba y puede requerir un geotextil con propiedades resistentes mas altas.

† El Ingeniero puede especificar un geotextil de Clase 2 a partir de la Tabla 2.2a si las condiciones son menos severas.

† El Ingeniero puede requerir la permeabilidad del geotextil y/o ensayar el comportamiento para sistemas de control de la erosión en ambientes de suelos problemáticos.

‡ Debe efectuarse el diseño de un geotextil para un lugar específico, especialmente si se encuentran suelos altamente inestables o erosionables tales como limos no cohesivos; suelos de gradación con brecha; suelos laminares alternando arenas y limos; arcillas dispersivas; y/o piso de roca.

** Para suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor de 7, el máximo ARV del geotextil es 0.30 mm.

TABLA 6. REQUERIMIENTOS AASHTO M288-96 PARA LA PROPIEDAD DE DEFENSA TEMPORAL CONTRA SEDIMENTOS

			Requerimientos		
			Defensa Soportada*	Defensa no soportada	
Método de Ensayo Unidades			Elongación del geotextil $\geq 50\%$ †	Elongación del geotextil $< 50\%$ †	
Máximo espaciamiento de postes			1.20 m	1.20 m	1.20 m
Resistencia Grab	ASTM D4632	N			
En dirección de la máquina			400	550	550
En dirección Transversal a la máquina			400	450	450
Permitividad	ASTM D4491	s ⁻¹	0.05	0.05	0.05
Tamaño de la Abertura Aparente †	ASTM D4751	mm	0.60	0.60	0.60
			valor máx. promedio del rollo	valor máx. promedio del rollo	valor máx. promedio del rollo
Estabilidad ultravioleta (resistencia retenida) †	ASTM D 4355	%	70% después de 500 hr de exposición	70% después de 500 hr de exposición	

* El soporte de la defensa contra sedimentos deberá consistir de malla de alambre gage 14 con un espaciamiento de 150 mm x 150 mm o una malla polimérica prefabricada de resistencia equivalente.

† Tal como se ha medido en concordancia con ASTM D4632.

‡ Estos valores por defecto de la propiedad de filtración están basados en evidencia empírica con una variedad de sedimentos. Para áreas ambientalmente sensitivas, debe realizarse una revisión de la experiencia previa y/o pruebas regionales específicas sobre los geotextiles.

TABLA 7. PREVENCIÓN DEL AGRIETAMIENTO REFLEJO - REQUERIMIENTOS AASHTO M288-96 DE LAS PROPIEDADES DE LAS TELAS DE PAVIMENTACION

	Método de Ensayo	Unidades	Requerimientos
Resistencia Grab	ASTM D4632	N	450
Masa por unidad de área	ASTM D3776	gm/m ²	140
Elongación última	ASTM D4632	%	≥ 50
Retención de asfalto*	Texas DOT Item 3099	l/m ²	* [†]
Punto de fusión	ASTM D276	° C	150

* Asfalto requerido para saturar solo el tejido de pavimentación. La retención de asfalto debe proporcionarse con el certificado de fabricación. Los valores no indican la tasa de aplicación asfalto requerida para construcción. Para una discusión sobre la tasa de aplicación del asfalto, referirse al Apéndice de AASHTO M288-96: Guía de Construcción/Instalación.

[†] La propiedad de retención de asfalto del producto debe cumplir el MARV proporcionado en la certificación del fabricante.

Fuente: Normas AASHTO -M288 - 96

TABLA 7. PREVENCIÓN DEL AGRIETAMIENTO REFLEJO - REQUERIMIENTOS
AASHTO M288-96 DE LAS PROPIEDADES DE LAS TELAS DE PAVIMENTACIÓN

	Método de Ensayo	Unidades	Requerimientos
Resistencia Grab	ASTM D4632	N	450
Masa por unidad de área	ASTM D3776	gm/m ²	140
Elongación última	ASTM D4632	%	≥ 50
Retención de asfalto*	Texas DOT Item 3099	l/m ²	* [†]
Punto de fusión	ASTM D276	° C	150

* Asfalto requerido para saturar solo el tejido de pavimentación. La retención de asfalto debe proporcionarse con el certificado de fabricación. Los valores no indican la tasa de aplicación asfalto requerida para construcción. Para una discusión sobre la tasa de aplicación del asfalto, referirse al Apéndice de AASHTO M288-96: Guía de Construcción/Instalación.

[†] La propiedad de retención de asfalto del producto debe cumplir el MARV proporcionado en la certificación del fabricante.

Fuente: Normas AASHTO - M288 - 96

ANEXO 2

Especificaciones Técnicas de los Diferentes Proveedores

PAVCO S.A.

Una empresa AMANCO

GEOTEXTILES TEJIDOS



	PROPIEDADES	NORMA	UNIDAD	T 1050	T 1400	T 1700	T 2100	T 2400	TR 4000
PROPIEDADES MECANICAS	Método Grab Resistencia a la Tensión Elongación	ASTM D-4632	N (lb) %	630 (142) 19	960 (216) 18	1080 (246) 20	1360 (306) 21	1590 (358) 22	2500 (562) 23
	Método Tira Ancha Sentido Longitudinal Elongación	ASTM D-4595	kN/m %	14 12	24 20	24 16	30 21	35 23	64 27
	Sentido Transversal Elongación	ASTM D-4595	kN/m %	18 13	25 14	29 16	35 17	41 18	64 18
	Resistencia al Punzonamiento CBR	ASTM D-6241	kN	2.4	3.8	4.2	5.3	5.9	9.5
	Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D-4533	N (lb)	260 (58)	270 (61)	400 (91)	470 (106)	530 (119)	730 (164)
	Método Mullen Burst Resistencia al Estallido	ASTM D-3786	kPa (psi)	2344 (340)	3381 (490)	3585 (520)	4485 (650)	5175 (750)	8619 (1250)
	Resistencia al Punzonamiento	ASTM D-4833	N (lb)	420 (95)	590 (133)	630 (142)	760 (171)	850 (191)	1330 (299)
	Res.UV %Ret.@500Horas	ASTM D-4355	%	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70
PROPIEDADES HIDRAULICAS	Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D-4751	mm (No.Tamiz)	0.425 (40)	0.425 (40)	0.425 (40)	0.600 (30)	0.600 (30)	0.300 (50)
	Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	0.4×10^{-2}	1.8×10^{-2}	1.4×10^{-2}	8.0×10^{-2}	8.0×10^{-2}	4.0×10^{-2}
	Permitividad	ASTM D-4491	s ⁻¹	0.1	0.3	0.2	0.8	0.8	0.3
	Espesor	ASTM D-5199	mm	0.4	0.6	0.7	1.0	1.0	1.3
PRESENTACION	Tipo de Polímero	Fabricante		PP	PP	PP	PP	PP	PP
	Rollo Ancho	Medido	m	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.83
	Rollo Largo	Medido	m	200	160	120	100	100	100
	Rollo Area	Calculado	m ²	770	616	462	385	385	383
FUNCION DEL GEOTEXTIL	Separación			■	■	■	■	■	■
	Estabilización			■	■	■	■	■	■
	Refuerzo					■	■	■	■

CONVENCIONES

PP : Polipropileno
ASTM : American Society for Testing and Materials
N/A : No Aplica

NOTAS

PAVCO S.A. se reserva el derecho de modificar las especificaciones que considere necesarias para garantizar la óptima calidad y funcionalidad de sus productos.

Los valores enunciados corresponden a los promedios estadísticos de los lotes de producción. Valores TÍPICOS.

Los geotextiles son productos fotodegradables, no biodegradables, no deben ser incinerados y se deben disponer en forma adecuada.

Para asesoría en diseño, procesos constructivos e instalación, favor contactar al Departamento de Ingeniería de PAVCO S.A.

Estos productos han sido manufacturados bajo los controles establecidos por un Sistema de Gestión de Calidad que cumple con los requisitos de ISO 9001:2000. El sistema ha sido certificado por BVQI.

Miembro Corporativo



International Geosynthetic Society



	PROPIEDADES	NORMA	UNIDAD	NT 1600	NT 1800	NT 2000	NT 3000	NT 4000	NT 5000	NT 6000	NT 7000	REPAV 400	REPAV 450
PROPIEDADES MECANICAS	Método Grab												
	Resistencia a la Tensión	ASTM D-4632	N (lb)	450 (102)	535 (120)	615 (138)	780 (176)	1060 (239)	1170 (263)	1430 (322)	1720 (387)	510 (115)	580 (131)
	Elongación		%	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50
	Resistencia al Punzonamiento	ASTM D-4833	N (lb)	250 (56)	290 (65)	350 (79)	430 (97)	640 (144)	670 (151)	790 (178)	970 (218)	290 (65)	340 (76)
	Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D-4533	N (lb)	190 (43)	220 (50)	255 (57)	350 (79)	415 (93)	450 (101)	520 (117)	540 (122)	210 (47)	230 (52)
PROPIEDADES MECANICAS	Método Mullen Burst												
	Resistencia al Estallido	ASTM D-3786	kPa (psi)	1310 (190)	1517 (220)	1758 (255)	2208 (320)	2967 (430)	3172 (460)	3861 (560)	4551 (660)	1449 (210)	1689 (245)
PROPIEDADES MECANICAS	Res.UV %Ret.@500Horas	ASTM D-4355	%	>70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70
PROPIEDADES HIDRAULICAS	Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D-4751	mm (No.Tamiz)	0.180 (80)	0.150 (100)	0.150 (100)	0.150 (100)	0.106 (140)	0.106 (140)	0.106 (140)	0.09 (170)	N.A	N.A
	Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	42 x 10 ⁻²	36 x 10 ⁻²	37 x 10 ⁻²	36 x 10 ⁻²	31 x 10 ⁻²	31 x 10 ⁻²	30 x 10 ⁻²	30 x 10 ⁻²	N.A	N.A
	Permitividad	ASTM D-4491	s ⁻¹	3.0	2.4	2.2	1.8	1.3	1.2	1.0	0.9	N.A	N.A
	Espesor	ASTM D-5199	mm	1.4	1.5	1.7	2.0	2.4	2.6	3.0	3.3	1.3	1.5
	Retención de Asfalto	ASTM D-6140	l/m ²	N.A	1.0	1.1							
PRESENTACION	Tipo de Polímero	Fabricante		PP	PP	PP							
	Rollo Ancho	Medido	m	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.8	3.8
			m	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8		
			m	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0		
	Rollo Largo	Medido	m	160	150	130	120	130	120	100	80	180	150
Rollo Area	Calculado	m ²	560	525	455	420	455	420	350	280	684	570	
		m ²	608	570	494	456	494	456	380	304			
		m ²	640	600	520	480	520	480	400	320			
Rollo Ancho Máximo	Medido	m	4.1	4.1	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2			
FUNCION DEL GEOTEXTIL	Filtración			■	■	■	■	■	■	■	■		
	Drenaje			■	■	■	■	■	■	■	■		
	Protección			■	■	■	■	■	■	■	■		
	Separación				■	■	■	■	■	■	■		
	Estabilización					■	■	■	■	■	■		
	Refuerzo						■	■	■	■	■		
	Repavimentación											■	■

Fuente: www.geosistemaspavco.com.co



PROPIEDADES	NORMA	UNIDAD	LBO 202		LBO 302		LBO 220		LBO 330		LBO 440	
			DM	DT	DM	DT	DM	DT	DM	DT	DM	DT
PROPIEDADES MECANICAS	Resistencia Tensión 2% Deformación.	GRI-GG1	4.5	6.6	7.0	12.0	7.0	7.0	10.5	10.5	14.0	15.0
	Resistencia Tensión 5% Deformación.	GRI-GG1	9.5	13.5	14.0	23.0	14.0	14.0	21.0	21.0	28.0	30.0
	Resistencia a la Tensión Pico.	GRI-GG1	13.0	20.5	17.5	31.5	20.0	20.0	30.0	30.0	40.0	40.0
	Deformación en el Punto de Fluencia.	GRI-GG1	%	16.0	13.0	12.0	10.0	11.0	10.0	11.0	10.0	11.0
	Resistencia en la Junta.	GRI-GG2	kN/m	11.7	18.5	15.8	28.5	-	-	-	-	-
	Rigidez Flexural.	ASTM D-1388	mg x cm x 1000	750	650	2000	800	-	-	-	-	-
PROPIEDADES FISICAS	Tamaño de Abertura.		28.0	38.0	28.0	38.0	41.0	31.0	40.0	27.0	34.0	27.0
	Espesor entre Juntas.		1.5	1.2	2.1	1.4	-	-	-	-	-	-
	Masa por Unidad de Area.	ISO 9864	g/m ²	210		350		270		420		650
PRESENTACIÓN	Tipo de Polímero.	Fabricante			PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP
	Color Estándar.				Negro	Negro	Negro	Negro	Negro	Negro	Negro	Negro
	Contenido de Carbón Negro.	ASTM D-1603			2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
	Ancho del Rollo.	Medido	m	4.0		4.0		4.0		4.0		4.0
	Largo del Rollo.	Medido	m	100		75		100		75		50
	Area del Rollo	Medido	m ²	400		300		400		300		200
	Diámetro del Rollo.	Medido	m	0.35		0.44		0.45		0.48		0.48
Volumen del Rollo.	Medido	m ³	0.50		0.80		0.83		0.94		0.95	

CONVENCIONES:

ASTM: American Society for Testing and Materials
ISO: International Standard Organization
DM: Dirección de la Máquina (Longitudinal al Rollo)
DT: Dirección Transversal (Transversal al Rollo)
PP: Polietileno

NOTAS:

TENAX LBO, son geomallas de polipropileno especialmente diseñadas para la estabilización de suelos y aplicaciones de refuerzo.

Las geomallas TENAX LBO son fabricadas mediante un único proceso de extrusión y tienen una doble orientación de alta resistencia a la tensión, tienen excelente resistencia contra daños por contrucción y por exposición al medio ambiente, además su geometría permite una excelente trabazón con el suelo a ser reforzado.

Aplicaciones comunes: Refuerzo de bases, reducción de las capas de estructuras de pavimentos, estabilización de subbases, estabilización de terraplenes, refuerzos de taludes, entre otras.





PROPIEDADES		NORMA	UNIDAD	TT 045	TT 060	TT 090	TT 120	TT 160
PROPIEDADES MECANICAS	Resistencia Tensión 2% Deformación.	GRI-GG1	kN/m	11.0	17.0	26.0	36.0	45.0
	Resistencia Tensión 5% Deformación.	GRI-GG1	kN/m	25.0	32.0	50.0	72.0	90.0
	Resistencia a la Tensión Pico.	GRI-GG1	kN/m	45.0	60.0	90.0	120.0	160.0
	Deformación en el Punto de Fluencia.	GRI-GG1	%	11.5	13.0	13.0	13.0	13.0
	Resistencia en la Junta.	GRI-GG2	kN/m	36.0	50.0	80.0	110.0	130.0
	Resistencia Diseño a Largo Plazo.	ASTM D-5262	kN/m	21.2	28.3	42.4	56.5	75.4
PROPIEDADES FISICAS	Tamaño de Abertura DM.	Medido	mm	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0
	Tamaño de Abertura DT.	Medido	mm	13/20	13/20	13/20	13/20	13/20
	Masa por Unidad de Area.	ISO 9864	g/m ²	300	400	600	800	1000
PRESENTACIÓN	Tipo de Polímero.	Fabricante		HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE
	Color Estándar.			Negro	Negro	Negro	Negro	Negro
	Ancho del Rollo.	Medido	m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Largo del Rollo.	Medido	m	100	75	50	30	30
	Area del Rollo	Medido	m ²	100	75	50	30	30
	Diámetro del Rollo.	Medido	m	0.35	0.35	0.35	0.35	0.40
	Volumen del Rollo.	Medido	m ³	0.13	0.123	0.123	0.123	0.16

CONVENCIONES:

- HDPE:** Polietileno de Alta Densidad
ASTM: American Society for Testing and Materials International Standard Organization
ISO: International Standard Organization
DM: Dirección de la Máquina (Longitudinal al Rollo)
DT: Dirección Transversal (Transversal al Rollo)

NOTAS:

TENAX TT, son geomallas mono-orientadas especialmente diseñadas para el refuerzo de suelos.

Las geomallas TENAX TT son fabricadas con una única tecnología de extrusión usando polímeros de alta calidad.

Las geomallas TENAX TT tienen alta resistencia a la tensión, gran capacidad de trabazón con el suelo, durabilidad y resistencia en las juntas tan alta como la resistencia de diseño a largo plazo.

Aplicaciones comunes: Muros de contención, taludes reforzados, reparación de deslizamientos, estabilización de terraplenes, refuerzos de taludes en relleno, entre otras.

TENAX®
Hombre, Tecnología, Ambiente.

MacTex®

Geotextil No Tejido en Poliester

Características técnicas

MacTex® es un geotextil agujado producido con hilos de poliéster.



Propiedades mecánicas			130	150	180	200	250	270	300	400	500	600
Resist. long. a la tracción (Tira Ancha)	kN/m	ABNT NBR 12824	7	8	9	10	14	14	16	21	26	31
Elong. longitudinal (Tira Ancha)	%	ABNT NBR 12824	50-65	50-65	50-65	50-65	50-65	50-65	50-65	50-65	50-65	50-65
Resist. transv. a la tracción (Tira Ancha)	kN/m	ABNT NBR 12824	6	7	8	9	12	12	14	19	23	27
Elongación transv. (Tira Ancha)	%	ABNT NBR 12824	60-75	60-75	60-75	60-75	60-75	60-75	60-75	60-75	60-75	60-75
Resist. longit. a la tracción (Grab Test)	N	ASTM D 4632	425	520	680	750	960	1000	1150	1550	1960	2350
Elongación longitudinal (Grab Test)	%	ASTM D 4632	> 60	> 60	> 60	> 60	> 60	> 60	> 60	> 60	> 60	> 60
Resist. transv. a la tracción (Grab Test)	N	ASTM D 4632	375	450	580	660	830	850	980	1320	1650	1980
Elongación transversal (Grab Test)	%	ASTM D 4632	>70	>70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70
Resistencia al punzonamiento	N	ASTM D 4833	245	280	340	380	465	480	550	700	850	1000
Resistencia al punzonamiento CBR	kN	ABNT NBR 13359	1,1	1,3	1,7	2,0	2,6	2,6	3,1	4,1	5,1	6,0
Resist. longitudinal al desgarre trapezoidal	N	ASTM D 4533	190	220	270	300	370	375	440	560	680	800
Resist. transversal al desgarre trapezoidal	N	ASTM D 4533	180	200	240	270	350	355	400	520	640	750
Resistencia al estallido	MPa	ASTM D 3786	1,0	1,2	1,5	1,7	2,2	2,2	2,6	3,4	4,2	5,0
Propiedades hidráulicas			130	150	180	200	250	270	300	400	500	600
Permeabilidad normal	cm/s	ASTM D 4491	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Permisividad	s ⁻¹	ASTM D 4491	2,5	2,4	2,1	2,0	1,8	1,8	1,5	1,2	1,0	0,9
Permeabilidad planar	cm/s	presión 20 kPa	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Transmisividad	cm ² /s	ASTM D 4716	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,11	0,12	0,15	0,18	0,21
Flujo de agua	l/s/m ²	ASTM D 4491	120	115	105	100	88	88	75	57	46	39
Abertura aparente mínima de filtración	mm	ASTM D 4751	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,09	0,07	0,06
Abertura aparente máxima de filtración	mm	ASTM D 4751	0,26	0,25	0,24	0,23	0,21	0,21	0,19	0,16	0,14	0,13
Propiedades físicas			130	150	180	200	250	270	300	400	500	600
Gramaje mínima	g/m ²	ABNT NBR 12568 ASTM D 5261	130	150	180	200	250	270	300	400	500	600
Espesor nominal	mm	ABNT NBR 12569 ASTM D 5199	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,1	2,3	3,0	3,5	4,1
Retención de asfalto	l/m ²	Task Force 25 #8	1,3	1,5	1,8	2,0	-	-	-	-	-	-
Presentación del rollo			130	150	180	200	250	270	300	400	500	600
Largo	m		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ancho	m		2.15 4.30									

Fuente: www.maccaferri.com.br

MacTex®

Geotextil No Tejido en Polipropileno

Características técnicas

MacTex® es un geotextil agujado producido con fibras de polipropileno.



Propiedades mecánicas			150	200	300	400	500	600	700
Resist. longit. a la tracción (Tira Ancha)	kN/m	ASTM D 4595	7	9	14	18	25	30	36
Resist. transv. a la tracción (Tira Ancha)	kN/m	ASTM D 4595	8	10	17	21	28	38	44
Elongación (Tira Ancha)	%	ASTM D 4595	> 60	> 60	> 60	> 60	> 60	> 60	> 60
Resist. longit. a la tracción (Grab Test)	N	ASTM D 4632	410	480	720	950	1300	1650	2100
Resist. transv. a la tracción (Grab Test)	N	ASTM D 4632	450	540	900	1100	1400	1900	2300
Elongación (Grab Test)	%	ASTM D 4632	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70
Resistencia al punzonamiento CBR	kN	ABNT NBR 13359	1,3	1,6	2,6	3,6	4,9	6,0	7,1
Resistencia long. al desgarre trapezoidal	N	ASTM D 4533	200	260	340	540	720	770	850
Resistencia transv. al desgarre trapezoidal	N	ASTM D 4533	235	330	410	630	800	1000	1100
Resistencia al estalido	MPa	ASTM D 3786	1,3	1,6	2,6	3,6	4,9	6,0	7,0

Propiedades hidráulicas			150	200	300	400	500	600	700
Permeabilidad normal	cm/s	ASTM D 4491	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Permisividad	s ⁻¹	ASTM D 4491	3,6	2,5	1,9	1,4	1,3	1,1	0,8
Transmisividad	cm ² /s	ASTM D 4716	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,15
Abertura aparente de filtración	mm	ASTM D 4751	0,15	0,13	0,11	0,09	0,07	0,06	0,04

Propiedades físicas			150	200	300	400	500	600	700
Gramaje	g/m ²	ABNT NBR 12568 ASTM D 5261	150	200	300	400	500	600	700
Espesor nominal	mm	ABNT NBR 12569 ASTM D 5199	1,1	1,6	2,1	2,8	3,1	3,7	4,5

Presentación del rollo			150	200	300	400	500	600	700
Largo	m		100	100	100	100	100	100	100
Ancho	m		2,15 4,30						

Fuente: www.maccaferri.com.br

MacTex®

Geotextil No Tejido en Poliester

Características técnicas

MacTex® es un geotextil agujado producido con fibras de poliester.



Propiedades mecánicas			150	200	300	400	500	600	700
Resist. longit. a la tracción (Tira Ancha)	kN/m	ASTM D 4595	7	9	14	18	25	30	36
Resist. transv. a la tracción (Tira Ancha)	kN/m	ASTM D 4595	8	10	17	21	28	38	44
Elongación (Tira Ancha)	%	ASTM D 4595	> 60	> 60	> 60	> 60	> 60	> 60	> 60
Resist. longit. a la tracción (Grab Test)	N	ASTM D 4632	410	480	720	950	1300	1650	2100
Resist. transv. a la tracción (Grab Test)	N	ASTM D 4632	450	540	900	1100	1400	1900	2300
Elongación (Grab Test)	%	ASTM D 4632	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70	> 70
Resistencia al punzonamiento CBR	kN	ABNT NBR 13359	1,3	1,6	2,6	3,6	4,9	6,0	7,1
Resistencia long. al desgarre trapezoidal	N	ASTM D 4533	200	260	340	540	720	770	850
Resistencia transv. al desgarre trapezoidal	N	ASTM D 4533	235	330	410	630	800	1000	1100
Resistencia al estalido	MPa	ASTM D 3786	1,3	1,6	2,6	3,6	4,9	6,0	7,0
Propiedades hidráulicas			150	200	300	400	500	600	700
Permeabilidad normal	cm/s	ASTM D 4491	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Permisividad	s ⁻¹	ASTM D 4491	3,6	2,5	1,9	1,4	1,3	1,1	0,8
Transmisividad	cm ² /s	ASTM D 4716	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,15
Abertura aparente de filtración	mm	ASTM D 4751	0,15	0,13	0,11	0,09	0,07	0,06	0,04
Propiedades físicas			150	200	300	400	500	600	700
Gramaje	g/m ²	ABNT NBR 12568 ASTM D 5261	150	200	300	400	500	600	700
Espesor nominal	mm	ABNT NBR 12569 ASTM D 5199	1,1	1,6	2,1	2,8	3,1	3,7	4,5
Presentación del rollo			150	200	300	400	500	600	700
Largo	m		100	100	100	100	100	100	100
Ancho	m		2,15 4,30						

Fuente: www.maccaferri.com.br

MacTex® T

Geotextil Tejido en Polipropileno

Características técnicas

MacTex® T es un geotextil producido por el entrelace, en ángulos rectos, de filamentos de polipropileno.



Propiedades mecánicas			200	300
Resist. longitud. a la tracción (Tira Ancha)	kN/m	ASTM D 4595	24	48
Resist. transv. a la tracción (Tira Ancha)	kN/m	ASTM D 4595	24	36
Elongación longitudinal en la ruptura	%	ASTM D 4595	15	30
Elongación transversal en la ruptura	%	ASTM D 4595	15	20
Resistencia al punzonamiento	N	ASTM D 4833	300	640
Resistencia al estallido	MPa	ASTM D 3786	2.48	5.50

Propiedades hidráulicas			200	300
Abertura aparente de filtración	mm	ASTM D 4751	0.90	0.20
Flujo de agua	l/s/m ²	ASTM D 4491	10	3
Permisividad	s ⁻¹	ASTM D 4491	0.17	0.05
Permeabilidad normal	cm/s	ASTM D 4491	0.007	0.003

Propiedades físicas			200	300
Gramaje	g/m ²	ABNT NBR 12568 ASTM D 5261	140	225
Espesor	mm	ABNT NBR 12569 ASTM D 5199	0.40	0.60

Presentación del rollo			200	300
Ancho del rollo	m		4.40	4.56
Largo del rollo	m		200	200
Área del rollo	m ²		880	912
Peso bruto	kg		137	246
Diámetro	m		32	40

Fuente: www.maccaferri.com.br

	DESCRIPCION	NORMA	UNIDAD	BX 30	BX 40	BX 60	BX 90
PROPIEDADES MECÁNICAS	Resistencia - (deformación) a la tensión método Grab (MD) ¹	ASTM D 4632	N - (%)	1380 - (35,6)	1460 - (18,0)	2545 - (14,5)	3380 - (14,5)
	Resistencia - (deformación) a la tensión método 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 traapezoidal (MD) ¹	ASTM D 4533	N	450	550	720	1070
	(TD) ²			450	540	645	1060
	Resistencia al estallido Müllen Burst	ASTM D 3786	kPa	3920	4343	5660	> 9000
	Método tira ancha						
	Resistencia (elongación) MD			32,6 - (26,0)	40,8 - (13,1)	79,7 - (11,8)	106,3 - (13,0)
	Resistencia (elongación) TD			31,9 - (25,9)	41,3 - (12,9)	80,5 - (11,3)	113,6 - (12,1)
	Resistencia @ 2% deformación (MD/TD)	ASTM D 4595	kN/m - (%)	NA (4)	7,8 / 9,5	12,9 / 12,0	17,3 / 17,2
Resistencia @ 5% deformación (MD/TD)			NA (4)	11,5 / 13,2	21,9 / 18,0	29,8 / 29,9	
PROPIEDADES HIDRAULICAS	Tamaño 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		l/min/m ²	1879	2390		6200
PROPIED FÍSICAS	Tipo de polímero			PET	PET ³	PET ³	PET ³
	Resistencia a altas temperaturas (punto de ablandamiento)	ASTM D 276	°C	240	240	240	240
	Resistencia a UV (% Retención a 500 horas)	ASTM D 4355	%	75	75	80	80
PRESENTAC ROLLO (6)	ancho x largo (área)		m	3.50 x 120			
			m ²	(420)			
	ancho x largo (área)	medido	m	3.85 x 120	3.80 x 120	3.85 x 120	3.85 x 120
			m ²	(462)	(456)	(462)	(462)
	ancho x largo (área)		m	6.14 x 80	6.14 x 80	6.20 x 80	6.20 x 80
			m ²	(491)	(491)	(496)	(496)
FUNCIÓN DEL GEOTEXTIL	Protección			■	■	■	■
	Filtro	INV art 673-02 AASHTO M 288		■	■	■	■
	Separación	INV art 674-02 AASHTO M 288		■	■	■	■
	Estabilización	INV art 676-02 AASHTO M 288		■	■	■	■
	Refuerzo			■	■	■	■

Notas:

(1) MD Dirección de la maquina, a lo largo de los rollos. (2) TD Dirección transversal al largo de los rollos. (3) Poliéster alta tenacidad. (4) N.A.: No Aplica

(5) Los resultados corresponden a Valores Mínimo Promedio por Rollo de ensayos estadísticos, que representan el 97.7 % de confianza en el comportamiento de las variables indicadas.

Los valores de esta hoja técnica son los vigentes con la fecha de la última revisión.

(6) El ancho puede variar en un rango de +/- 1% para fortex BX 30 y 40 y +/-0, 5% para Fortex BX 60 y 90

Estos productos son fabricados bajo los lineamientos de un sistema de gestión de calidad que se ajusta a las normas y especificaciones AASHTO M-288, ASTM D 4354 e I.N.V. E 908

Para mayor información consultar el sitio web www.geosinteticoslafayette.com.

DISEÑO MURO DE SUELO REFORZADO CON GEOTEXTIL

1.00 GEOMETRÍA DEL MURO

Datos del Proyecto

Altura del muro	H	4.00 m
Longitud	L	20.00 m
Inclinación de la cara	B	90 °

2.00 PARAMETROS GEOTÉCNICOS

MATERIAL DE RELLENO

(Ver anexo N° Ensayos de suelos de Relleno)

Cohesión	C	0.00 T/m ²
Ángulo de fricción interna	Φ	32.5 °
Límite Líquido	LL	25
Límite Plástico	LP	15
Pasa Tamiz N° 200	%finos	13.09 %
Contenido humedad natural	ω_n	0.3 %
Máxima densidad seca	φ_{dmax}	2.25 T/m ³
Densidad de control (95% MDS)	φ_t	2.14 T/m ³
Contenido humedad óptimo	ω_{opt}	5.9 %

SUELO DE FUNDACIÓN

(Ver Anexo de Ensayo de Suelo de Fundación)

Cohesión	C	31.00 T/m ²
Ángulo de fricción interna	Φ	36 °
Límite Líquido	LL	
Límite Plástico	LP	
Pasa Tamiz N° 200	%finos	
Densidad (Peso específico)	ρt	2.59 T/m ³

(Se calcula el promedio de las tres muestras Ver Anexo de Ensayos de Suelo de Fundación)

Nota: No se determina límite líquido ni límite plástico, ya que el suelo de fundación es roca

3.00 EVALUACIÓN DE CARGAS

Carga uniforme 0.55 T/m²

(No se esta considerando carga vehicular, solo una s/c por el material que va encima del muro y que actúa en distintos puntos de el)

4.00 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD INTERNA

Estimación de la base $B = 0.7 \times H =$ 2.80 m

(Se estima el 70% de la altura del muro)

DATOS DEL MATERIAL DE REFUERZO

Geotextil FORTEX BX90

Resistencia a la tracción (método Tult 106.30 KN/m
de la tira ancha) ASTM D4595

FACTORES DE REDUCCIÓN

Por Creep FR creep 1.62

Es un factor de reducción por esfuerzo constante, como el material es sensible al flujo plástico (polimero). Tiempo de vida útil de 75 años. Se toma como referencia la Hoja Técnica de Geotextiles FORTEX (ver anexo)

Por Daños durante la instalación FR id 1.10

Es un factor de reducción por daños causados en el geotextil al momento de instalar considerando el uso de equipos y maquinaria no pesada durante la construcción. Se toma como referencia la Guía de instalación y diseño del fabricante. (ver anexo)

Por durabilidad química y biológica FR qb 1.05

Es un factor que considera los daños por degradación química y biológica, en este proyecto el geotextil no va estar expuesto a degradación química ni biológica, por eso consideramos como factor 1.05

ANEXO 3

Diseño y Planos del Proyecto Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geotextil

DISEÑO MURO DE SUELO REFORZADO CON GEOTEXTIL

1.00 GEOMETRÍA DEL MURO

Datos del Proyecto

Altura del muro	H	4.00 m
Longitud	L	20.00 m
Inclinación de la cara	β	90 °

2.00 PARAMETROS GEOTÉCNICOS

MATERIAL DE RELLENO

(Ver anexo N° Ensayos de suelos de Relleno)

Cohesión	C	0.00 T/m ²
Ángulo de fricción interna	Φ	32.5 °
Límite Líquido	LL	25
Límite Plástico	LP	15
Pasa Tamiz N° 200	%finos	13.09 %
Contenido humedad natural	ω_n	0.3 %
Máxima densidad seca	ρ_{dmax}	2.25 T/m ³
Densidad de control (95% MDS)	ρ_t	2.14 T/m ³
Contenido humedad óptimo	ω_{opt}	5.9 %

SUELO DE FUNDACIÓN

(Ver Anexo de Ensayo de Suelo de Fundación)

Cohesión	C	31.00 T/m ²
Ángulo de fricción interna	Φ	36 °
Límite Líquido	LL	
Límite Plástico	LP	
Pasa Tamiz N° 200	%finos	
Densidad (Peso específico)	φt	2.59 T/m ³

(Se calcula el promedio de las tres muestras Ver Anexo de Ensayos de Suelo de Fundación)

Nota: No se determina limite liquido ni limite plástico, ya que el suelo de fundación es roca

3.00 EVALUACIÓN DE CARGAS

Carga uniforme	0.55 T/m ²
----------------	-----------------------

(No se esta considerando carga vehicular, solo una s/c por el material que va encima del muro y que actúa en distintos puntos de el)

4.00 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD INTERNA

Estimación de la base	B = 0.7 x H =	2.80 m
-----------------------	---------------	--------

(Se estima el 70% de la altura del muro)

DATOS DEL MATERIAL DE REFUERZO

Geotextil FORTEX BX90

Resistencia a la tracción (método de la tira ancha) ASTM D4595	Tult	106.30 KN/m
--	------	-------------

FACTORES DE REDUCCIÓN

Por Creep	FR creep	1.62
-----------	----------	------

Es un factor de reducción por esfuerzo constante, como el material es sensible al flujo plástico (polimero). Tiempo de vida util de 75 años.
Se toma como referencia la Hoja Técnica de Geotextiles FORTEX (ver anexo)

Por Daños durante la instalación	FR id	1.10
----------------------------------	-------	------

Es un factor de reducción por daños causados en el geotextil al momento de instalar considerando el uso de equipos y maquinaria no pesada durante la construcción.
Se toma como referencia la Guía de instalación y diseño del fabricante. (ver anexo)

Por durabilidad química y biológica	FR qb	1.05
-------------------------------------	-------	------

Es un factor que considera los daños por degradación química y biológica, en este proyecto el geotextil no va estar expuesto a degradación química ni biológica, por eso consideramos como factor 1.05

CALCULO DE Tadmisibte

$$Tadm = \frac{Tultima}{FRcreep * FRid * FRqb}$$

que equivale a: $Tadm = 56.81 \text{ KN/m}$
 $Tadm = 5.68 \text{ T/m}$

(ver hoja 2 con tabla de espesores y longitudes de capa)

5.00 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EXTERNA

5.10 ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO

- FUERZAS HORIZONTALES RESISTENTES:

Base final $B = 3.00 \text{ m}$

Esfuerzo vertical $\sigma V = CM + \gamma d * H$

$\sigma v = 9.10 \text{ T/m}^2$

Esfuerzo cortante $\tau = c + \sigma_v * TAN(\delta)$

δ : Angulo de fricción entre el geotextil y el suelo de relleno.
Se considerará el 80% del angulo de fricción interna del suelo de relleno.

$$\delta = 0.8 * 32.5 = 26^\circ$$

$\zeta = 4.44 \text{ T/m}^2$

Fuerza cortante $\zeta \times B = 13.32 \text{ T/m}$

- FUERZAS HORIZONTALES ACTUANTES:

Coefficiente de Presión Activa

$$Ka = Tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

$Ka = 0.301$

Relleno de confinamiento

$$Pa = \frac{1}{2} * Ka * \gamma d * (H)^2$$

$Pa = 5.15 \text{ T/m}$

Carga muerta

$$Pcm = \gamma d * Ka * H$$

$Pcm = 0.66 \text{ T/m}$

Factor de seguridad al deslizamiento

$$FS = \frac{\sum F_{resistentes}}{\sum F_{actuantes}}$$

$FS = 2.29$

Según la FHWA DEMO 82 el $FS \geq 1.5$

Es mayor que 1.50, entonces OK!

5.20 ESTABILIDAD AL VOLCAMIENTO

MOMENTOS RESISTENTES:

Momento generado por carga muerta

$$M_{cm} = CM * B * B / 2$$

$$M_{cm} = 2.48 \text{ T.m/m}$$

Momento generado por el peso propio

$$M_{pp} = \gamma_d * H * B * B / 2$$

$$M_{pp} = 38.49 \text{ T.m/m}$$

MOMENTOS ACTUANTES:

Momento por la presión de tierras

$$M_{pt} = Pa * \frac{H}{3}$$

$$M_{pt} = 6.87 \text{ T.m/m}$$

Momento por carga muerta extra

$$M_{cm} = CM * \frac{H}{2}$$

$$M_{cm} = 1.32 \text{ T.m/m}$$

Según la FHWA DEMO 82 el FS >= 2.00
Es mayor que 2.00, entonces OK!

$$FS = 5.00$$

$$FS = \frac{\sum M_{resistentes}}{\sum M_{actuantes}}$$

5.30 CALCULO DE EXCENTRICIDAD

FUERZAS HORIZONTALES ACTUANTES

Coefficiente de Presión Activa

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_a = 0.301$$

Empuje estático

$$Pa = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_d * (H)^2$$

$$Pa = 5.15 \text{ T/m}$$

Carga muerta

$$P_{cm} = \gamma_d * K_a * H$$

$$P_{cm} = 0.66 \text{ T/m}$$

FUERZAS VERTICALES ACTUANTES

Peso de Suelo reforzado

$$V_1 = \gamma * B * H$$

$$V_1 = 25.66 \text{ T/m}$$

Peso de carga muerta

$$V_2 = CM * B$$

$$V_2 = 1.65 \text{ T/m}$$

Según FHWA DEMO 82, la excentricidad "e" debe ser menor de B/6

$$"e" \text{ permitido} = B/6 = 0.50 \text{ m}$$

Calculando la excentricidad:

$$e = \frac{Pa \times H/3 + Pc_m \times H/2}{V_1 + V_2}$$

$$e = 0.30 \text{ m}$$

Entonces la excentricidad "e" esta OK!

5.40 CALCULO DE PRESION ADMISIBLE

MÁXIMA PRESIÓN VERTICAL APLICADA EN LA BASE DEL MURO

Según la Sección 4.2d - FHWA DEMO 82, el esfuerzo vertical transmitido en la base del muro es ejercida sobre un ancho menor al del muro, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$L' = B - 2e$$

Entonces:

$$L' = 2.40 \text{ m}$$

Luego el esfuerzo vertical que le ejerce el muro en su base es:

$$\sigma_{base} = \frac{V_1 + V_2}{L'}$$

$$\text{Entonces: } \sigma_{base} = 11.38 \text{ T/m}^2$$

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA DEL SUELO DE FUNDACIÓN

Se expresa de la siguiente manera:

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Donde:

- c: cohesión del suelo de fundación
- N_c, N_q, N_γ: factores de capacidad de carga (función del ángulo de fricción interna del suelo)
- γ: peso específico del suelo de fundación
- q: γ x profundidad de la cimentación. En nuestro caso q = 2.59T/m² x 0.00m = 0.00 T/m²

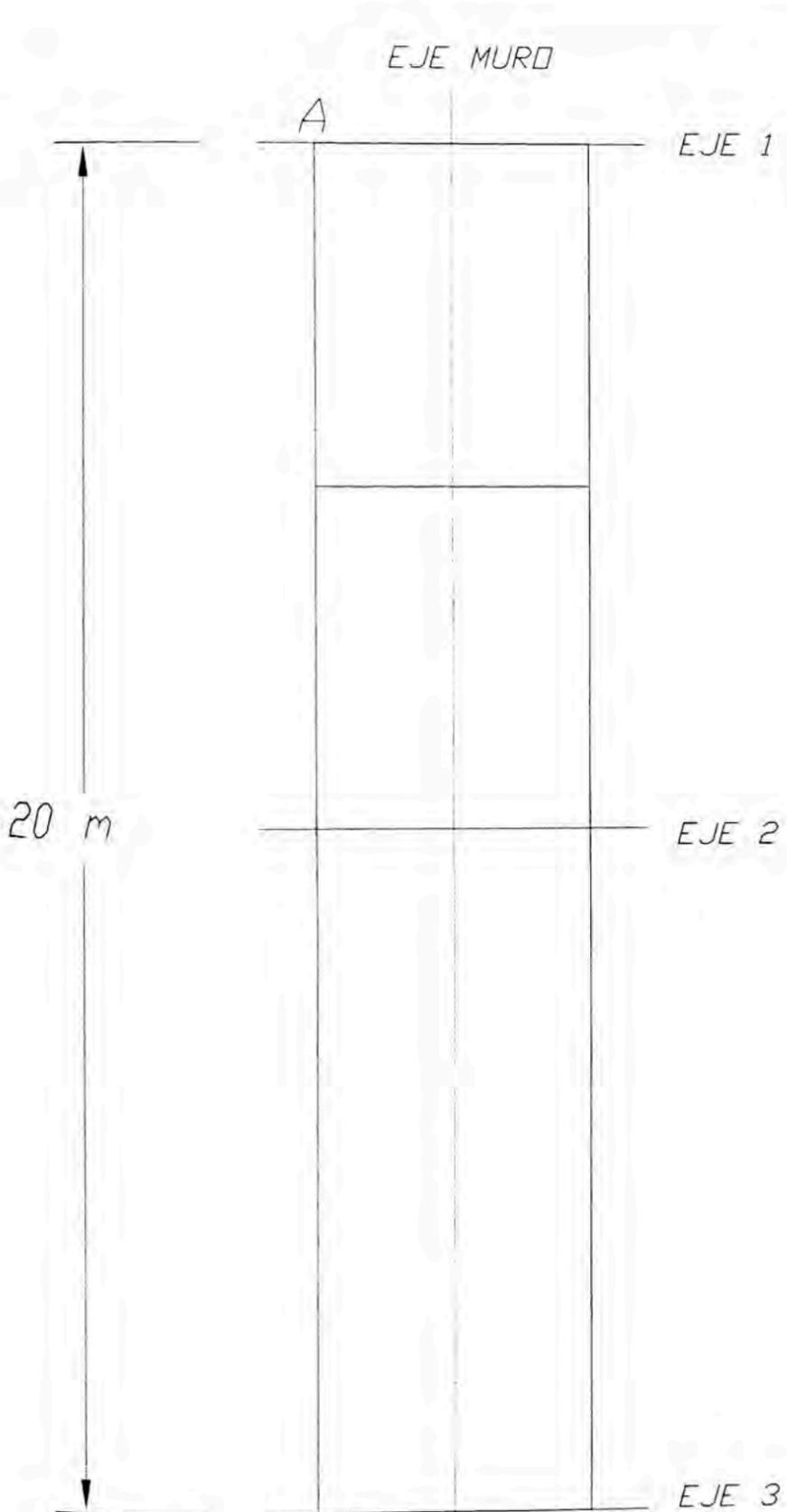
$$\text{Para } \Phi = 32.5^\circ \text{ se tienen los siguientes: } \begin{array}{ll} N_c = & 37.07 \\ N_q = & 24.64 \\ N_\gamma = & 32.71 \end{array}$$

$$\text{La cohesión del suelo de fundación es } C = 31.00 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Entonces la capacidad de carga última es: } q_u = 1276.25 \text{ T/m}^2$$

Entonces el factor de seguridad será:

$$F.S. = \frac{q_u}{\sigma_{base}}$$

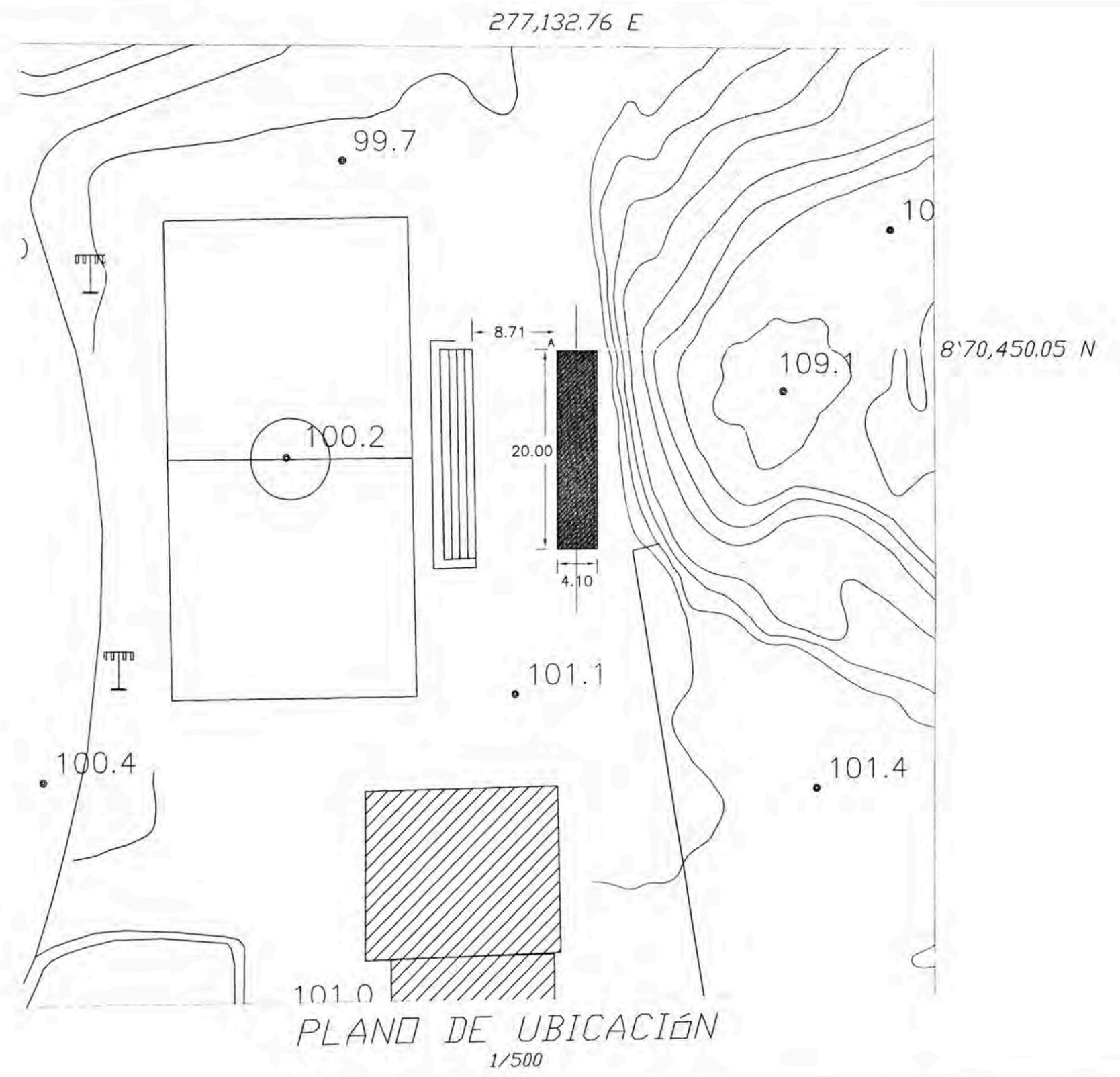


← 4,1 →

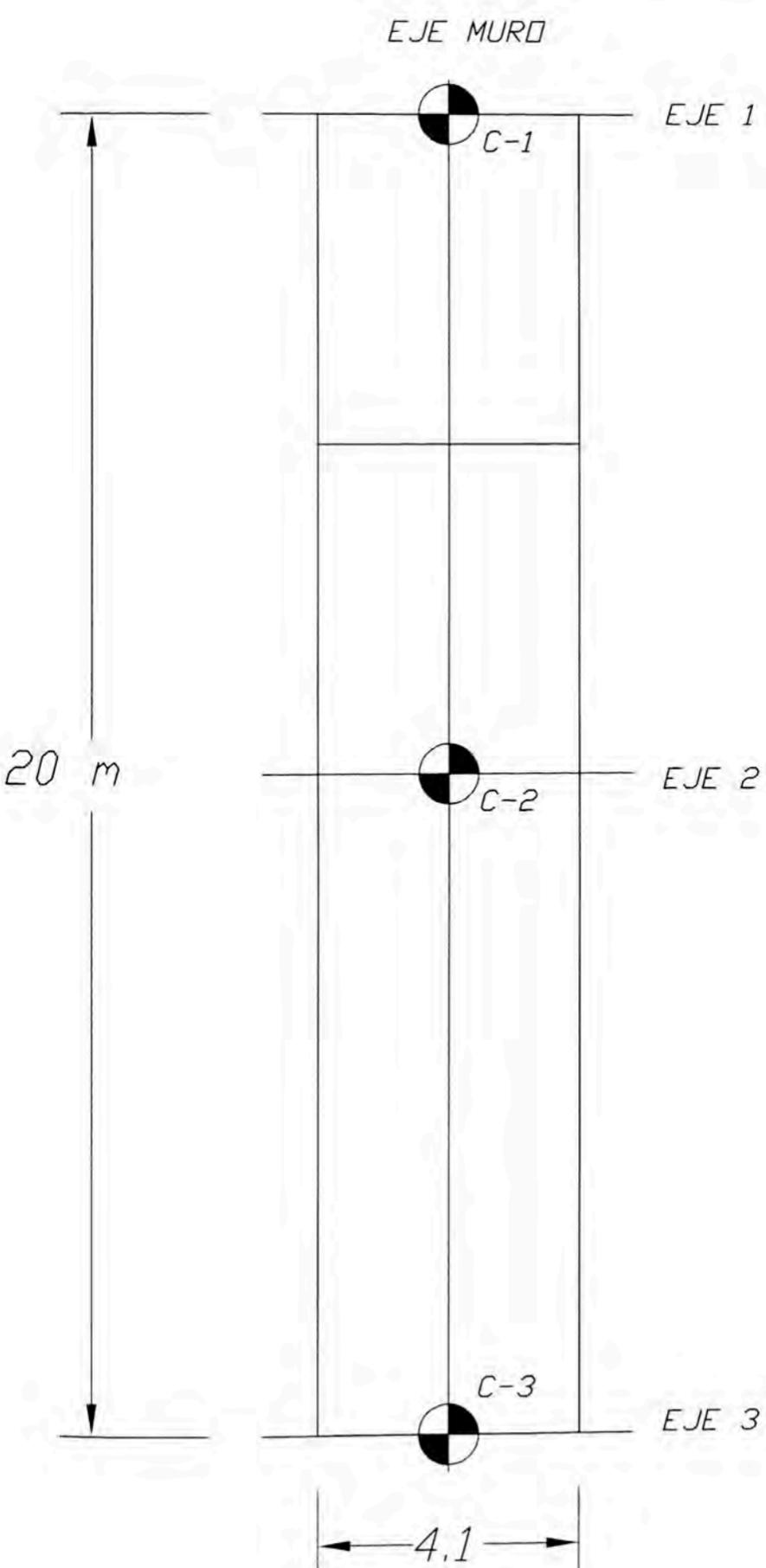
MURO - PLANTA
1/100

LEYENDA

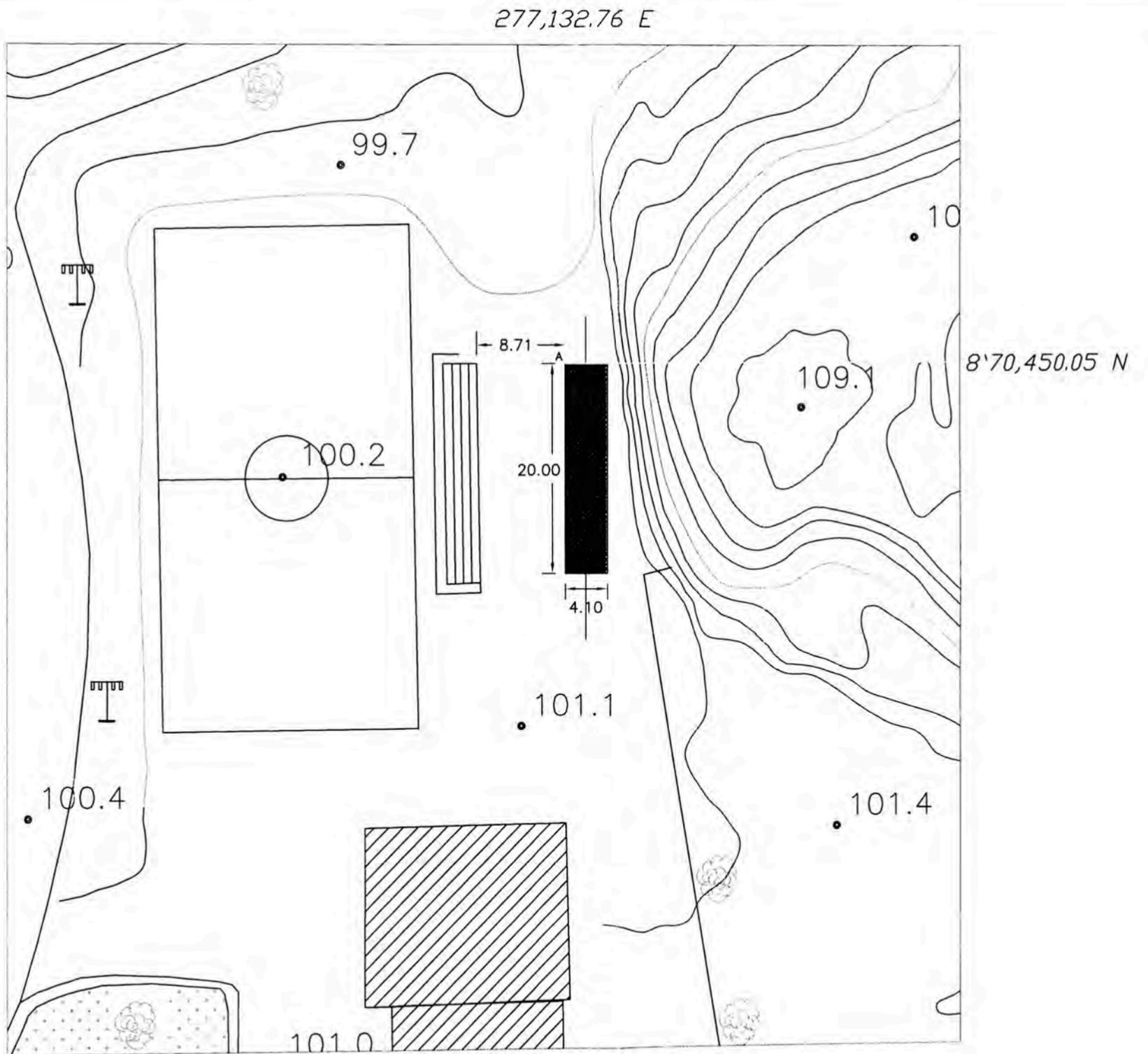
A	277,132.76 E 8'70,450.05 N
---	-------------------------------



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		PROYECTO: MURO REFORZADO APLICACION GEOTEXTIL.	
FECHA PRESENTACION: 31/03/2007	FIRMA :	TITULO: PLANO DE PLANTA GENERAL.	
FECHA APROBACION:		ESCALA: INDICADA	PLANO : DIS-G07-001
APROBADO POR:			

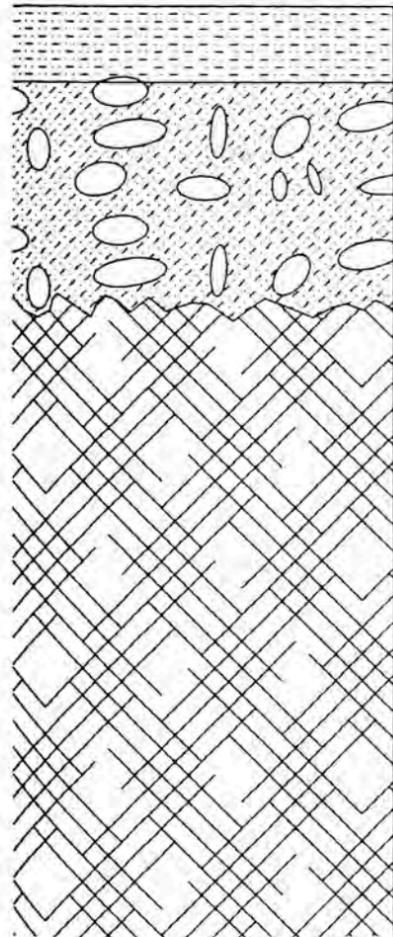


MURD - PLANTA
1/100



PLANO DE UBICACIÓN
1/500

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		PROYECTO: MURO REFORZADO APLICACION GEOTEXTIL	
FECHA PRESENTACION: 03/03/2007	FIRMA :	TITULO: UBICACIÓN DE CALICATAS	
FECHA APROBACION:		ESCALA: INDICADA	PLANO : DIS-G07-002
APROBADO POR:			

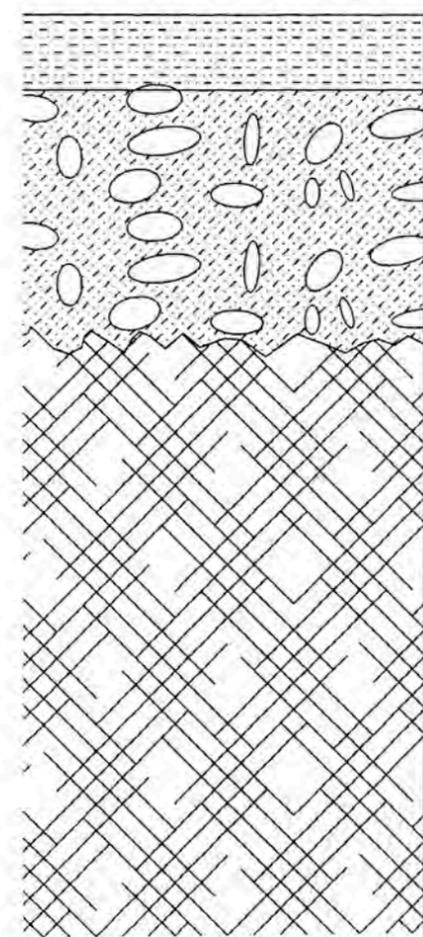


5.00 cm
SUELO 1

15.00 cm
SUELO 2

SUELO 3

CALICATA 1
C 1

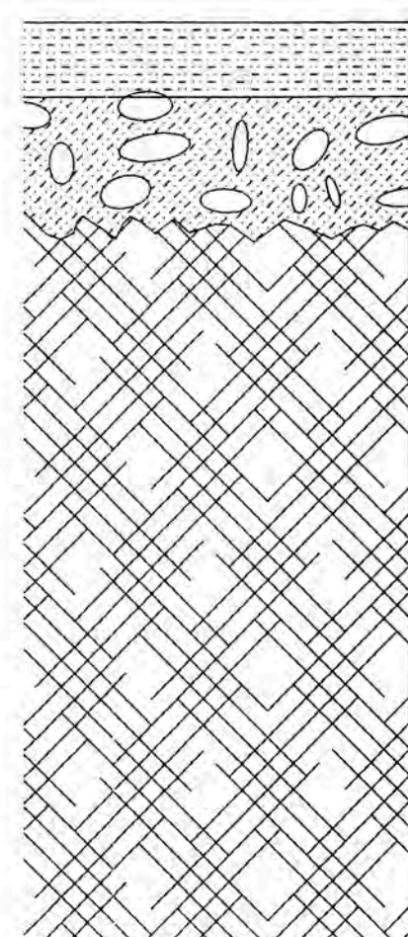


5.00 cm
SUELO 1

17.00 cm
SUELO 2

SUELO 3

CALICATA 2
C 2



5.00 cm
SUELO 1

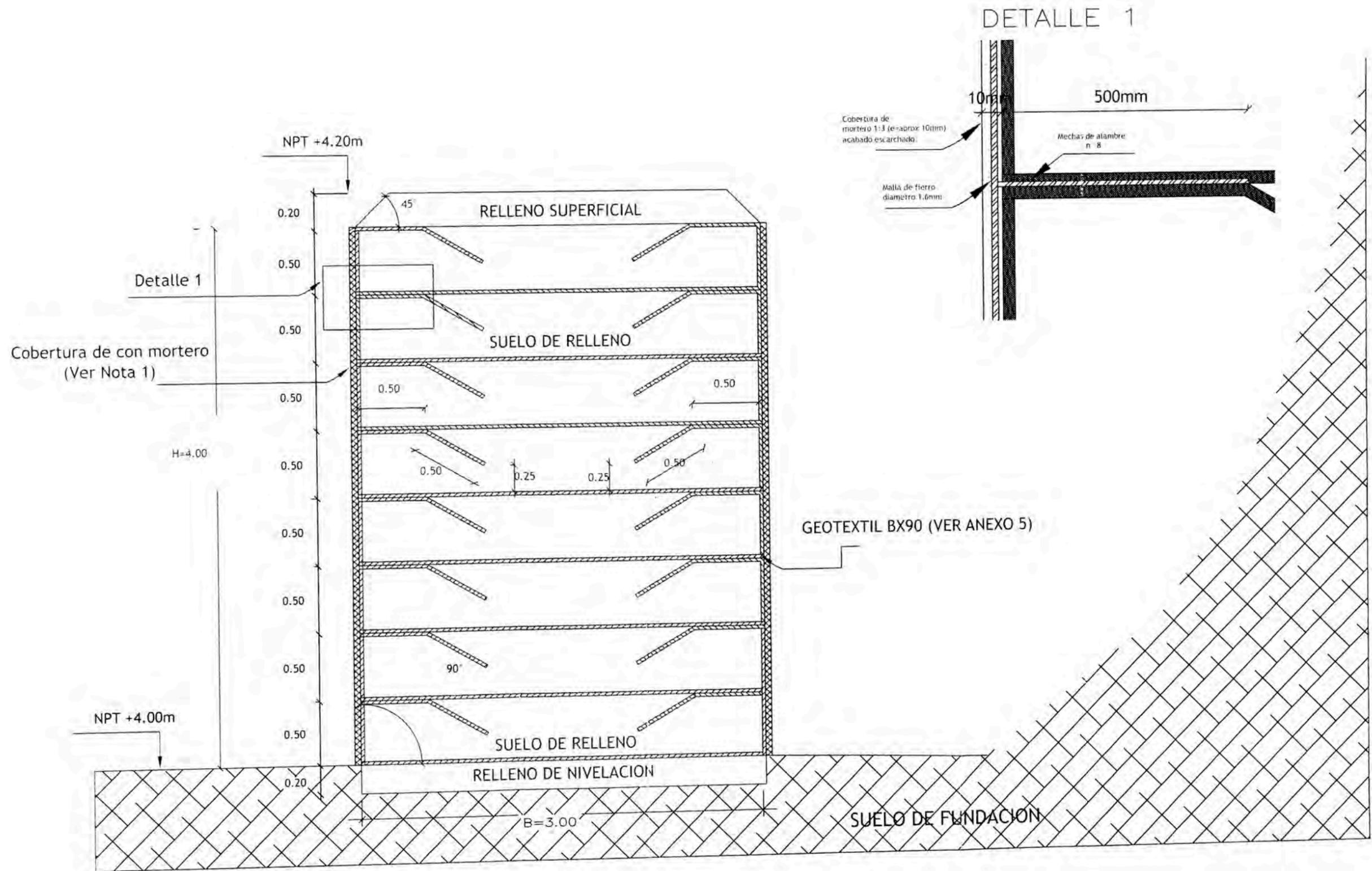
9.00 cm
SUELO 2

SUELO 3

CALICATA 3
C 3

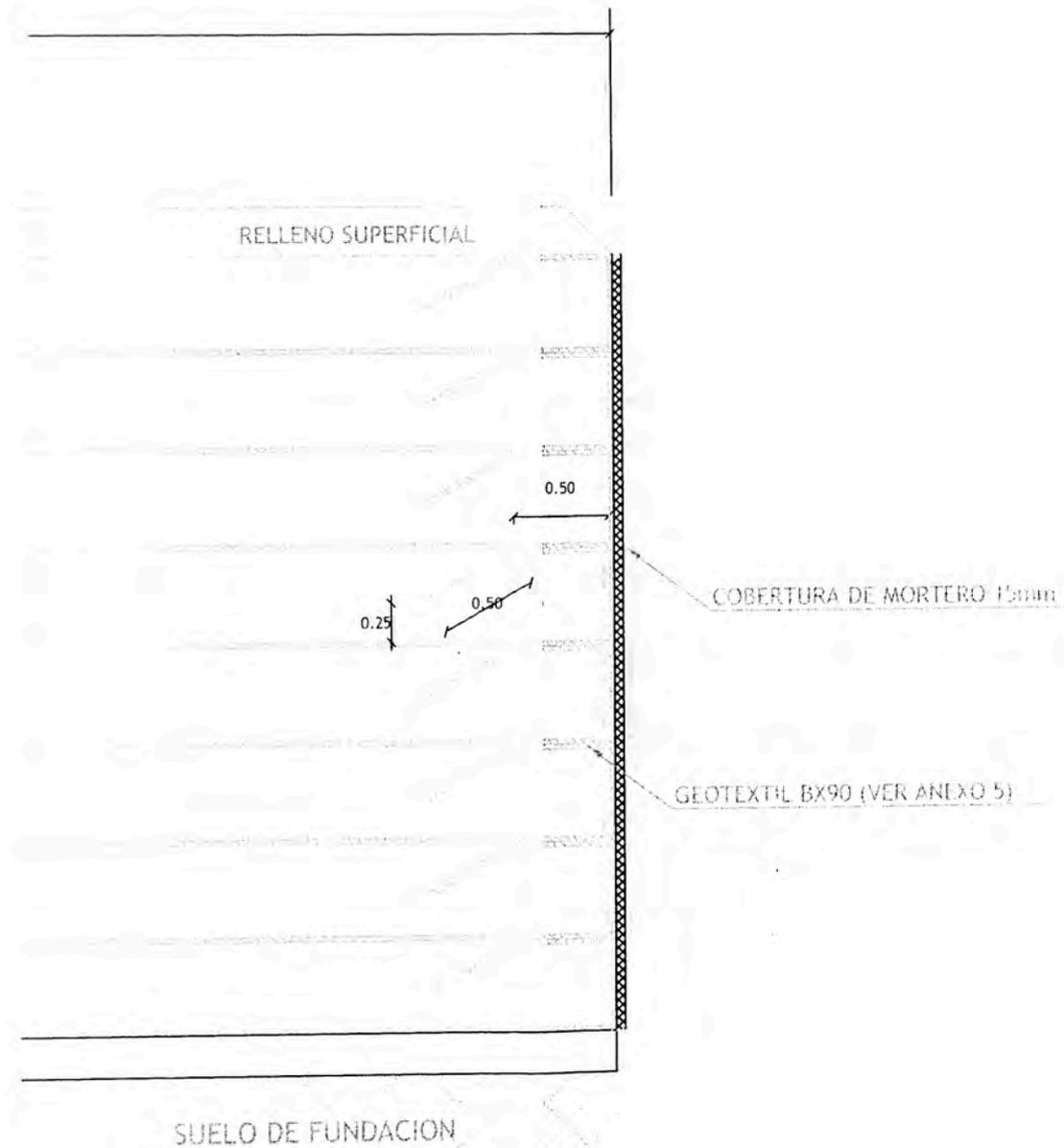
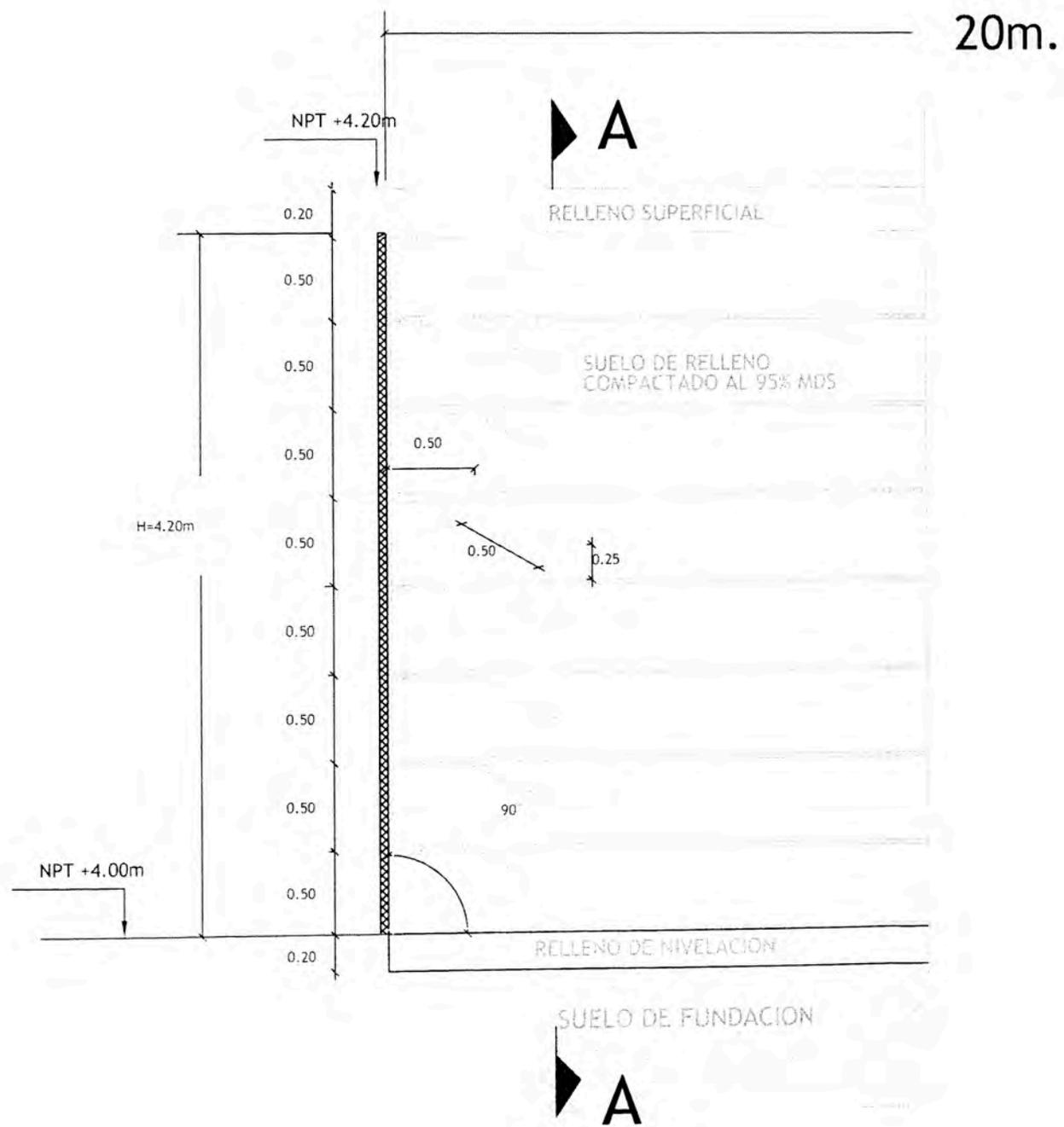
- SUELO 1: TIERRA DE CULTIVO, PRECENCIA DE RAIZES
- SUELO 2: MATERIAL SUELTO CONFORMADO POR CONGLOMERADO < 4", PRECENCIA DE LIMOS, Y ARENAS.
- SUELO 3: CAPA DE ROCA METEORIZADA FRACTURADA. BAJA RESISTENCIA A LA PRESION DE LOS DEDOS.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIRÍA		PROYECTO: MURO REFORZADO APLICACION GEOTEXTIL	
FECHA PRESENTACION: 03/03/2007	FIRMA :	TITULO: CALICATAS DEL EJE	
FECHA APROBACION:		ESCALA: S/E	PLANO : DIS-G07-003
APROBADO POR:			

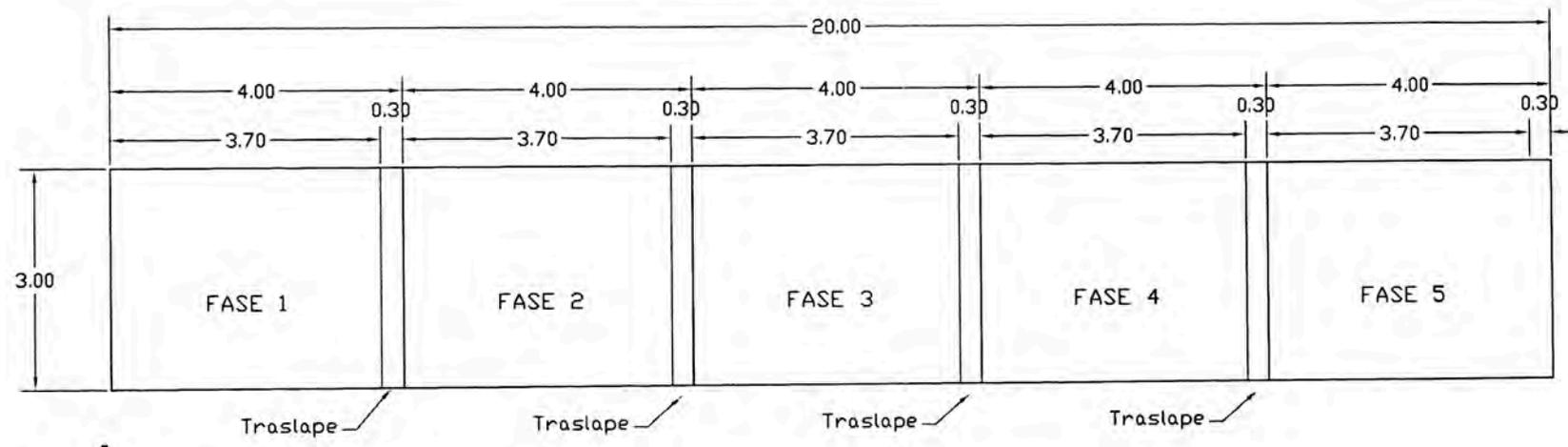


NOTAS:
 1. Se colocará una cobertura de mortero de 15mm de espesor.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		PROYECTO: MURO REFORZADO APLICACION GEOTEXTIL.	
FECHA PRESENTACION: 17/07/2007	FIRMA	TITULO: SECCION TRANSVERSAL TÍPICA A-A	
FECHA APROBACION:		ESCALA: S/E	PLANO: DET-1
APROBADO POR:			

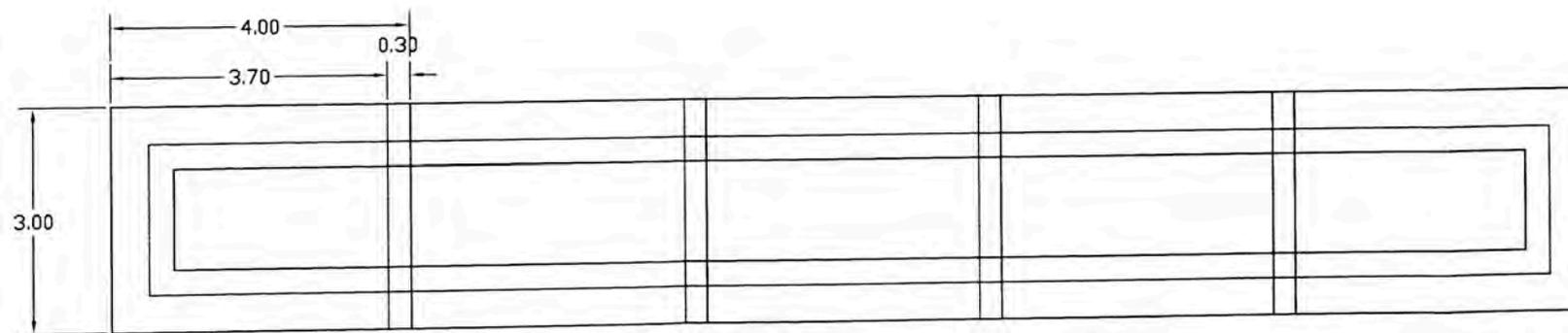


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		PROYECTO: <i>MURO REFORZADO APLICACION GEOTEXTIL</i>	
FECHA PRESENTACION: 17/07/2007	FIRMA :	TITULO: <i>SECCION LONGITUDINAL EJE DEL MURO</i>	
FECHA APROBACION:		ESCALA: <i>S/E</i>	PLANO : <i>DET-2</i>
APROBADO POR:			



A

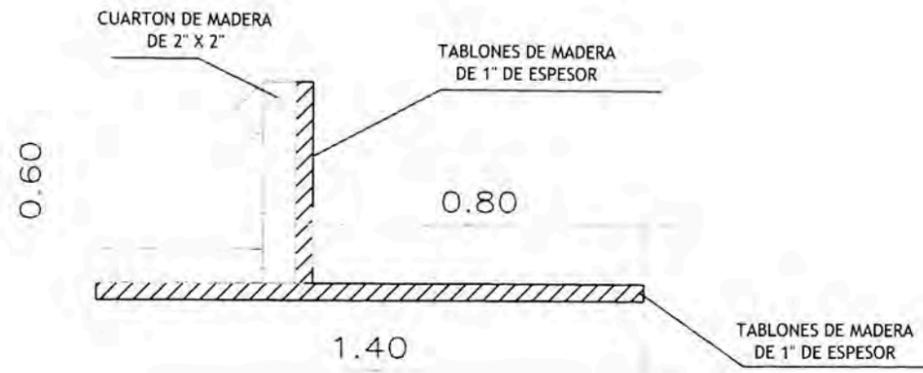
DISTRIBUCION DE CAPAS



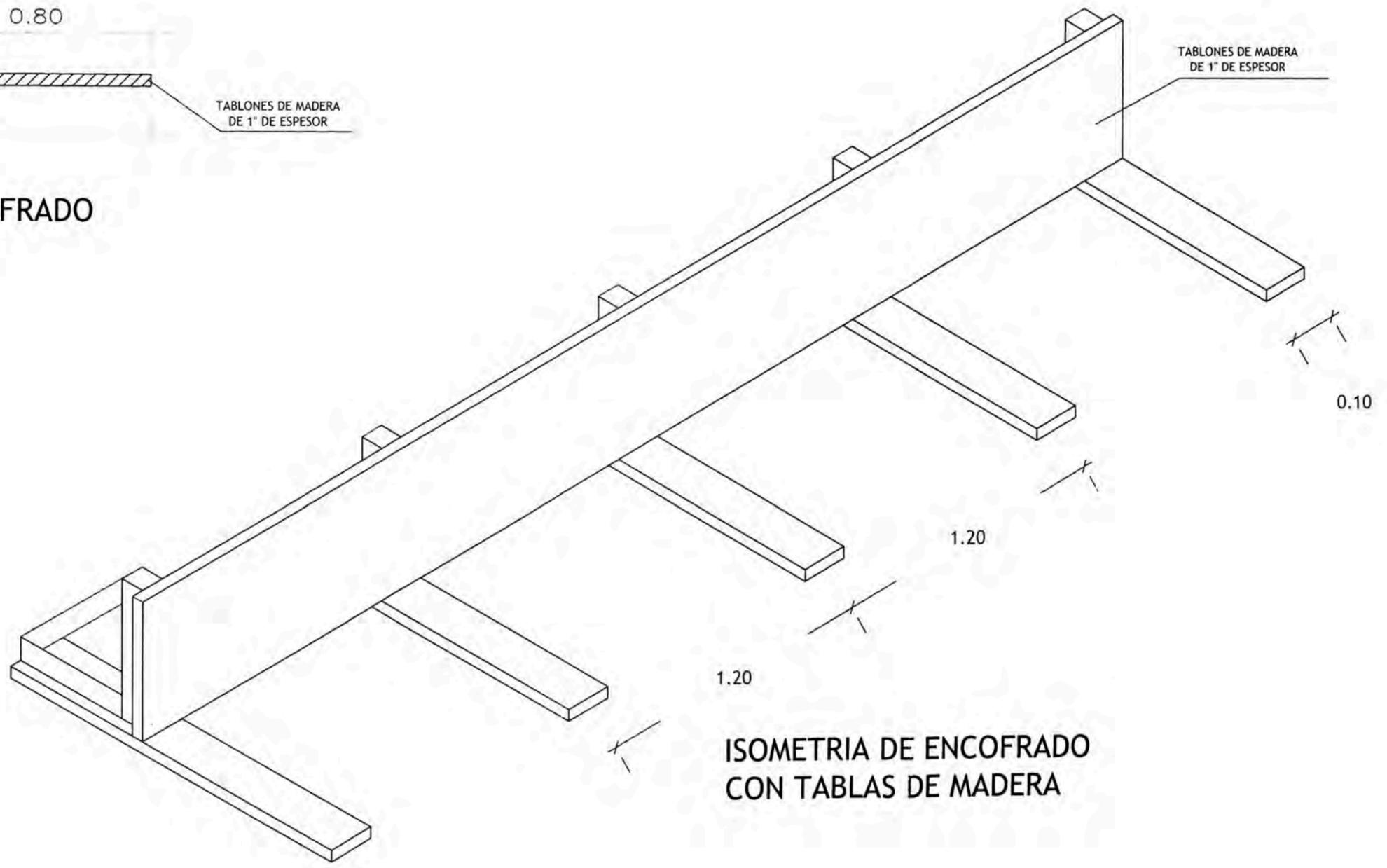
A

PRIMERA ETAPA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		PROYECTO: <i>MURO REFORZADO APLICACION GEOTEXTIL</i>	
FECHA PRESENTACION: 31/03/2007	FIRMA :	TITULO: <i>TRASLAPES - GEOTEXTIL TEJIDO</i>	
FECHA APROBACION:		ESCALA: <i>INDICADA</i>	PLANO : <i>DET-3</i>
APROBADO POR:			



ENCOFRADO

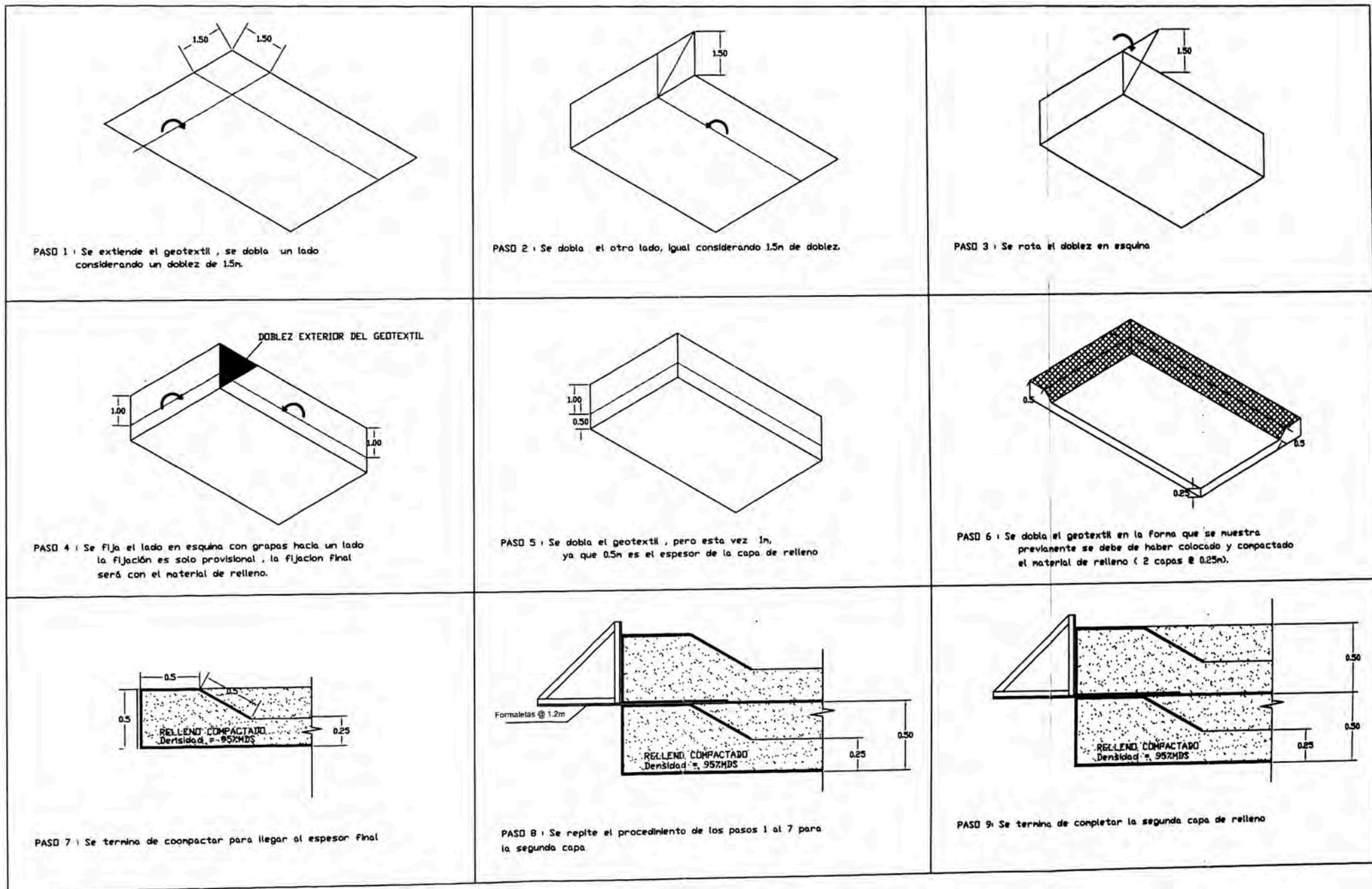


ISOMETRIA DE ENCOFRADO CON TABLAS DE MADERA

FORMALETA DE MADERA DE 1"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		PROYECTO: MURO REFORZADO APLICACION GEOTEXTIL	
FECHA PRESENTACION: 17/07/2007	FIRMA :	TITULO: DETALLE DE FORMALETA	
FECHA APROBACION:		ESCALA: S/E	PLANO : DET-4
APROBADO POR:			

DETALLES DOBLEZ GEOTEXTIL EN ESQUINA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		PROYECTO: <i>MURO REFORZADO APLICACION GEOTEXTIL</i>	
FECHA PRESENTACION: 15/04/2007	FIRMA :	TITULO: <i>ENCUENTRO - DOBLEZ GEOTEXTIL</i>	
FECHA APROBACION:		ESCALA: <i>INDICADA</i>	PLANO : <i>DET-005</i>
APROBADO POR:			

ANEXO 4

Panel Fotográfico del Proyecto Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geotextil

PANEL FOTOGRÁFICO MURO DE CONTENCIÓN DE SUELO REFORZADO CON GEOTEXILES



Reconocimiento del área de Trabajo



Desde el Primer Día de Reconocimiento observamos que estábamos rodeados de material



Delimitación tentativa del área del proyecto



Obstáculos dentro de nuestra área de proyecto



Calicata, no se puede excavar mas porque se encontro material rocoso



Calicata, donde se observa el material que se ha encontrado

$$F.S = 112.16$$

Según la FHWA DEMO 82 el FS ≥ 2.5
Es mayor que 2.50, entonces OK!

5.50 ANALISIS CON CARGAS DINÁMICAS

Coeficientes sísmicos

Según la norma E.060 el factor de zona para Lima es $Z=0.40$

Según la FHWA-DEMO 82 podemos usar el 50% de Z y podemos asumir $A_v = 0$

$$\begin{array}{ll} A_h & 0.20 \\ A_v & 0.02 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Coeficiente de Presión Activa} & K_{as} \\ \text{(Ver Anexo - cálculo de presiones según Mononobe-Okabe)} & 0.44 \end{array}$$

ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO CON CARGAS DINÁMICAS

Fuerzas Resistentes:

$$\begin{array}{lll} \text{Fuerza cortante} & (\zeta \times B) & 13.321 \text{ T/m} \end{array}$$

Fuerzas Actuantes:

$$\begin{array}{lll} \text{Relleno de confinamiento} & P_a & 7.51 \text{ T/m} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Sobrecarga} & P_{sc} & 0.97 \text{ T/m} \end{array}$$

$$FS = \frac{\sum F_{resistentes}}{\sum F_{actuantes}}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Factor de seguridad} & FS & 1.571 \end{array}$$

Según la Federal Highway Administration (FHWA) se debe considerar un FS ≥ 1.125

Es mayor que 1.125, entonces OK!

ESTABILIDAD AL VOLCAMIENTO CON CARGAS DINÁMICAS

Momentos resistentes:

$$\begin{array}{lll} \text{Por la carga muerta} & M_{cm} & 2.48 \text{ T.m/m} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Por peso propio del muro} & M_{pm} & 38.49 \text{ T.m/m} \end{array}$$

Momentos actuantes:

$$\begin{array}{lll} \text{Por la presión lateral de tierras} & M_{pt} & 10.02 \text{ T.m/m} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Por la carga muerta} & M_{cm} & 1.93 \text{ T.m/m} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} FS & & 3.43 \end{array}$$

Factor de seguridad

$$FS = \frac{\sum M_{resistentes}}{\sum M_{actuantes}}$$

PANEL FOTOGRÁFICO MURO DE CONTENCIÓN DE SUELO REFORZADO CON GEOTEXILES



Excavaciones para fijar el eje del Muro en proyecto



Delimitación del área de trabajo



Marcación y Delimitación del Area del Trabajo



Eje del Muro en Proyecto



Medición de la Orientación de la roca que se encuentra aledaña a nuestra zona de trabajo.



Vista General de la roca aledaña

PANEL FOTOGRÁFICO
MURO DE CONTENCIÓN DE SUELO REFORZADO CON GEOTEXTILES



Encofrado Mixto y Removible



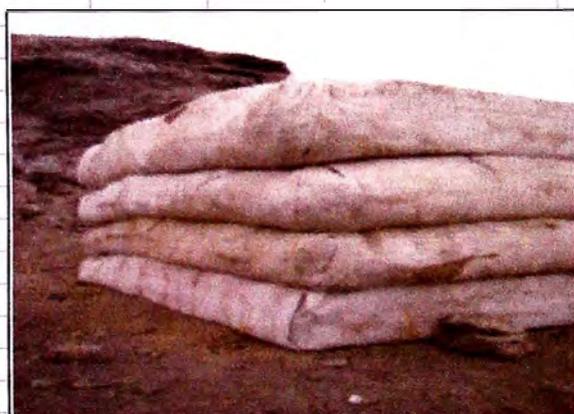
Compactación de la Primera capa de Material de Relleno



Traslape de 30cm del Geotextil



Vista del Traslape del Geotextil en Planta



Vista en Perfil del Muro terminado con los materiales que se tenían al alcance



Vista Frontal del Muro de Contención de Suelo Reforzado con Geotextil