

69
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**USO DE GEOTEXILES EN
SUELOS BLANDOS**

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL
p r e s e n t a

JAIME GUZMAN CASTILLO



Director de Tesis:
Ing Apolonio Hernández Rubio

México, D. F.

Agosto de 1991

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CAPITULO I

INTRODUCCION

En 1972 se iniciaron los trabajos propuestos por el Proyecto Texcoco, que comprenden el aprovechamiento integral de los recursos agua y suelo de la subcuenca del ex-Lago de Texcoco. Las principales obras de la infraestructura necesaria para su desarrollo son: embalses artificiales para almacenamiento y regulación de aguas de lluvia, negras y tratadas; plantas de tratamiento de aguas residuales; obras de control de erosión y avenidas en la parte alta de la cuenca; y las canalizaciones requeridas para interconectar el sistema hidráulico. (Figs. 1 y 2).

En el año de 1969, la mayor parte del Lago de Texcoco era zona de inundación, tanto de aguas de lluvia en la parte Este como por las descargas de los Ríos de Oriente, asimismo de aguas negras procedentes de la Ciudad de México, que cubrían con pequeños tirantes las partes Oeste y Sur. Se disponía de algunos caminos de terracería construidos en el período 1966-1968 por el Dr. NABOR CARRILLO. Estos caminos habían requerido la colocación de materiales de préstamo con espesores promedio y máximo de 0.75 y 2.00 m respectivamente, para su estabilización, debido a

a que los materiales comunmente utilizados (grava-arena y arena-limosa), se hundían y contaminaban el plazo breve en los suelos blandos arcillosos inundados.

Desde ese tiempo existe la propuesta de construir una autopista de cuatro carriles entre San Juan de Aragón y la Ciudad de Texcoco, por lo que la Secretaría de obras Públicas, construyó en 1965 dos terraplenes de prueba aligerados con el objeto de reducir el volumen necesario de terracerías, por su parte la Secretaría de Recursos Hidráulicos, inició los estudios para la construcción de caminos con refuerzo en el contacto terraplén-cimentación, con el fin de analizar otras alternativas para la construcción de la carretera, así como para la ejecución de los caminos de acceso a las obras del Proyecto Texcoco.

Por la baja resistencia al esfuerzo cortante de las arcillas del -- ex-Lago de Texcoco, se requería emplear espesores importantes de materiales de préstamo para disponer de caminos de terracería transitables en toda época. Con el fin de reducir la inversión inicial y por conservación, se realizaron tres experiencias con un geotextil nacional, una de importación y una malla de polietileno.

En el presente trabajo se describen los materiales utilizados, --

sus características de resistencia, así como los resultados obtenidos, señalando las conclusiones derivadas de esta aplicación. Haciendo notar que - estos materiales (geosintéticos) son de uso reciente en nuestro país, y - - que por ello se tiene poco conocimiento en este campo; asimismo se describen trabajos realizados en el ex-Lago de Texcoco y en la Alameda Oriente, en donde se usaron estos materiales sintéticos.

PROPIEDADES Y ESTRATIGRAFIA DEL SUBSUELO DE LA ZONA EN QUE SE REALIZARON LOS TRABAJOS

La estratigrafía y propiedades del subsuelo en el sitio de estudio, son semejantes a las existentes en el área metropolitana de la Ciudad de México. Lo anterior, ha sido confirmado por los sondeos que se han efectuado dentro de la zona, llevados hasta 50 m.

El subsuelo del ex-Vaso del Lago de Texcoco, hasta una profundidad de 50 m (abajo de estas formaciones los estratos ya no son afectados por el Proyecto, por lo tanto, no se estudian), está formado por los siguientes estratos: Manto Superficial, Formación Arcillosa Superior (F.A.S.), Capa Dura (1ra. C.D.), Formación Arcillosa Inferior (F.A.I.), y Depósitos Profundos (2da. C.D.). Las características generales de cada estrato son las siguientes:

MANTO SUPERFICIAL

Constituido por suelos Limo-Arenosos y Arcillo-Limosos, producido de la desecación de los depósitos lacustres; varían de sueltos a medianamente compactos y en ocasiones están ligeramente cementados. El espesor del manto superficial varía de unos cuantos centímetros (en ocasiones no se les detecta), hasta 2.5 m. En general, es de mayor resistencia y menor compresibilidad que el estrato inferior.

FORMACION ARCILLOSA SUPERIOR (F.A.S.)

Formada por depósitos lacustres de ceniza volcánica de consistencia blanda con intercalaciones de lentes de arcilla (CH) y estratos de arena generalmente en estado suelto; el contenido de agua de los suelos que constituyen esta formación, varía entre 200 y 500%, son altamente compresibles y de baja resistencia al esfuerzo cortante; el espesor promedio de la FAS es del orden de los 32 m.

CAPA DURA (Primera)

Constituida fundamentalmente por suelos Areno-Limoso compactos y en ocasiones cementados. Su resistencia media a la prueba de penetración

ción estándar varía de 25 a 50 golpes, el contenido de agua varía entre 20 y 100%, y su espesor entre 0.5 y 1.50 m.

FORMACION ARCILLOSA INFERIOR (F.A.I.)

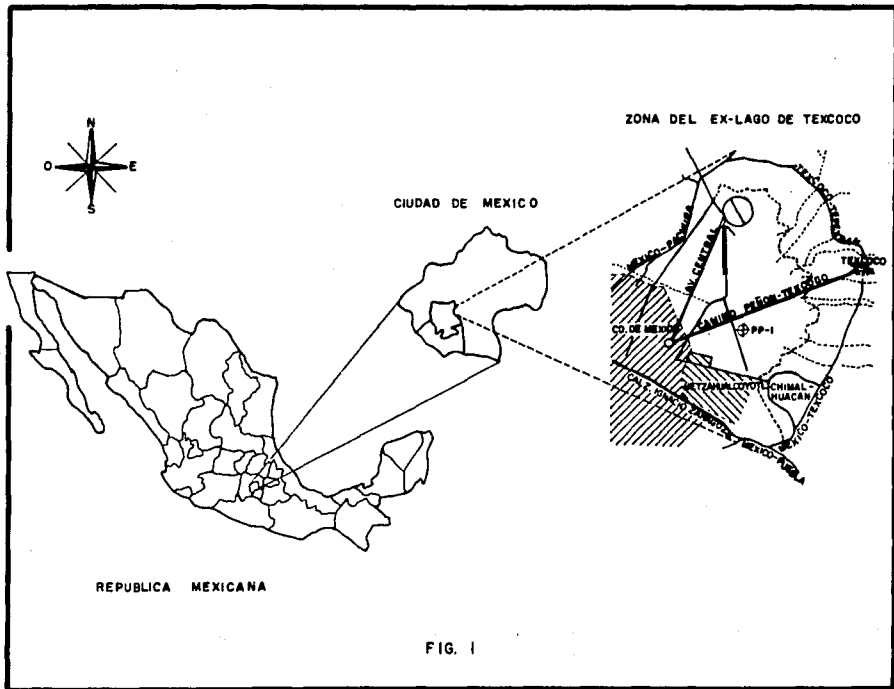
Formada por arcillas altamente compresibles (CH) muy plásticas y de consistencia muy blanda, con lentes de arena y delgadas capas permeables intercaladas, su contenido de agua varía entre 100 y 300%, es menos compresible y de mayor resistencia al esfuerzo constante que los suelos de la F.A.S., y su espesor medio es de 16.5 m.

DEPOSITOS PROFUNDOS (Segunda C.D.)

De acuerdo con los resultados obtenidos en los sondeos, esta formación es permeable y está constituida por gravas, arenas, limo-arcillosas, arenas limosas y en ocasiones por pequeñas intercalaciones de arcilla. El espesor de estos depósitos permeables es de 8.5 m aproximadamente y se encuentra limitado en su parte inferior, por una tercera formación arcillosa, la cual no se muestra por estar a más de 50 m de profundidad.

Las formaciones con profundidades mayores de 50 m, no son afectadas por este trabajo.

A continuación, se muestra una figura conteniendo la estratigrafía anteriormente mencionada. (Fig. 3).



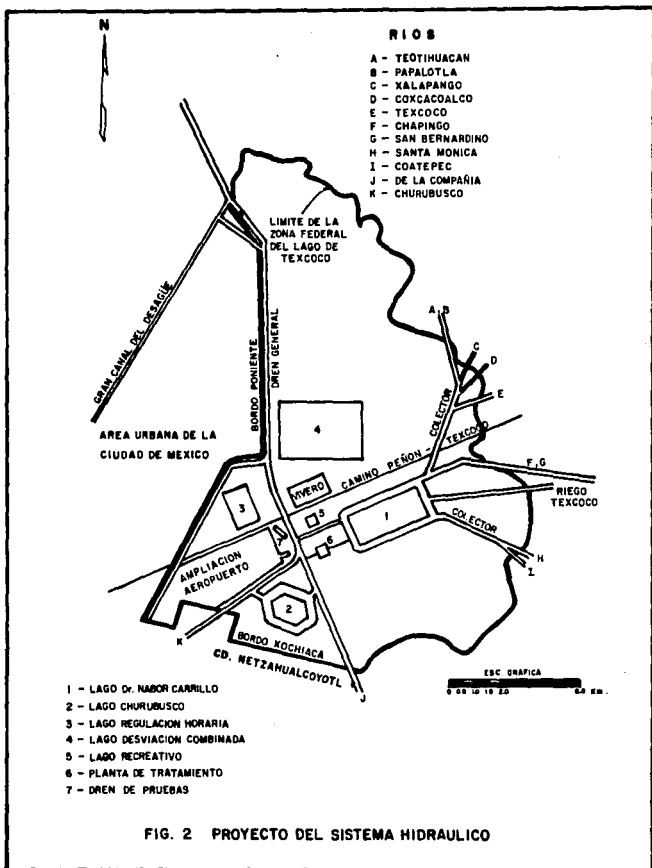
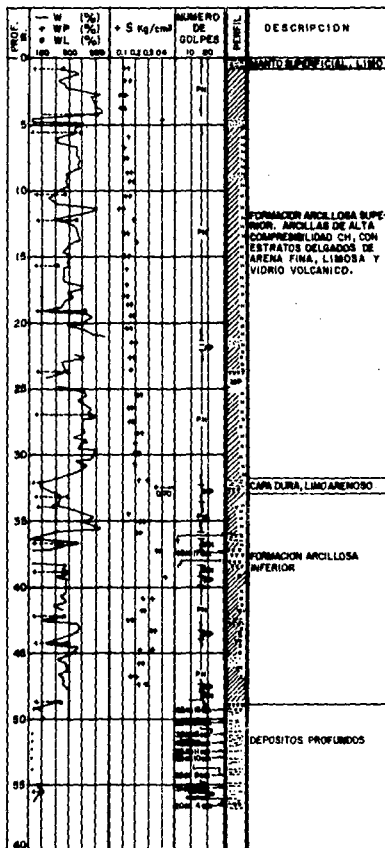


FIG. 2 PROYECTO DEL SISTEMA HIDRAULICO



SIMBOLOGIA

	ARCILLA	W CONTENIDO DE AGUA	PH PRESION NEUTRALIZA
	LIMO	WP LIMITE PLASTICO	PP PESO REQUIS
	ARENA	WL LIMITE LIQUIDO	MP MUESTRA PERMAN
	MICROFINES	S RESISTENCIA AL CORTE EN COMPRESION NO CONSOLID	
	VIDRIO VOLCANICO		

FIG. 3 ESTRATIGRAFIA TIPO DEL SUBSUELO

CAPITULO II

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS GEOTEXTILES

El material que con mayor frecuencia utiliza el Ingeniero civil — para construir sus obras, procede de la corteza terrestre; se trata consecuentemente de materiales naturales constituidos por suelos y rocas cuyo empleo tiene su principal justificación en razones fundamentalmente de carácter económico. A cambio de ésta y otras grandes ventajas, la práctica profesional permite advertir que con relativa frecuencia las propiedades — de estos materiales, al no satisfacer las características deseables en su estado natural, requieren de diferentes procesos y tratamiento para modifi-car su comportamiento a las condiciones deseadas.

Dentro de esta problemática, es lógico que el ingeniero desde — tiempo inmemorial haya derivado hacia el uso de materiales artificiales para procurar su empleo dentro de ciertos límites, como alternativa o complemento a los mteriales naturales. Llama la atención que a partir de algo más de una década, haya aparecido en el mercado un sinnúmero de materiales-manufacturados. Orientados a su empleo en las diversas obras que construye el ingeniero y cuya aplicación viene experimentando un sorprenden-

te crecimiento que al parecer ofrece una amplia proyección hacia el futuro, se trata de materiales que ya empiezan a sernos familiares a los ingenieros y que se designan con términos tales como georredes (Fig. 4), geomembranas (Fig. 5), geotextiles (Fig. 6), y cuyo conjunto los comprende y engloba el vocablo de reciente acuñación denominado "Geosintéticos".

Si tomamos en cuenta, como ya lo advirtió TERZAGHI varias décadas atrás, que los problemas que plantea el suelo en la ingeniería civil tiene dos vertientes: como material de construcción y como material de cimentación, en ambos tipos de problemas los geosintéticos ofrecen coadyuvar a su solución. El prefijo "Geo" nos sugiere a materiales que tienen que ver con los aspectos geotécnicos de las obras de ingeniería e involucra el sentido de este trabajo, que sin exagerar se podría decir que ha venido a revolucionar muchos aspectos de la construcción de las obras de ingeniería y sobretodo en un lapso muy breve, y que tiene además, una especial dedicación para los ingenieros geotecnistas.

II.1 FUTURO DE LOS GEOSINTETICOS

Existe discrepancia acerca de la durabilidad y del comportamiento a largo plazo de estos productos, debido a que los primeros que se utilizaron no fueron fabricados especialmente para obras de ingeniería y se --

presentaron algunos fracasos, es necesario tomar en consideración que los polímeros actuales y los que se desarrollen en el futuro, seguramente cumplirán en mejor forma funciones específicas, pues han sido ampliamente mejorados y existe un mayor conocimiento sobre su comportamiento.

En virtud de que los productos poliméricos presentan algunas ventajas sobre los materiales naturales, gradualmente los han substituido en muchas aplicaciones, siempre que resulten seguros, fáciles de usar, económicos y suficientemente durables en comparación con los materiales tradicionales.

El mercado de los Geosintéticos en los años 80's, para el caso particular de los textiles, ha sido notable. En los Estados Unidos de Norteamérica las tasas de crecimiento han sido casi constantes, de 1986 a 1990, se ha incrementado su venta para rehabilitación de pavimentos (24%), sistemas de impermeabilización (8%) y otras aplicaciones (5%), con tendencia a estabilizarse en los años 90's, debido a la madurez del mercado.

Se puede considerar que el mercado de los textiles en los países industrializados crecerá a menor velocidad en los próximos años; sin embargo, debido a la cada vez más rígidas especificaciones de las agen-

cias encargadas del medio ambiente y por el mayor conocimiento de las Geomallas, Georredes y Geocompuestos, es previsible que exista una mayor demanda de otros Geosintéticos. Las posibles aplicaciones en Geotecnia — en particular y en la ingeniería civil en general, son actualmente muy extensas.

En los países en vías de desarrollo, poco se han utilizado los geosintéticos, en parte por falta de disponibilidad y desconocimiento, pero es previsible que la utilización de estos materiales en obras de ingeniería tendrá un importante incremento, similar o superior a los observados en países industrializados en las dos décadas anteriores.

Los Geotextiles son telas permeables, que utilizadas en combinación con la cimentación, suelo, roca o cualquier otro material geotécnico; se componen de un grupo de polímeros denominados plásticos, que son moléculas gigantes obtenidas a partir de derivados de la industria petroquímica.

Se emplean para cumplir funciones de anticontaminante, distribuidor de esfuerzos, como refuerzo de tierra, filtro y drenaje, controlador de la permeabilidad, etc.

Para la fabricación de Geotextiles se emplean predominantemente cuatro tipos de plásticos: el prolilpropileno, el poliester, el nylon y el polietileno.

II.2 TIPOS DE GEOTEXTILES

De acuerdo a su proceso de fabricación y propiedades inherentes, se clasifican en: No Tejidos y Tejidos, a) Termosellados, b) Entrelazados mecánicamente.

II.2.1 Clasificación de las propiedades

a) Propiedades Generales

Peso específico

Espesor

Absorción de agua

Homogeneidad

b) Propiedades Mecánicas

Resistencia a la tracción

Elongación a la ruptura

Relación carga-elongación

Elongación bajo carga estática

Fatiga

Resistencia a la perforación

Resistencia al reventamiento

Resistencia a la abrasión

Fricción

Isotropía

c) *Propiedades Hidráulicas*

Permeabilidad transversal

Capacidad de filtración

Resistencia al taponamiento

d) *Propiedades de Durabilidad*

Estabilidad biológica

Estabilidad a la luz ultravioleta

Estabilidad química

Estabilidad térmica

11.3 USOS DE LOS GEOTEXTILES

Según KOERNER (1990), las aplicaciones de los Geotextiles se pueden clasificar en cinco categorías:

a) Separación

El Geotextil establece una frontera permeable entre diferentes masas de suelo o roca, separando de este modo dos o más tamaños de partículas. De esta manera se preserva la resistencia y permeabilidad de agregados y otro tipo de materiales selectos. Previene su contaminación como suelos cohesivos. Aplicaciones típicas son en la construcción de caminos (Fig. 7), terraplenes (Fig. 8), etc., así como en los procedimientos correctivos de vías de ferrocarril que presentan desniveles y asentamientos por contaminación del balastro.

b) Refuerzo

El Geotextil imparte resistencia a la tensión a un sistema Tierra-Geotextil, incrementando la estabilidad estructural. Algunos ejemplos son el refuerzo de terraplenes construidos sobre suelos inestables, la construcción de muros de contención mediante encapsulados de suelo, el

desplante de taludes con mayores ángulos de inclinación, etc. (Fig. 9).

c) *Infiltración*

Se define como el sistema en equilibrio Geotextil-Suelo que permite el libre flujo de agua, sin pérdida de suelo, a través del plano del textil, durante un lapso indefinidamente largo, ejemplos: construcción de subdrenes de carreteras y aeropistas, en combinación con estructuras pesadas como gaviones y enrocamiento para evitar la erosión de taludes y cortes, la contención de rellenos hidráulicos, etc. (Fig. 10).

d) *Drenaje*

Es el sistema en equilibrio Geotextil-Suelo, que permite el libre flujo del agua sin pérdida de suelo, en el plano del Geotextil, durante un lapso indefinidamente largo, ejemplos: drenes de chimenea en presas, - drenes en muros de contención, capas rompedoras de capacidad, etc. Esta aplicación es privativa de los geotextiles fabricados por entrelazamiento mecánico, que por su construcción y espesor presentan también un componente de permeabilidad en su plano, en los geocompuestos para drenaje, - esta aplicación ha ido cayendo en desuso para los geotextiles. (Fig. 11).

e) *Control de la Permeabilidad*

Se refiere a la aplicación de geomembranas elaboradas en el lugar, que consiste de geotextiles impregnados generalmente con productos asfálticos, para reducir su permeabilidad, ejemplos: el aislamiento o encapsamiento de suelos expansivos, la impermeabilización de pavimentos antes de colocar sobre carpetas asfálticas, la elaboración de formas flexibles impermeables, etc. (Fig. 12).

Lo anteriormente expuesto nos lleva al diseño por función de un geotextil; la ecuación general correspondiente al diseño por funcionalidad se muestra a continuación.

$$F.S. = \frac{\text{valor de la propiedad permisible}}{\text{valor de la propiedad requerida}}$$

debido a lo particular de cada problema, el ingeniero debe emplear su criterio para determinar el F.S. más adecuado.

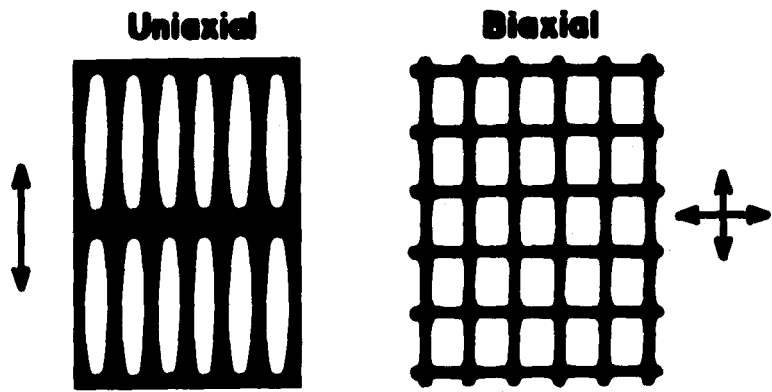


FIG. 4 GEORREDES UNIAXIALES Y BIAXIALES



FIG. 5 GEOMEMBRANA

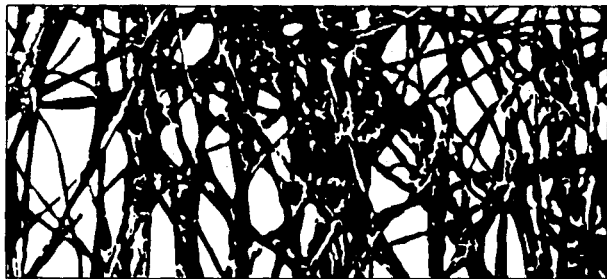
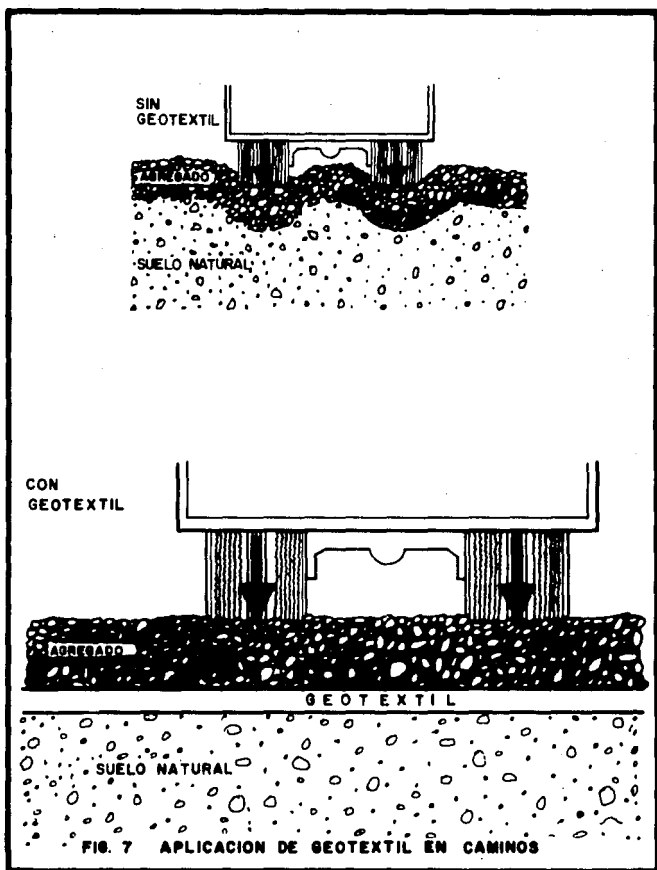


FIG. 6 GEOTEXTIL NO TEJIDO



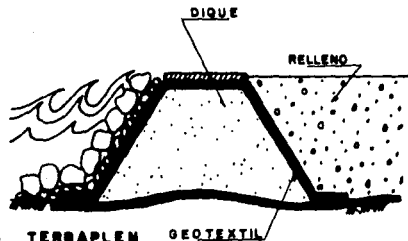
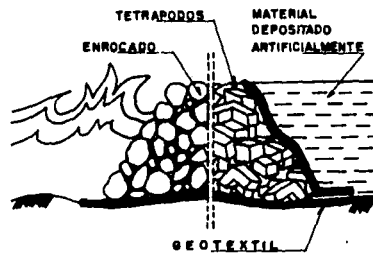
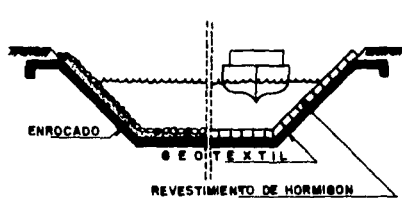


FIG. 8 TERRAPLEN GEOTEXTIL

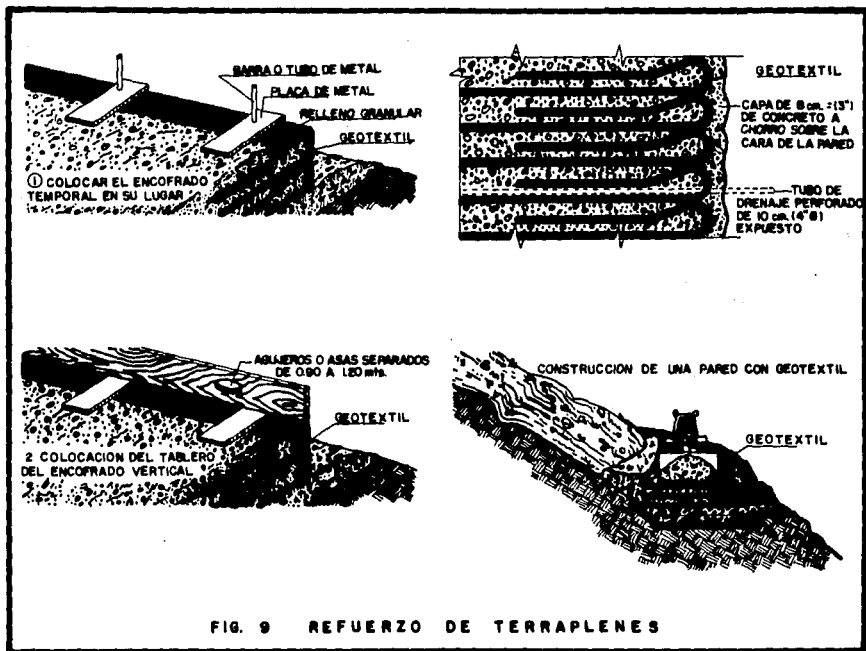


FIG. 9 REFUERZO DE TERRAPLENES

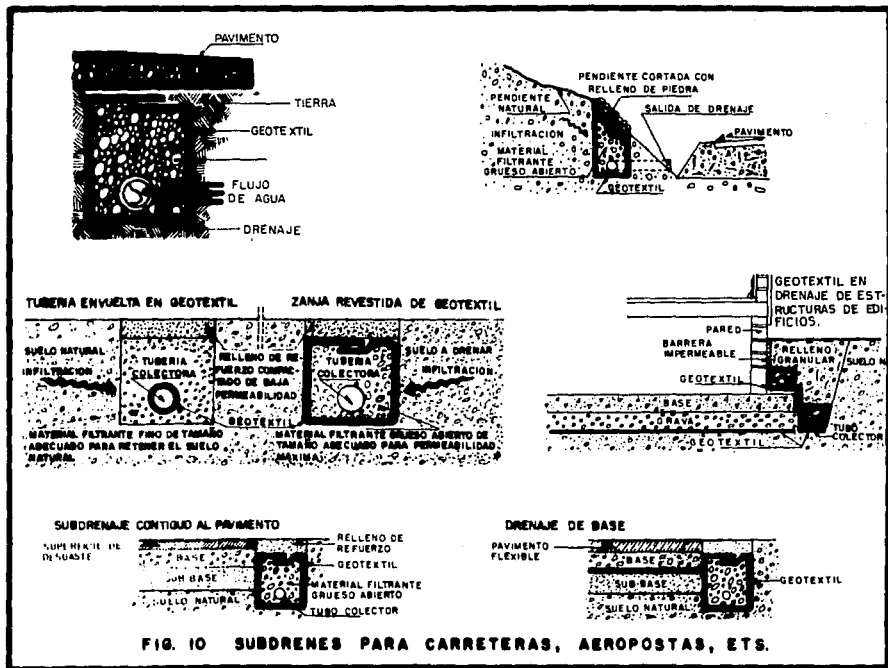
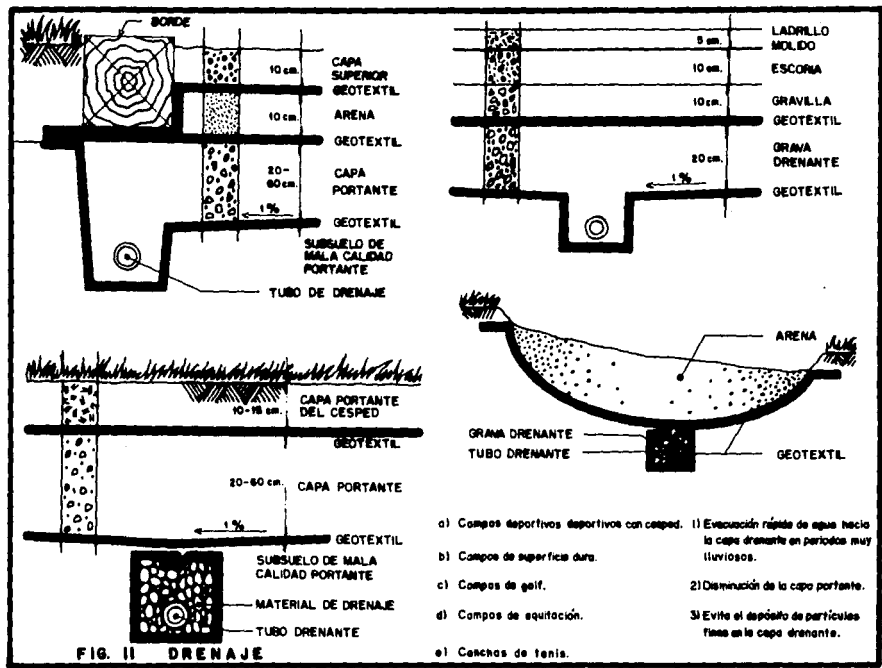


FIG. 10 SUBDRENE PARA CARRETERAS, AEROPOSTAS, ETS.



- a) Campos deportivos deportivos con césped.
 - b) Campos de superficies dura.
 - c) Campos de golf.
 - d) Campos de equitación.
 - e) Cortijos de tenis.
- 1) Evacuación rápida de agua hacia la capa drenante en períodos muy lluviosos.
 - 2) Disminución de la capa portante.
 - 3) Evite el depósito de partículas finas en la capa drenante.

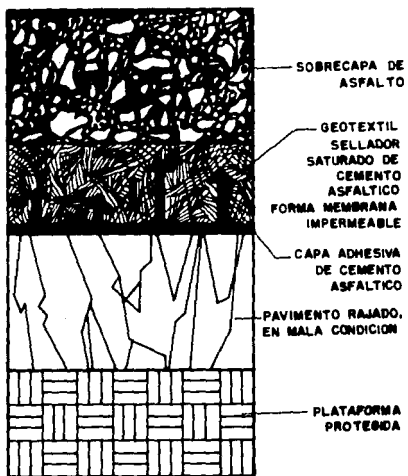


FIG. 12 CONTROL DE LA PERMEABILIDAD

CAPITULO III.

TERRAPLENES DE PRUEBA Y CAMINOS DE ACCESO

EXPERIMENTALES:-----

III.1. ANTECEDENTES:

Para disponer de caminos de terracería transitables en toda época en la zona del ex-Lago de Texcoco, y debido a la baja resistencia al esfuerzo cortante de las arcillas, es necesario emplear espesores importantes de materiales de préstamo.

Con el fin de reducir las inversiones inicial y por conservación, se realizaron tres experimentos a escala natural con un geotextil, uno de importación, un nacional y una malla de polietileno se describen los materiales utilizados, sus características de resistencia, los resultados obtenidos, etc.

En 1972, se iniciaron los trabajos propuestos por el Proyecto Texcoco.

En esos años, la mayor parte del Lago de Texcoco eran zonas de inundación, tanto de aguas de lluvia, como de aguas negras procedentes -

de la Ciudad de México, que cubrían con pequeños tirantes la zona del ex-Lago. Se disponía de algunos caminos de terracería. Estos caminos habían requerido la colocación de materiales de préstamo con espesor hasta de 2.00 m.

Desde 1966, se propuso la construcción de una autopista de 4 carriles entre San Juan de Aragón y la Ciudad de Texcoco, lo que llevó al estudio de los geosintéticos en la zona del ex-Lago de Texcoco. Tanto por la Secretaría de Obras Públicas, como de Recursos Hidráulicos.

III.2. CARACTERISTICAS DEL SUBSUELO EN LA ZONA DE LAS PRUEBAS:

El subsuelo en el ex-Lago de Texcoco, hasta 50 m de profundidad comprende: un manto superficial (MS) con espesor de 1.5 m formado por limos de alta compresibilidad, que en zonas de inundación desaparece; la formación arcillosa superior (FAS), constituida por arcillas volcánicas de alta compresibilidad, con espesor variable entre 17 y 40 m y con menor resistencia y mayor compresibilidad que la fos de la Ciudad de México; la capa dura (CD), con características más desfavorables que la correspondiente formación en la Zona Metropolitana, pues su espesor es inferior a 3.5 m y desaparece hacia el sur del Lago; y la formación arcillo-

sa inferior (FAI), del mismo origen y constitución que la fas, con espesores de 3 a 20 m bajo estas formaciones, se presentan los depósitos profundos (DP), formados por arena limosa y algunos estratos arcillosos (Tabla 1).

El nivel freático es prácticamente superficial y los suelos más compresibles y con menor resistencia, se localizan bajo la formación superficial, mejorando las propiedades con la profundidad.

TABLA 1. PROPIEDADES DEL SUBSUELO EN EL EX-LAGO DE TEXCOCO:

ESTRATO	W %	W _l %	W _p %	S _s	e	m Kn/m ³	S _{qu} Kpa
MS	61	99	44	2.50	1.7	12.7	14.7
FAS	303	301	71	2.46	7.3	11.6	12.7
CD	59	71	37	2.53	1.2	16.7	86.3
FAI	255	242	66	2.43	5.9	11.7	31.4

III.3. CAMINOS DE ACCESO:

Se sabía (a base de prueba y error), que en los caminos de acceso, cuando se utilizaba arena limosa (tepetate), se requería colocar espesores de 0.7 a 1.0 m; estos caminos en época de lluvia se volvían intransitables y necesitaban continuo mantenimiento. Los accesos construídos con grava arena limpia ligera (tezontle), requerían de 0.5 a 0.7 m de espesor para ser transitables. En los dos casos, el terraplén se hundía aproximadamente la mitad de su altura original en dos años, tanto por consolidación, como por tránsito. Los vehículos que circularon por estos caminos, eran principalmente camiones de volteo de 6 a 8 m³ de capacidad (12-16 ton). Las principales causas de deterioro fueron, en los materiales areno-limosos, su saturación y contaminación, en los materiales granulares, su contaminación con finas arcillas y la incrustación del material en el terreno blando.

Desde el punto de vista económico, el empleo de ambos materiales resulta similar considerando sólo la inversión inicial, en virtud de que los bancos de tezontle se localizan a mayor distancia que los de tepetate, por lo que en un principio se emplearon en forma indistinto. Con objeto de disminuir el costo de los caminos de acceso y obtener un comportamiento más satisfactorio, que redujera el mantenimiento, se realizaron -

tres experiencias con geotextiles bajo los terraplenes (objetivo del presente trabajo).

III.4. TERRAPLENES DE PRUEBA:

En 1973, se construyeron dos terraplenes de prueba (fig.13), con una longitud de 45 m que se instrumentó con el fin de seguir su comportamiento en detalle. La carga transmitida es de 1.93 ton/m² bajo uno de ellos se colocó un geotextil no tejido, punsonado, 100% poliester, que se seleccionó conforme pruebas de filtrado y resistencia a la tensión en tiras, realizadas por el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

En esos años, el empleo de textiles para caminos se encontraba en su fase de desarrollo en Europa y en los Estados Unidos de América, y se consideraba que la utilización de un textil entre el terraplén y el suelo blando producía un efecto de membrana capaz de redistribuir los esfuerzos en la cimentación al transmitir esfuerzos verticales hacia los extremos de la zona cargada, obteniendo una distribución que produce un hundimiento más uniforme del cuerpo del terraplén, con lo que se logra un mejor comportamiento. Bajo estos conceptos, se denominó este experimento "Refuerzo a Tensión".

Conforme a una mejor comprensión del comportamiento geotextil-suelo, actualmente se acepta que estos casos, las funciones que realiza el textil son: un efecto de separación entre dos tipos de material que evita la contaminación del material de préstamo con el suelo fino. Lo que -- permite conservar las características de resistencia y deformabilidad del material; proporciona refuerzo local, que evita la incrustación del material de préstamo en el suelo blando con su consecuente pérdida; refuerza el terraplén al mantener unido el cuerpo, al evitar la formación de -- grietas por las que se introduce el material blando; y aunque existe una redistribución de esfuerzos, su contribución al mejor comportamiento es -- de menor cuantía (fig.14).

El geotextil utilizado fue fabricado en México con características similares producidos en Francia, y se colocó directamente sobre el suelo después de cortar la vegetación. Desafortunadamente la colocación del material térreo no fue inmediata, por lo que la vegetación creció ligeramente.

Una vez terminados los terraplenes, se realizó un continuo seguimiento del comportamiento del terreno de cimentación y de los terraplenes, registrando que al cabo de dos años, los dos se comportaron --

prácticamente igual, al manifestar un hundimiento máximo promedio de 40 cm al centro y de 10 cm al pie del talud. Los terraplenes se construyeron en una zona libre de inundación y no se sometieron a tránsito vehicular. En 1990, los hundimientos promedio son 64 cm al centro y 13 cm al pie del talud (fig. 15).

En un principio, se consideró que el comportamiento con y sin textil había sido el mismo, debido a la presencia del material orgánico (paso), entre la tela y el terreno, que redujo la fricción geotextil cimentación. Sin embargo, a raíz de los actuales conocimientos, se considera que el comportamiento fue similar en virtud que las deformaciones registradas fueron debidas exclusivamente a consolidación, por el peso propio de los terraplenes y que para poder registrar el efecto benéfico del geotextil, es necesario una mayor deformación del subsuelo provocada por las acciones dinámicas del tránsito vehicular.

III.5. EMPLEO DE UN GEOTEXTIL TERMOFIJADO:

A pesar de los resultados poco favorables antes mencionados y a la vista de un mayor número de aplicaciones exitosas a nivel mundial, en 1979 se colocó en un nuevo camino de acceso un textil no tejido termofija-

do en una longitud de 100 m y un ancho de 10 m, el espesor de material granular fue de 40 cm (tezontle). El camino ha estado sometido a tránsito vehicular durante 11 años, ha manifestado un buen comportamiento y ha requerido sólo mantenimiento parcial para rellenar las rodadas formadas por el tránsito. Durante los años de 1987 a 1989 circuló sobre él un gran número de vehículos cargados sin registrarse daño aparente, (en este caso, no se ha seguido el comportamiento del camino, desde el punto de vista topográfico).

III.6. USO DE UNA MALLA DE POLIETILENO:

En 1981, se probó una malla de polietileno de alta densidad en un camino de acceso que fue sometido a un intenso tránsito por unos días. El espesor de los filamentos de la malla fue de 3.3 mm y las aver-turas entre éstas de 6 a 8 mm, la malla se instaló sin anclaje en una longitud de 75 m con ancho de 6 m y se colocó sobre ella 35 cm de tezontle en greña. Los accesos al tramo bajo de prueba tenían un espesor de 50 cm del mismo material colocado directamente sobre el suelo. Después del tránsito de aproximadamente 200 camiones cargados, uno de los accesos falló, produciendo el atascamiento de los vehículos, por lo que el tránsito

tubo que ser desviados y no se continuó con el experimento.

Es necesario señalar que la malla sufrió un desgarre durante la colocación de la grava arena ligera, ocasionado por la motoconformadora, a pesar de que tomaron las precauciones pertinentes.

Aunque no se determinó el número último de ciclos de carga del camino con malla, se puede concluir que con su utilización se reduce el espesor de material granular necesario para un terraplén estable, en un 30% aproximadamente para el mismo nivel de sollicitaciones. (se anexa tabla II en la que se pueden ver las características de los geotextiles utilizados en los tres casos).

TABLA II. CARACTERISTICAS DE LOS GEOTEXILES

EXPERIMENTADOS:

Polímero	Tipo	Nombre Fabricante	Peso	Resist. a la tensión			Observaciones:
			Area gr/m ²	Long. KN/m	El %	Trans. KN/m	
Pe	NW/Np	S/N CTM	497	6.3	59	2.0	115 7 años us
Pp	NW/SB	TYPAR - 3401 DU PONT	131	8.5	62	5.9	45
HDPE	MALLA	IM 121 TUBOS FLEXI - BLES.	730	18.8	44		

III.7. ALAMEDA ORIENTE:

Las Autoridades del Departamento del Distrito Federal, han tratado de modificar la imagen urbana, reduciendo la contaminación del medio ambiente, proporcionando lugares de esparcimiento y espacios propios para practicar deportes y desarrollos de integración familiares, integrando áreas de equilibrio con el medio ambiente, mejorando el sistema ecológico ya extinguido en el Valle de México; esta zona en la que se han conjuntado eficientemente todos los aspectos de desarrollo ecológico, se encuentra en la Alameda Oriente, ubicada dentro de la zona del ex-Lago de Texcoco, al Poniente del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

El mérito de la obra consiste en haber desaparecido una zona en la que se depositaban desechos sólidos y líquidos (escombros y aguas residuales), de los sismos del 19 de septiembre de 1985 y área urbana respectivamente.

Parte importante de esta Alameda de 95 ha, es el Lago Ecológico de 10 ha que se encuentra integrado por celdas (fig. 16), siendo parte fundamental del desarrollo ecológico.

La construcción del mencionado Lago, está constituida por terraplenes y bordos de protección que fueron construidos utilizándose los materiales anteriormente depositados en la zona producto de demolición (escombros); éstos fueron cubiertos por material de préstamo más homogéneo e impermeable (tepetate).

El efecto de la heterogeneidad de los materiales de terraplenes y bordos, de los materiales dispuestos en la zona y las características del suelo de cimentación, generaron asentamientos diferenciales importantes - que en algunas zonas comunicaron las celdas de la laguna, perdiéndose - las características de individualidad de las celdas.

Aunado a lo anterior, se han presentado filtraciones hacia el exterior del Lago y erosión en los taludes de los bordos de protección.

Considerando la importancia de la obra, se decidió realizar un estudio con objeto de solucionar los problemas existentes en los terraplenes y bordos de la zona inundada; dando como resultado las siguientes soluciones:

a). Se recomendó impermeabilizar con un sistema tradi-

cional (tepetate compactado al 95%), (como se puede observar en las figs. 17, 18).

- b). Instalar una membrana impermeable (geosintético), cubriendo el fondo del Lago, taludes y hombros del bordo de protección con el fin de evitar la erosión de los taludes y la filtración del agua fuera de la zona del Lago (fig. 19).*

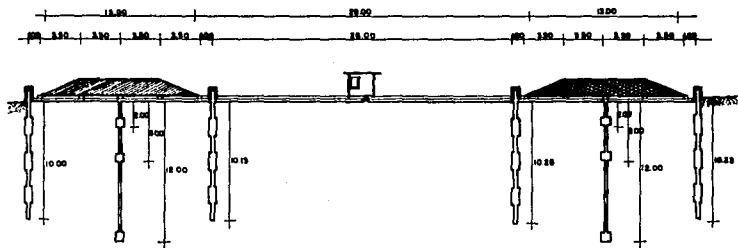
III.8. LAGUNAS PISCICOLAS:

*Dentro de los trabajos del Proyecto Texcoco, se tiene contemplado el estudio y desarrollo de la piscicultura a nivel experimental, por lo que se diseñaron tanques artificiales de almacenamiento con una área de 800 m² (40 m x 20 m), y bordos con una altura de 1.50 m que fueron --
construidos con material muy heterogéneo (escombro), que no retenían el agua dentro de las lagunas, optándose por tratar de resolver este problema se recomendaron algunas alternativas para su solución, dentro de las cuales tenemos:*

- a). El sistema tradicional colocando material impermea-*

*ble, en el fondo del estanque (figs. 20, 21). -
Ya que los taludes estaban recubiertos con una-
losa de concreto de 8 cm de espesor.*

*b). Colocación de un material impermeable (geosinté-
tico), con el objeto de poder dar una solución -
moderna y adecuada al problema. Que consiste-
en recubrir con una geomembrana el fondo de la
Laguna Piscícola, así como el talud y parte del -
hombro de los bordos de protección de la estruc-
tura. Dando como resultado un estanque prácti-
camente impermeable, que nos permite operar con
un mínimo de pérdidas de agua por filtración y -
por ende, mejorando la eficiencia del problema --
piscícola (figs. 22, 23).*



TERRAPLEN CONVENCIONAL

TERRAPLEN REFORZADO
CON TELA DE POLIESTER

FIG. 13

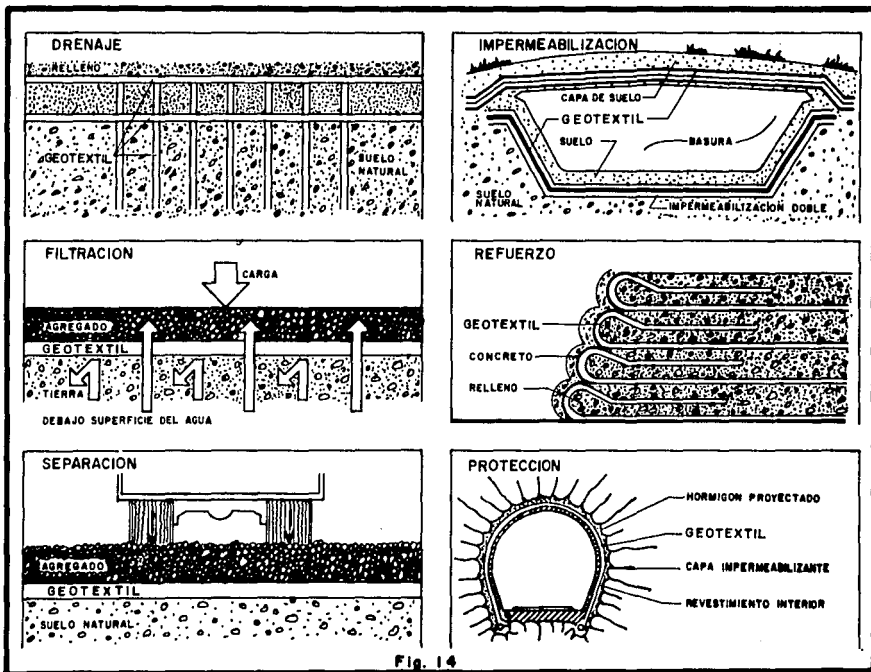


Fig. 14

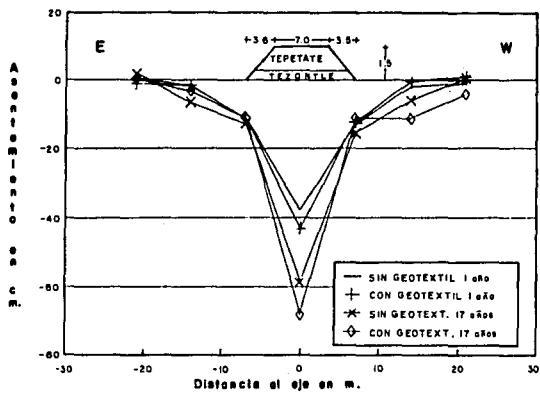


Fig. 15 Perfil de Asentamientos

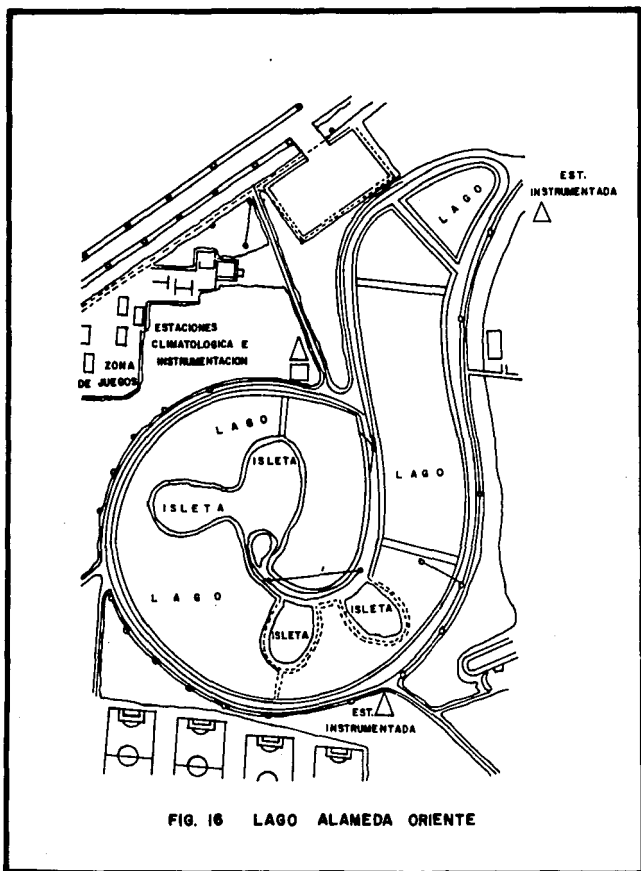


FIG. 16 LAGO ALAMEDA ORIENTE

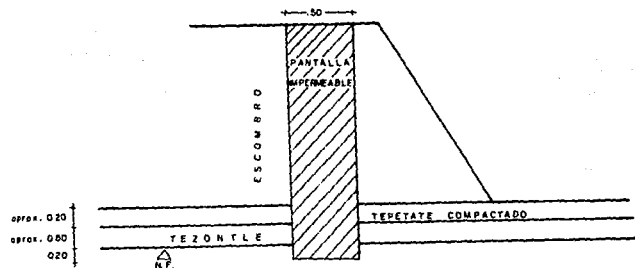


Fig. 17

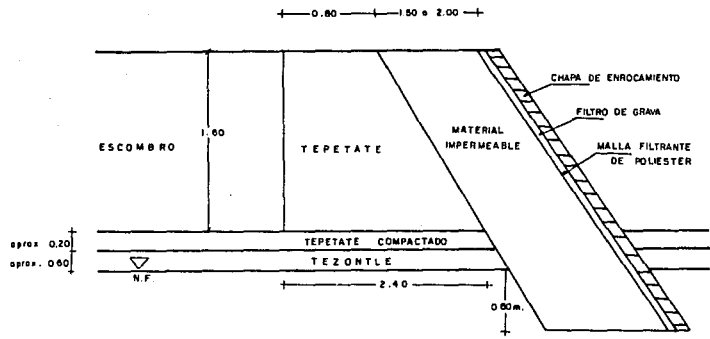


Fig.18 AMPLIACION DE BORDO

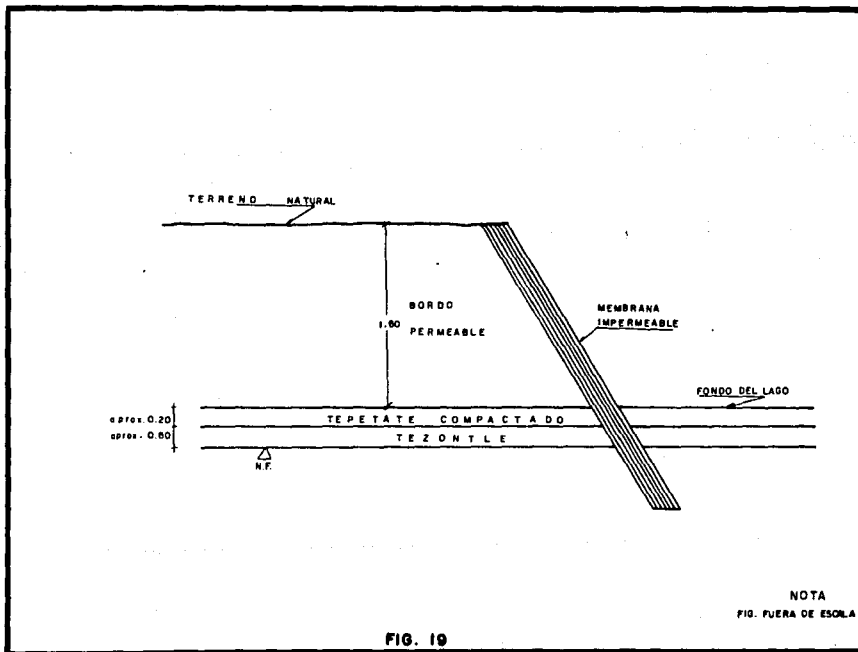
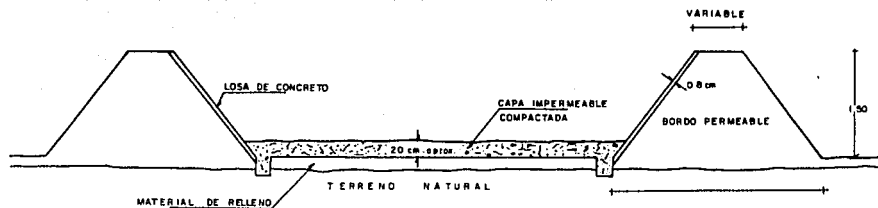


FIG. 19

NOTA
FIG. FUERA DE ESCALA

LAGUNAS PISCICOLAS

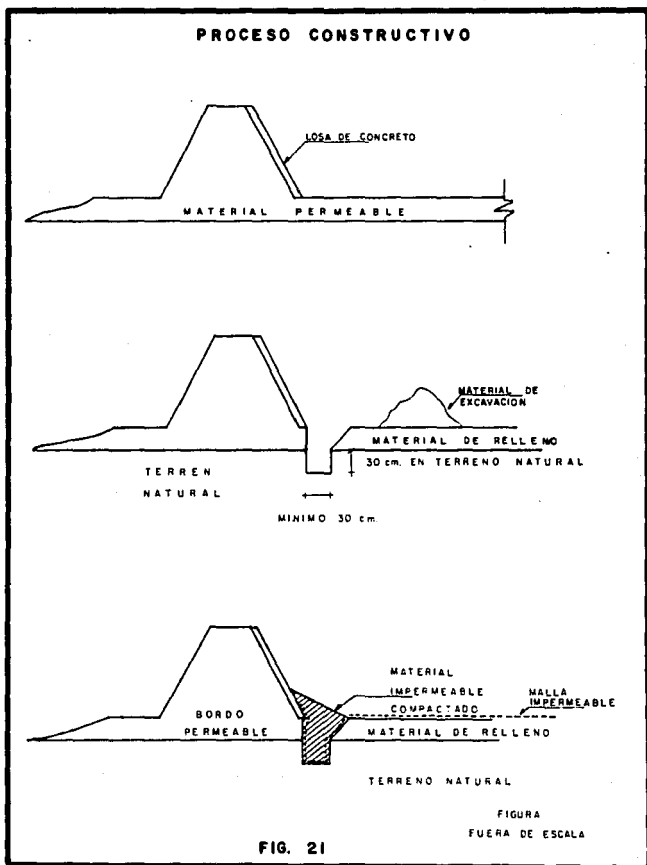


CORTE A-A'

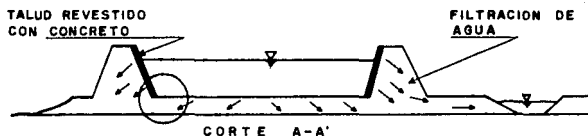
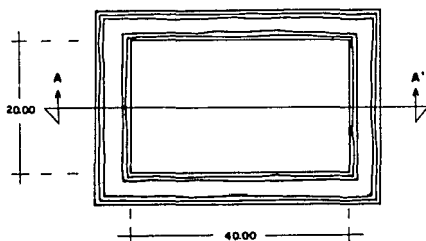
NOTA
FIGURA FUERA DE ESCALA

FIG. 20

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

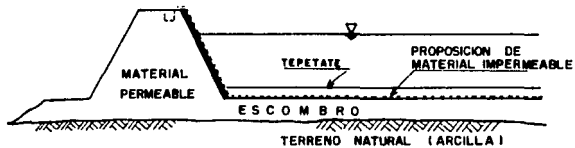


LAGUNA PISCICOLA



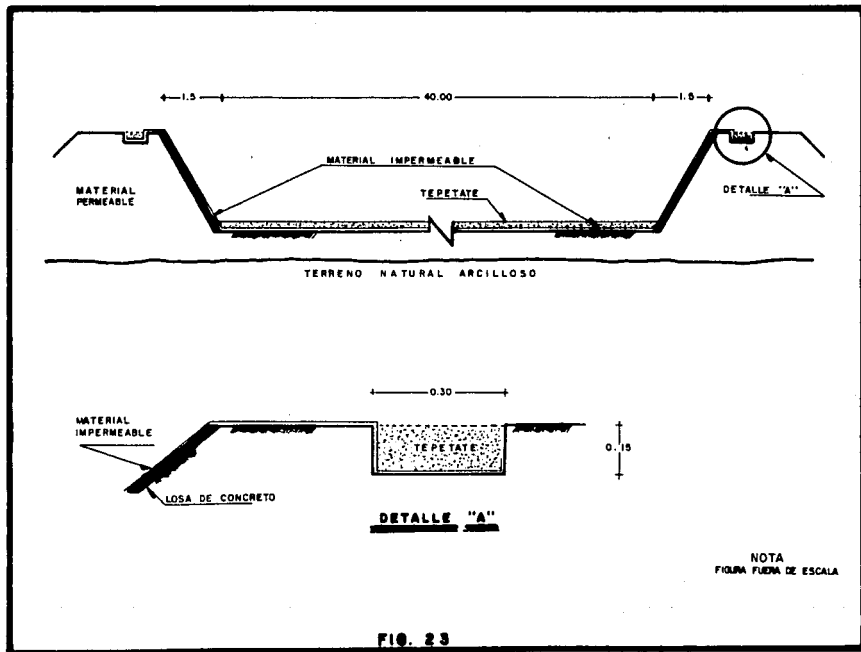
ACOT. EN METROS
FIGURA FUERA DE ESCALA

SOLUCION PROPUESTA



DETALLE B

FIG. 22



CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Si bien, en el primer caso comentado en este trabajo no se obtuvieron los resultados esperados, sí permitieron verificar las propiedades de separación y anticontaminación del geotextil, que se confirmó en 1979 cuando se retiró una muestra para su ensaye. En los otros dos casos presentados, es manifiesto que los geotextiles permiten conservar el material del terraplén confinado y evitan la incrustación de partículas del material granular de préstamo en el terreno blando, lo que, aunado a las propiedades de separación y anticontaminación, reduce el espesor necesario para estabilizar caminos en suelos de muy baja resistencia al esfuerzo cortante.

La instalación de geotextiles y la colocación de los materiales de préstamo sobre el geotextil, se deben efectuar con cuidado y de preferencia con maquinaria ligera, ya que el equipo pesado puede rasgar el geotextil.

Se requiere señalar finalmente, que aunque fue evidente que la utilización de geosintéticos permeables bajo los caminos de terracería en suelos blandos mejora su comportamiento y reduce los costos de inversión

y mantenimiento, estos productos no se emplearon en forma extensiva por las siguientes causas.

- La mayor parte del ex-Lago de Texcoco drenada por la infraestructura hidráulica, reduciendo al mínimo las zonas de inundación, lo que en forma conjunta con el secado superficial natural y la proliferación inducida de pastizales, mejoró las características superficiales del terreno.
- El geotextil de poliéster no es comercial y fue producido bajo pedido. La producción en grandes volúmenes fue su límite principal.
- El textil de polipropileno termofijado es un producto de importación, económicamente competitivo a principios de los años -- 80's desafortunadamente. En los años subsecuentes, por el deterioro económico del país, fue restringida su importación y su precio se elevó en forma considerable, lo que prácticamente canceló la posibilidad de adquirirlo para la ejecución de obras públicas.
- La malla de polietileno con una mayor disponibilidad, es po -

tencialmente susceptible al vandalismo y robo, por tener utilidad también como cerca en zonas rurales.

Es recomendable el empleo de técnicas constructivas novedosas - que involucra la aplicación de los denominados "Geosintéticos", implica la - revisión de los procedimientos constructivos tradicionales, ante la posibilidad de obtener nuevas opciones a través del uso de dichos productos, en búsqueda de un mejoramiento tanto en la técnica aplicada, como en el logro de beneficios económicos, de calidad o de simplicidad de los métodos.

Es recomendable realizar experimentos a escala natural, con el fin de poder evaluar los resultados y verificarlos con las bondades que -- los fabricantes de geosintéticos expone de sus productos.

Se recomienda a los fabricantes de geosintéticos que se involu - cren en la obtención de resultados reales de sus productos, así como en la colocación del geosintético evitando el actual divorcio entre la fabrica - ción y el empleo de los materiales.

REFERENCIAS.

Auvinet G. (1986) "Estructura de los Medios Granulares", Tesis Doctoral, DEPFI, UNAM, México.

Auvinet G. Esquivel R. (1987) "Impermeabilización de Lagunas Artificiales", Limusa y S.M.M.S., México.

Giroud J.P. (1980), "Introducción to Geotextiles and their Application", Proceeding of the First Canadian Symposium on Geotextiles, Canadá.

IGS (International Geosynthetics Society), 1990, 4th ICGGRP, the Hague.

Reader's Digest, Selecciones (1983), "Inventos que cambiaron el Mundo", México.

Alberro J, Díaz C. (1971), "Refuerzo a la Tensión en el Contacto Terraplén Cimentación", Estudio realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM para la S.R.H., México.

Geotec, S.A. (1973), "Instrumentación de los Terraplenes de Prueba", - Estudio realizado para la S.R.H. México.

Giroud J.P. Carroll R.G. (1983), "Geotextile Products", *Journal Geotechnical Fabrics Report*, pp. 12-15, USA.

Hanell J.J., López D. (1974), "Construcción de Terraplenes con Malla de Contacto en Suelos Blandos", *Seminario de Instrumentación, S.M.M.S.*, no publicado, México.

Murillo R. García G. (1978), "Ex-Lago de Texcoco", *Memorias del Simposio "El Subsuelo y la Ingeniería de Cimentaciones en el Area Urbana del Valle de México"*, pp. 51-82, S.M.M.S., México.

Murillo R. (1979), "Pruebas de Tensión en Mallas Sintéticas (Geotextiles), Informe Final", *Comisión del Lago de Texcoco, S.A.R.H.* México.

Nacional Financiera y S.H.C.P. (1969), *Proyecto Texcoco*, México.

Rico A. Moreno G, García G. (1969), "Test Embankments on Texcoco Lake", *Proceedings of the VII International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Vol. 2*, pp. 669-676, México.

S.A.R.H., *Subdirección de Investigación y Desarrollo Experimental*, -- (1983), "Resultados de Pruebas de Redes de Plástico", México.